

Электромагнитное поле Земли как уникальный прибор для изучения геофизических и астрофизических процессов

Л.В. Грунская¹, А.Н. Золотов¹, В.В. Исакевич², Д.В. Исакевич²

¹Федеральное государственное бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых"
600000, г. Владимир, ул. Горького, 87,
E-mail: grunsk@vlsu.ru

²ООО «Собственный вектор»
600005, г. Владимир, ул. Горького, д. 50,
E-mail: eigenoscope@yandex.ru

Представлены результаты исследований и создания компактного программно-аппаратного комплекса мониторинга характеристик природной среды. С помощью такого комплекса можно производить мониторинг электростатического поля приземного слоя атмосферы, геомагнитного поля, метеоданных путем оперативного перемещения в различные места исследуемой территории. С помощью разработанного и запатентованного метода обнаружения скрытых периодичностей геофизического и астрофизического характера в многолетних записях электромагнитного поля («Айгеноскопия») осуществлено обнаружение лунно-солнечных приливов, а также достоверно обнаружены сигналы на гравитационно-волновых частотах ряда релятивистских двойных звездных систем. Проводятся работы по обнаружению предвестников землетрясений в электромагнитных полях.

Ключевые слова: электромагнитное поле Земли, лунно-солнечные приливы, гравитационно-волновые частоты, предвестники землетрясений

The Earth's electromagnetic field as a unique device for studying geophysical and astrophysical processes

L.V. Grunskaya¹, A.N. Zolotov¹, V.V. Isakevich², D.V. Isakevich²

¹Federal State Budgetary Educational Institution higher education "Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletovs " .

²ООО "Own vector".

The results of research and creation of a compact software and hardware complex for monitoring the characteristics of the natural environment are presented. With the help of such a complex, it is possible to monitor the electrostatic field of the surface layer of the atmosphere, the geomagnetic field, meteorological data by promptly moving to various places in the study area. With the help of the developed and patented method of detecting hidden periodicities of a geophysical and astrophysical nature in long-term records of the electromagnetic field ("Eigenoscopy"), moon tides were detected, and signals were reliably detected at gravitational-wave frequencies of a number of relativistic binary stellar systems. Work is underway to detect earthquake precursors in electromagnetic fields.

Keywords: electromagnetic field of the Earth, moon-solar tides, gravitational wave frequencies, earthquake precursors

Введение

В представляемом материале мы говорим об уникальном природном феномене, которым является электромагнитное поле Земли. Порождаемое в целом грозами всего земного шара, оно является удивительным видом материи, которая откликается на многие геофизические и астрофизические процессы, оставляющие в нем свои следы.

Стремясь создать уникальные по конструкции и чувствительности приборы для изучения геофизических и астрофизических процессов в земных условиях, мы не должны забывать о созданном самой природой «приборе», действительно уникальном по своей неповторимой «конструкции» и чувствительности – электромагнитном поле Земли.

Человек живет, работает и стремится постичь окружающий мир в условиях резонатора Земля-ионосфера, в его электродинамической системе. В таком резонаторе распространяются электромагнитные волны широкого частотного диапазона. Наибольший интерес представляет собой инфранизкочастотный диапазон (ИНЧ - ниже 30 Гц). В указанный диапазон частот вносят вклад и внеземные источники – приливные процессы, спровоцированные Луной и Солнцем, космические ИНЧ процессы. Интерес к изучению электромагнитных полей инфранизкочастотного диапазона связан с их широким спектром физических механизмов возбуждения – от земных до космических. ИНЧ вариации электромагнитных полей распространяются в резонаторе Земля-ионосфера практически без затухания, проникают на большие глубины в землю и воду.

Электромагнитное поле Земли (ЭМПЗ) представляет собой высокочувствительный вид переносчика информации о процессах земных и космических. Человек достаточно хорошо освоил возможности электромагнитных полей. Многие процессы в природе невозможно было бы изучить, не используя ЭМПЗ – это так называемые косвенные методы исследования, когда в электромагнитном поле Земли пограничного слоя атмосферы можно выделить воздействия земных и внеземных источников различной природы, когда прямыми методами обнаружение их практически невозможно (например, предвестники землетрясений).

Исследования, проводимые на физическом экспериментальном полигоне Владимирского государственного университета с 1972 года направлены на изучение взаимосвязи электромагнитного поля Земли инфранизкочастотного диапазона (ниже 30 Гц) с рядом геофизических и астрофизических процессов.

