

# ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ С ЛУННЫМИ И СОЛНЕЧНЫМИ ПРИЛИВАМИ

Грунская Л.В., Исакевич В.В., Ефимов В.В., Закиров А.А., Рубай Д.В.

Владимирский государственный университет  
grunsk@vlsu.ru

**ABSTRACT.** The work is connected with experimental study of predicted theoretical possible interconnection of electromagnetic fields with gravitational tide influence (in particular moon gravitational tides) [1]. The object of the investigations is electromagnetic field in the Earth – ionosphere resonator. Our world is non-linear. Attempts to analyze complex processes in which a lot of objects of the classical spectral analysis showed its insufficiency. Detection of influence on tide processes on the Earth electromagnetism require great time series (continuous registrations for a year) and they are not stationary time processes. Using classical spectral analysis in such situation firstly isn't legal and secondly, as it turned out, doesn't allow to detect for sure the influence of the gravitational moon tides on the electromagnetic fields. There was used a method of the analysis of the latent vectors of the time series covariance matrix for exposing influence of the moon tides on  $E_z$ . The method allows to distribute an experimental signal into non-correlated periodicities. The present method is effective just in the situation when energetical deposit because of possible influence of moon tides upon the electromagnetic fields is little.

Электрические поля, не смотря на сложность систем и условий их регистрации, рассматриваются в геофизике в качестве одного из основных физических факторов взаимодействия процессов, протекающих, в том числе, и в приземном слое. Известно, что вариации электрического поля приземного слоя, вызванные геофизическими процессами, в отличие, в частности, от магнитных, могут испытывать изменения, до порядков величин превышающие фоновые [1]. Одна из задач данных исследований связана с оценкой среднего значения амплитуды напряженности вертикальной составляющей электрического поля приземного слоя атмосферы на известных частотах приливов. Такая задача решается с

помощью методов спектрального оценивания с использованием больших временных рядов (годы непрерывных регистраций), так как мы имеем дело с частотным диапазоном  $10^{-5} - 10^{-7}$  Гц и необходимой разрешающей способностью  $10^{-7} - 10^{-9}$  Гц. Основной задачей является обнаружение воздействия лунных гравитационных приливов на электрическое поле пограничного слоя атмосферы.

Создана система многоканального синхронного мониторинга электрического поля на разнесенных в пространстве станциях: физический экспериментальный полигон ВлГУ, 2 станции на оз.Байкал Института солнечно-земной физики СО РАН, станция в п.Паратунка (Камчатка) Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, станция в г.Обнинск на базе научно-производственного объединения «Тайфун» [3]. Сформированы базы экспериментальных данных по разнесенным в пространстве станциям. Все указанные станции оснащены аналоговыми датчиками электрического поля разработки ВлГУ. В настоящее время разработан и создан цифровой электростатический флюксометр, диапазон измерения  $\pm 10000$  В/м, точность измерения 2 В/м. На датчик получено авторское свидетельство.

Разработана модель проникновения электрического поля, возникающего на уровне ионосферы под действием лунно-солнечных приливов, в приземный слой атмосферы с учетом конечной и бесконечной проводимости земной коры [2]. Получены теоретические оценки воздействия приливных сил на вертикальную составляющую электрического поля приземного слоя атмосферы, подтвержденные в ходе экспериментальных исследований. Адекватность разработанной модели экспериментальным данным доказана при корреляционно-спектральной обработке результатов мониторинга электрического поля приземного слоя атмосферы по разнесенным в пространстве станциям.

Наблюдается хорошее совпадение модельных оценок амплитуд электрического поля на частотах солнечных приливов (S1,S2,S3,S4,K1,P1) с экспериментальными оценками по разнесенным в пространстве станциям с датчиками ВЛГУ и Гидрометеорологической службы. Модельная оценка амплитуды  $E_z$  на частотах солнечных приливов составляет  $E_z \cong (10 - 15)$  В/м, экспериментальная оценка в пределах:  $E_z \cong (5 - 20)$  В/м. Отношение сигнал/шум на частотах солнечных приливов составило (3-6). Спектральный анализ  $E_z$  поля приземного слоя атмосферы на частотах лунных приливов (2N2, M2,M1,O1,L2) по разнесенным в пространстве станциям дал оценку амплитуды электрического поля на частотах лунных приливов в пределах:  $E_z \cong (0,5 - 6)$  В/м (модельная оценка  $E_z \cong (0,3 - 1)$  В/м). Отношение сигнал/шум на частотах лунных гравитационных приливов составило (0,4 - 2,7), что явно недостаточно для достоверного выделения воздействия лунных приливов [4,5].

На рис.1 представлены спектры электрического поля вблизи частот солнечного(S 1) и лунного (M2) приливов.

Сравнение полученных оценок амплитуд электрического поля на частотах приливов по станциям ВЛГУ, ГГО и Гидрометеорологической службы показывает их хорошую сопоставимость и одинаковый порядок результатов с полученными теоретическими оценками. Исследования показали, что проявление приливов в электромагнитном поле носит не синусоидальный, а полигармонический характер с взаимными модуляциями (суточными, годовыми). Достоверное обнаружение таких процессов невозможно с помощью классического спектрального анализа.

Спектральный анализ временных рядов электрического поля приземного слоя атмосферы не позволил достоверно выделить влияние лунных приливов на электрическое и геомагнитное поле, что привело к необходимости проведения исследований структуры сигналов в спектральной и временной областях с помощью разрабатываемого программно-аналитического комплекса на базе метода собственных векторов корреляционных матриц временных рядов. Разработан программно – аналитический комплекс для исследования структуры

сигналов в спектральной и временной областях, вызванных геофизическими процессами [4,5,6].