Приемно-регистрирующий комплекс

Исследования в инфранизкочастотном диапазоне различных процессов требуют разнесенного в пространстве мониторинга электромагнитных полей, так как для достоверного обнаружения изучаемого ИНЧ процесса его необходимо зарегистрировать на ряде разнесенных в пространстве (на сотни и тысячи километров) станциях.

На физическом экспериментальном полигоне Владимирского государственного университета осуществляется мониторинг электромагнитных полей пограничного слоя атмосферы Земли в инфранизкочастотном диапазоне [1-4]. Система сбора данных мониторинга электрического поля приземного слоя атмосферы, геомагнитного поля, метеоданных разработана на кафедре общей и прикладной физики и представлена на рис. 1. Комплекс предназначен для сбора и регистрации измеренной информации, поступающей с датчиков в виде стандартных аналоговых сигналов напряжения и силы постоянного тока, дискретных и цифровых сигналов; выдачи управляющих воздействий в аналоговой и дискретной форме; реализации алгоритмов управления; передачи данных как в пределах контролируемого объекта, так и в систему более высокого уровня [5,6]. Разработанная система мониторинга поддерживает подключение трех различных типов устройств, которые могут объединяться в сеть. Это аналоговые датчики, подключаемые через встраиваемые модули серии ADAM5017 (всего 2 модуля по 8 каналов); находящиеся на значительном удалении аналоговые датчики, подключаемые через модули удаленного сбора ADAM4117 (максимальное подключение 256 модулей по 8 каналов); устройства, управляемые по сети RS485 до

256 устройств. Система является переносной и размещается в стандартный распределительный шкаф и имеет вес 10 кг. Имеет возможность питания от автомобильного аккумулятора 12В и поэтому может быть перемещена на другое место регистрации. Система является универсальной, и к ней подключается различный набор датчиков, необходимый под конкретную решаемую задачу мониторинга любого параметра или характеристики природной среды.

На рисунке 2а показан внешний одной из последних разработок в ВлГУ электростатического флюксметра для мониторинга вертикальной составляющей напряженности электрического поля Земли в приземном слое. Основные характеристики разработанного флюксметра: диапазон измерения ± 10000 В/м; точность измерения 2 В/м; чувствительность устройства равна 0,2 В/м/мВ; реальная рабочая полоса частот устройства равна 4,5 Гц; неравномерность коэффициента передачи в полосе частот – 0,5 дБ, подавление сетевой помехи на частоте 50 Гц – не менее 40 дБ. На цилиндрическом корпусе установлен герметизированный четырехконтактный разъем, через который на прибор заводится питание от сетевого импульсного источника питания на 12В и подсоединяется двухпроводная линия. В корпус прибора встроены грозозащитный АЦП фирмы Advantech, выход RS485 с которого подключается к ПЛК разработанной системы.

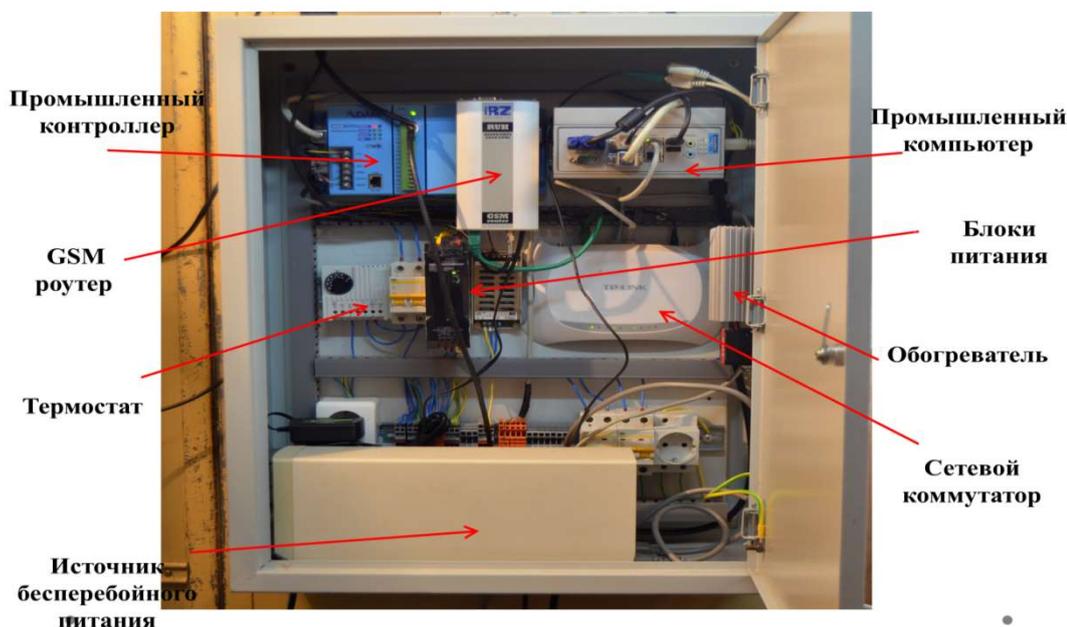


Рис. 1. Система сбора данных мониторинга электрического поля приземного слоя атмосферы, геомагнитного поля, метеоданных

В настоящее время на физическом экспериментальном полигоне установлена Магнитовариационная однокомпонентная станция (МВС) на базе датчика Кварц-7 «Кварц-7.1» (рис. 2б). МВС предназначена для проведения измерений вариаций в аналоговом виде данных D - составляющей магнитного поля Земли. МВС измеряет в аналоговом виде значения вариаций компоненты D. МВС состоит из кварцевого датчика, системы преобразования вариаций магнитного поля в электрический сигнал, усилителя, и преобразователя ток - магнитное поле (катушка обратной связи на датчике). В качестве датчика применен кварцевый вариометр, который обладает высокой стабильностью метрологических параметров, прежде всего стабильностью «нуля» (дрейф, изменение во времени нулевого уровня). Технические данные магнитометра: динамический диапазон измерения вариаций поля Земли по D компоненте ± 2000 нТл; коэффициент преобразования напряжение/поле - 0.937

мВ/нТл; пределы допустимой приведённой погрешности измерений, не более $\pm 0,25\%$; нормальный рабочий диапазон температур 20 ± 5 °С; температурный коэффициент в нормальном диапазоне температур 0.4 нТл/градус; работоспособность станции сохраняется в диапазоне температур от -20 до +50 °С; напряжение питания от источника постоянного тока 7-15В.

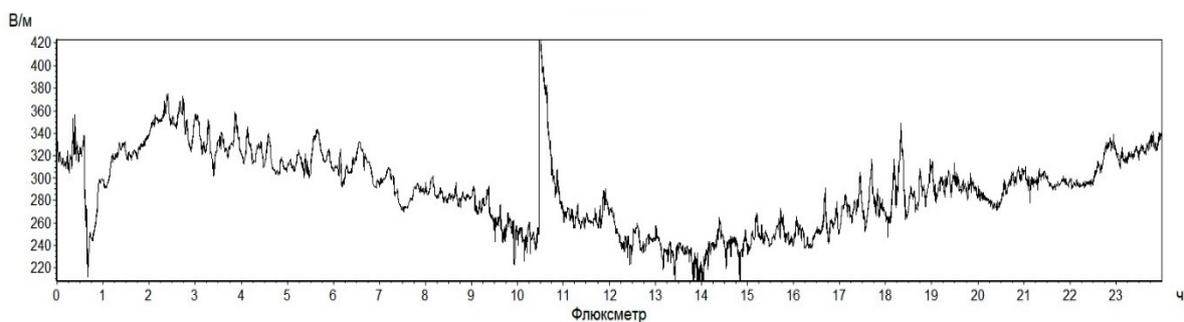


а)

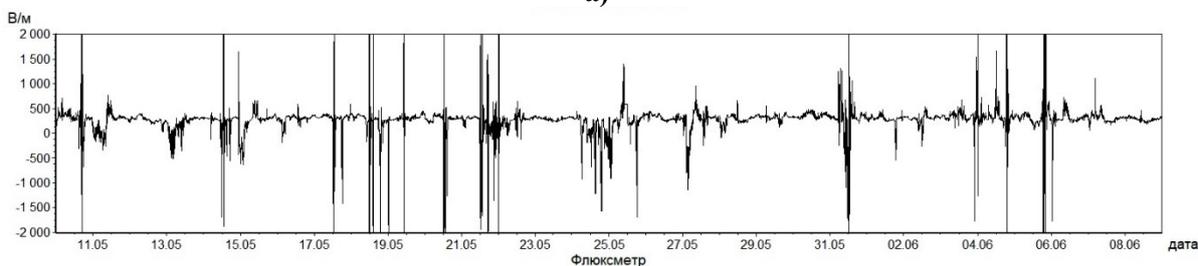
б)

Рис. 2.а,б. Электростатический флюксометр (а), магнитовариационная однокомпонентная станция (компонента D) (б)

На рис. 3 представлены примеры записи электрического поля приземного слоя на физическом полигоне ВлГУ. На рис. 4 дан пример записи вариаций геомагнитного поля станции на физическом полигоне ВлГУ.