Использование метода собственных векторов не исключает использования спектрального анализа или каких-либо других методов, но они используются не в отношении исходного временного ряда, а применительно к независимым друг от друга собственным векторам, каждый из которых несет свою информацию. Использование метода спектрального анализа собственных векторов в многолетних временных рядах вертикальной составляющей электрического поля показало его эффективность для выявления периодических составляющих с относительным энергетическим вкладом вплоть до  $10^{-4}$ . Новизна разработанного метода состоит в том, что спектральному анализу подвергается не сам исходный временной ряд, а его собственные вектора, на которые он раскладывается, что позволяет применить спектральный анализ к отдельным некоррелированным составляющим временного ряда, связанным с определенными физическими процессами.

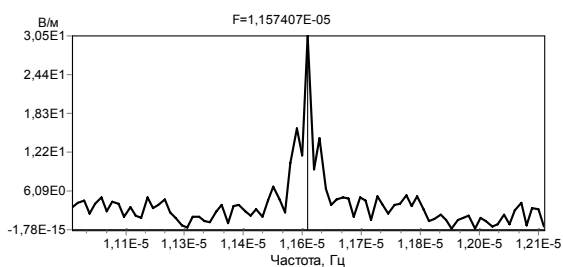
На рисунке 2 приведены примеры спектрального анализа собственных векторов лунных приливов и результат спектрального анализа собственных векторов для солнечного (S1) и лунного (M2) приливов.

Отношение максимального значения амплитудного спектра у отобранных собственных векторов к его среднему значению для компоненты  $E_z$  при выделении периодов, соответствующих солнечным и лунным приливам для станций с большим временем мониторинга (Воейково, Верхняя Дуброва, Душети) составляет в среднем 267, а для станций полигона ВЛГУ, Байкала и Обнинска составляет в среднем 179.

Использование метода спектрального анализа собственных векторов в многолетних временных рядах вертикальной составляющей электрического поля показало его эффективность для выявления периодических составляющих, связанных с лунными приливами.

Выдвинута и подтверждена гипотеза о преимуществе спектрального анализа собственных векторов ковариационной матрицы временного ряда перед непосредственным спектральным анализом временного ряда при выявлении периодических составляющих временных рядов.

Станция Байкал, 2007-2008.



Станция Владимир, 2004-2009.

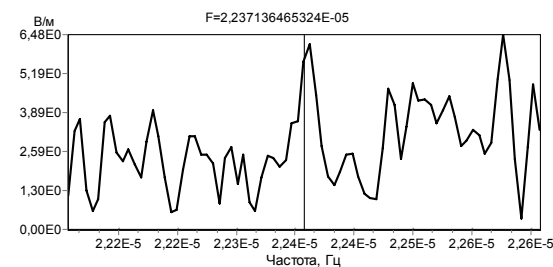


Рисунок 1. Спектральный анализ электрического поля пограничного слоя атмосферы на частотах солнечного(S1) и лунного (M2) приливов

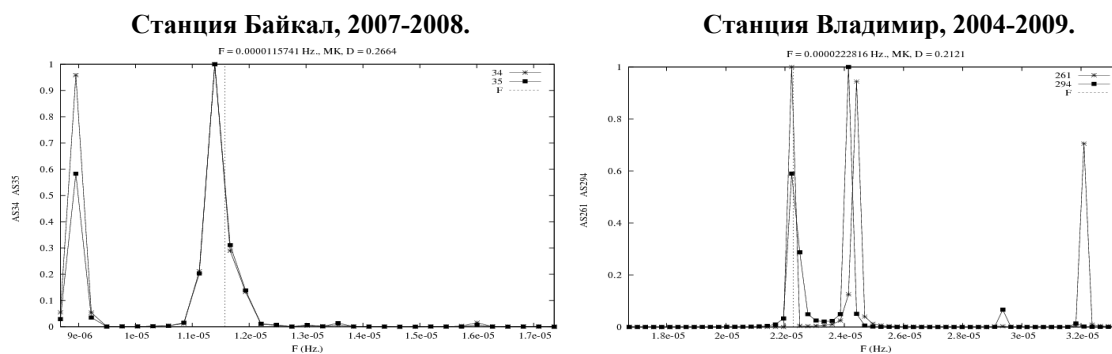


Рисунок 2. Спектральный анализ собственных векторов для солнечного (S1) и лунного (M2) приливов по результатам анализа электрического поля пограничного слоя атмосферы

Работа проводится при поддержке ФЦП № 09-05-99015,11-05-97518, Программы Минобразования № 2.1.1/11281, гранта РФФИ № 11-05-97518.

### Литература

1. L.V.Grunskaya, V.A.Efimov, V.V.Isakevich, A.A.Zakirov: 2009, *AIP Conf. Proc.*, 455-462.
2. L.V.Grunskaya, V.N.Morozov, V.A.Efimov, A.A.Zakirov: 2010, *Russian Phys. J.*, **53**, No.1, 23-28.
3. L.V.Grunskaya: 2010, *The estimation of the parameters of the atmosphere surface boundary layer electrical field on the base of the method of correlative receiving*, Vladimir State University, 123 p., ISBN 978-5-9984-0054-4.
4. L.V.Grunskaya, V.N.Morozov: 2005, *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Fiz.*, No. 8, 33-39.
5. V.V.Isakevich, L.V.Grunskaya, D.V.Isakevich, L.T.Sushkova, A.S.Batin: 2010, The functional models of purposeful natural phenomena sign search in the covariance matrix eigenvectors of time series, *Nonlinear world, Radio Engineering*, No.10, p.651-657, Moscow.
6. V.A.Efimov: 2010, Digital electrostatic fluxmeter, *Biomedical electronics*, No. 7, p. 58-64, Moscow.