а)



б)

Рис. 3а,б. Показания электростатического флюксометра физического полигона ВлГУ: а) за 08.06.2020; б) за период 10.05.2020 – 08.06.2020

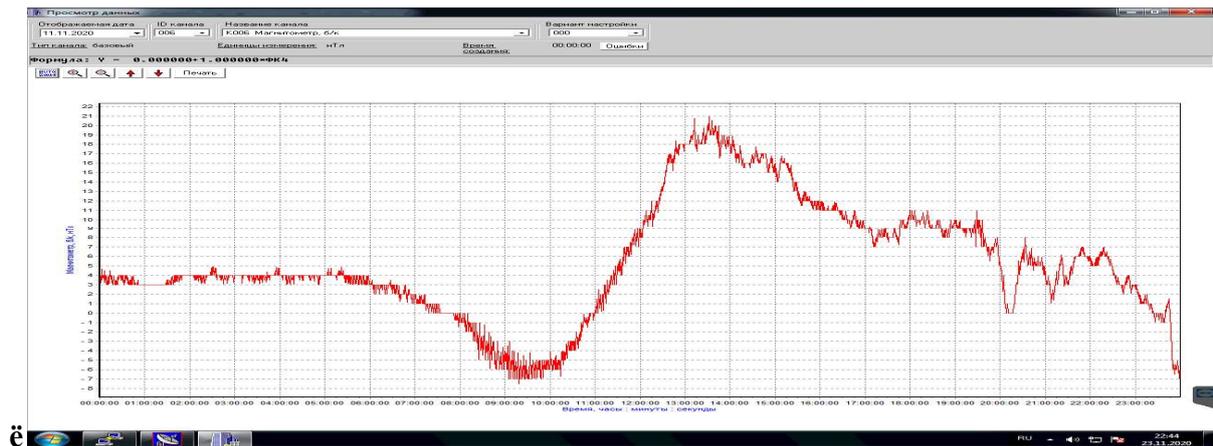


Рис. 4. Пример записи вариаций геомагнитного поля Магнитовариационной однокомпонентной (D) станцией на физическом полигоне ВлГУ за сутки 11.11.2020

Анализ источников электромагнитного поля Земли ИНЧ диапазона

Цели проводимых исследований связаны с изучением структуры сигналов в спектральной и временной областях, вызванных такими геофизическими процессами в электромагнитном поле пограничного слоя атмосферы Земли как лунно-солнечные приливы, сейсмические процессы, периоды глобальных осцилляций Солнца, суточное вращение Земли, собственные колебания Земли, астрофизические периодические процессы.

На первом этапе была поставлена задача выделения в электрическом и геомагнитном поле приземного слоя атмосферы приливных процессов. Приливные воздействия не являются чисто гармоническими и анализ их с помощью быстрого преобразования Фурье не позволил осуществить достоверного обнаружения их воздействия. Поэтому были предприняты попытки разработки на основе известных методов методики анализа полигармонических процессов. В результате был разработан метод «Айгеноскопии» [7], на который был получен патент. Метод позволяет анализировать процессы сложнопериодические и что важно, энергетически недоминирующие. С помощью данного метода были выявлены периоды в электрическом и геомагнитном полях, соответствующие лунно-солнечным приливам [8,9]. На рис. 5а и рис. 5б приведены примеры обнаружения ряда лунных приливов по данным электрического поля приземного слоя атмосферы.

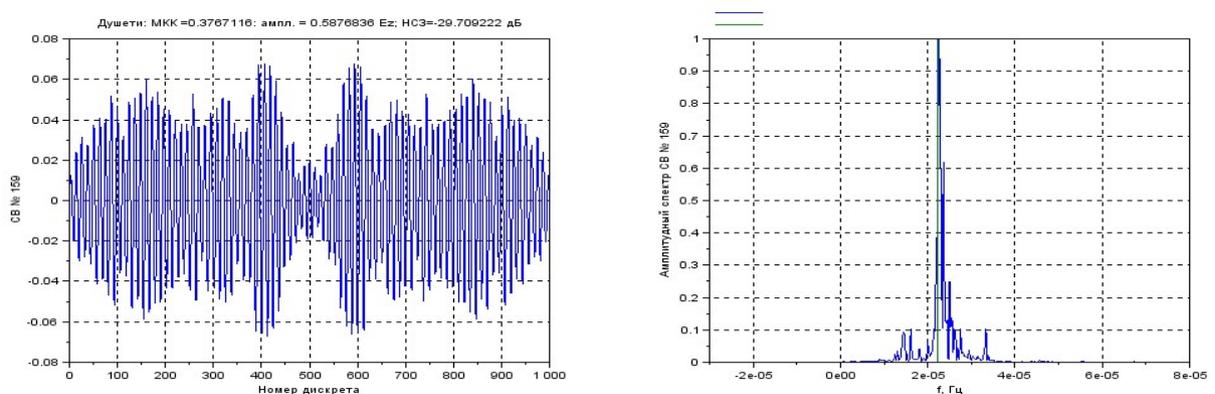


Рис. 5а. Спектральный анализ собственных векторов по данным E_z вблизи частоты лунного прилива $2N_2$; слева - собственный вектор прилива, справа – амплитудный спектр собственного вектора

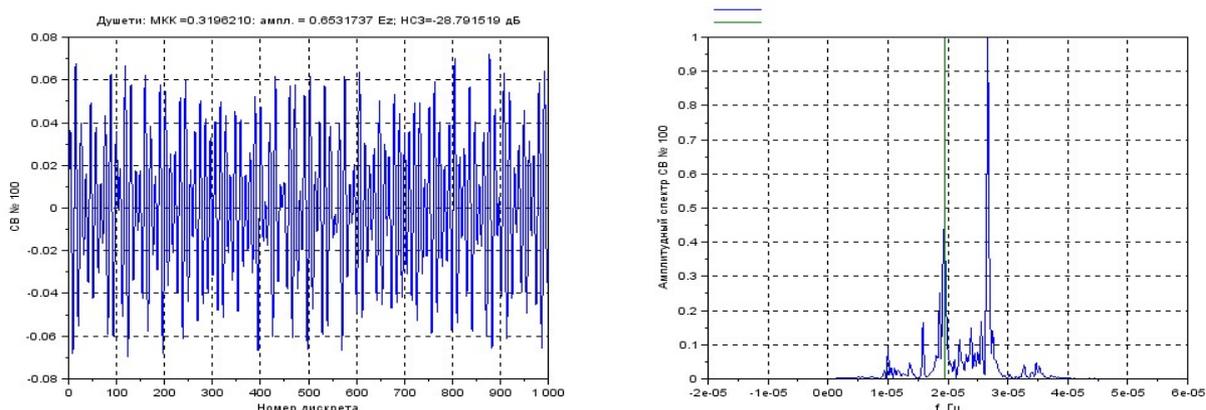


Рис. 5б. Спектральный анализ собственных векторов по данным E_z вблизи частоты лунного прилива M2; слева - собственный вектор прилива, справа – амплитудный спектр собственного вектора

Одно из направлений исследований связано с поиском взаимодействий между электромагнитным полем Земли и гравитационно-волновыми астрофизическими процессами в природе. В теоретических работах Гинзбурга и Зельдовича говорилось о наличии такой связи между гравитационными полями и электромагнитными полями [10,11]. В 1983 году на гравитационной конференции в Пушино был конкретизирован план работ и выбрана для предварительного анализа группа релятивистских двойных звездных систем (РДЗС) с инфранизкочастотным гравитационно-волновым излучением. Выбор именно этих источников связан также с тем, что удачным совпадением оказался тот факт, что мониторинг электромагнитных полей на полигоне ВлГУ также осуществляется в инфранизкочастотном диапазоне.

На сегодня с помощью метода «Айгеноскопии» удалось достоверно обнаружить сигналы на гравитационно-волновых частотах 43-х РДЗС [12,13]. На рис.6а и рис. 6б приведены примеры обнаружения сигналов на частотах ряда РДЗС.

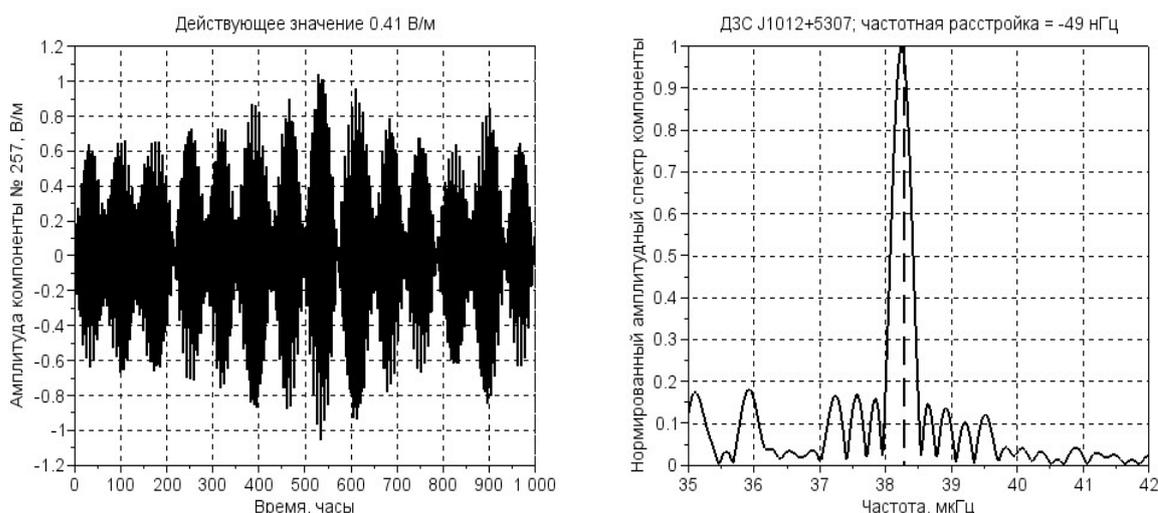
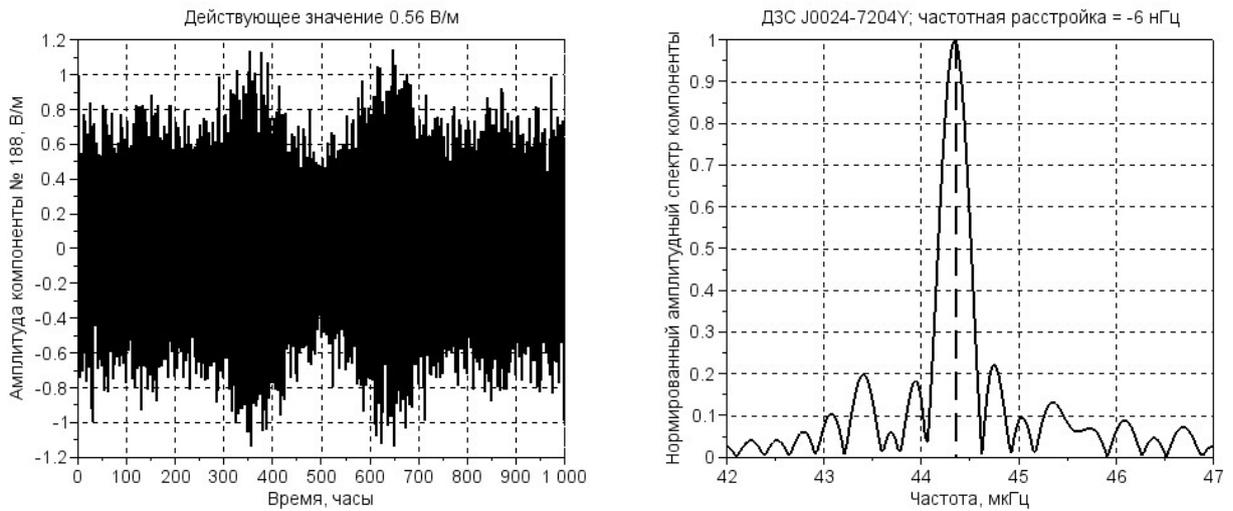


Рис. 6а. Спектральный анализ собственных векторов временного ряда E_z станции Верхнее Дуброво вблизи частоты гравитационно-волнового излучения РДЗС J1012+5307(1.9141056E-5Гц-частота обращения). Слева – один из собственных векторов, справа - нормированный к своему максимальному значению амплитудный спектр выбранного собственного вектора



Верхнее Дуброво вблизи частоты гравитационно-волнового излучения РДЗС J0024-7204Y (0.4909060E-5Гц- частота обращения). Слева – один из собственных векторов, справа - нормированный к своему максимальному значению амплитудный спектр выбранного собственного вектора

В анализируемый диапазон частот попадают сейсмогравитационные и собственные колебания Земли. Теория сейсмоэлектродинамики (СЭД) описывает возбуждение электромагнитных сигналов, коррелирующих с землетрясениями. Одной из важнейших фундаментальных проблем геофизики является краткосрочный прогноз землетрясений. Разработки в этом направлении опираются на комплекс методов и средств наблюдений за физико-химическими процессами в различных оболочках Земли. На рис. 7а-7г представлены примеры записей электрического поля на полигоне ВЛГУ и данные геомагнитной станции Мемамбетсу, соответствующие времени возникновения крупных сейсмических событий (магнитуда больше 7). Из приведенных примеров видны наиболее часто встречающиеся признаки (предвестники) крупных сейсмических событий, а именно: резкий подъем амплитуды сигнала в записях (рис.7а); резкое снижение амплитуды сигнала вплоть до смены знака поля (рис.7б, рис.7в).



Рис. 7а. Данные Ez ВЛГУ вблизи землетрясения в Исландии 21.12.2010(M 7,4)

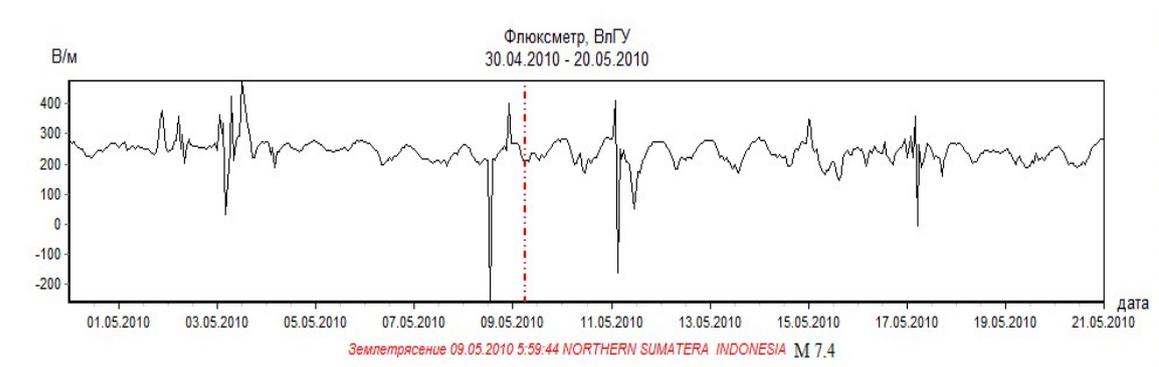


Рис. 76. Данные Ez ВЛГУ вблизи землетрясения на Суматре 09.05.2010(M 7,4)

В таблице 3 приведены примеры типов электромагнитных предвестников землетрясений, зарегистрированных в электрическом поле приземного слоя атмосферы на физическом полигоне ВЛГУ.

Таблица 1. Типы электромагнитных предвестников землетрясений

Дата и время землетрясения (данные IRIS)	Тип электромагнитного предвестника землетрясения, зарегистрированный в электрическом поле физического полигона ВЛГУ	Момент времени до землетрясения, соответствующий признаку, ч	Длительность признака, ч	Магнитуда
04-04-2006 02:30:28, Мексика	Сейсмогравитационные колебания амплитудой ~200 В/м Резкое снижение уровня поля, вплоть до изменения знака (с 100 В/м до -850 В/м)	15 6,5	15 0,5	6,0
29-04-2006 16:58:06, Восточная Сибирь	Сейсмогравитационные колебания амплитудой ~200 В/м Снижение уровня поля с -100 В/м до -700 В/м	11 2	7 0,5	6,6
22-06-2006 10:53:11, Курильские о-ва	Резкие сейсмогравитационные колебания амплитудой до ~600 В/м	18	5	6.1
16-07-2006 11:42:41, Чили	Сейсмогравитационные колебания амплитудой ~350 В/м	25	14	6.2
27-07-2006 11:16:40, сев. Суматра, Индонезия	Резкие сейсмогравитационные колебания амплитудой до 2400 В/м	10	4	6,1
11-08-2006 14:30:40, Мексика	Резкое снижение уровня поля с -700 В/м до -1500 В/м	10	0,5	6,1

Осуществляются также исследования по обнаружению предвестников сейсмических событий с использованием метода «Айгеноскопии». Достаточно успешно эта работа проводится совместно с ДВО РАН (Камчатка), где и осуществляется внедрение результатов данных исследований [14].

Выводы

Разработан и создан компактный программно-аппаратный комплекс мониторинга различных характеристик природной среды. Комплекс предназначен для сбора и регистрации измеренной информации, поступающей с датчиков в виде стандартных аналоговых сигналов напряжения и силы постоянного тока, дискретных и цифровых сигналов; выдачи управляющих воздействий в аналоговой и дискретной форме.

С помощью разработанного и запатентованного метода обнаружения скрытых периодичностей геофизического и астрофизического характера в многолетних записях электромагнитного поля («Айгеноскопия») осуществлено обнаружение лунно-солнечных приливов, а также достоверно обнаружены сигналы на гравитационно-волновых частотах ряда релятивистских двойных звездных систем. Осуществляются работы по накоплению видов признаков (предвестников) крупных сейсмических событий по данным мониторинга электрического и геомагнитного полей.

Литература

1. Грунская, Л.В. Приемно-регистрирующая аппаратура для исследования взаимосвязи электрического поля приземного слоя атмосферы с геофизическими процессами / Л.В. Грунская, В.А. Ефимов // Проектирование и технология электронных средств. – 2006. – № 1. – С. 69 – 74.
2. Грунская, Л.В. Мобильный приемно-регистрирующий комплекс для мониторинга электромагнитного поля приземного слоя атмосферы / Л.В. Грунская [и др.] // Проектирование и технология электронных средств. – 2005. – № 2. – С. 69 – 74.
3. Грунская, Л.В. Система многоканального синхронного мониторинга электромагнитных полей КНЧ диапазона приземного слоя / Л.В. Грунская [и др.] // Проектирование и технология электронных средств. – 2004. – Спец. вып. – С. 38 – 45.
4. Грунская, Л.В. Оценка параметров электрического поля приземного слоя атмосферы на основе метода корреляционного приема: монография / Л.В. Грунская.- Владимир: Владимирский государственный университет 2010. – 123 с. - ISBN 978-5-9984-0054-4.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2018664675. Рос. Федерация. Встраиваемое программное обеспечение системы мониторинга электромагнитных полей и параметров атмосферы / А. Н. Золотов, А. С. Бушуев, Л. В. Грунская; правообладатель ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых». — № 2018661816; заявл. 26.10.2018; зарегистр. 20.11.2018, Бюл. № 1. — 1 с.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2018663059. Рос. Федерация. Программа автоматизированного сбора данных ASAD2 / А. Н. Золотов, А. С. Бушуев; правообладатель Общество с ограниченной ответственностью «АЗМоторс» — № 2018617855; заявл. 24.07.2018; зарегистр. 19.10.2018; Бюл. № 1. -1 с.
7. Исакевич В.В., Исакевич Д.В., Грунская Л.В. Анализатор собственных векторов и компонент сигнала. Полезная модель РФ № 116242RU. Приоритет от 30 сентября 2011 года. Правообладатели: ООО «БизнесСофтСервис», Исакевич В.В., Исакевич Д.В.
8. Грунская Л.В., Экспериментальные и теоретические исследования вариаций напряженности электрического поля, обусловленных солнечными и лунными приливами в приземном слое атмосферы / Л. В. Грунская, В. Н. Морозов // Известия вузов. Физика. – 2005. – № 8. – С. 33 – 39.
9. Грунская Л.В., Исакевич В.В., Исакевич Д.В., Рубай Д.В., Золотов А.Н. Исследование воздействия лунных приливов на электромагнитное поле пограничного слоя атмосферы с помощью метода собственных векторов/ Известия высших учебных заведений. Физика. 2013. Т. 56. № 4. С. 65-70.

10. Гинзбург В. Л., Цитович В. Н. Переходное излучение и переходное рассеяние. – М.: Наука, 1984. – 360 с.
11. Зельдович Я. Б., Новиков И. Д. Строение и эволюция Вселенной. – М.: Наука, 1975.
12. L. V. Grunskaya¹, V. V. Isakevich, D. V. Isakevich / Anomalous Behavior of the Terrestrial Electric Field Intensity at Multiple Frequencies of Relativistic Binary Star Systems // ISSN 0202-2893. - Gravitation and Cosmology. -2018. -Vol.24. -No.4. -pp.384–392.
13. L. V. Grunskaya¹, V. V. Isakevich, D. V. Isakevich / Study of the Impact of Relativistic Double Star Systems on the Earth's Electric Field // Russian Physics Journal. - 2019. - V.62. - №1. - DOI 10.1007/s11182-019-01682-3. - p. 55-61.
14. П. П. Фирстов, Д. В. Исакевич, В. В. Исакевич, Д. И. Будилов, Е. О. Макаров, Л. В. Грунская / Выделение методом айгеноскопии предвестниковых аномалий Жупановского землетрясения 30 января 2016 г. с $m_w=7.2$ и глубиной очага 171 км (Камчатка) // Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки. 2017. № 4(20). С. 109-120. ISSN 2079-6641.