

## СЪВМЕСТНА РЕГИСТРАЦИЯ НА ULF ВАРИАЦИИТЕ НА ГЕОЕЛЕКТРИЧНОТО И ГЕОМАГНИТНОТО ПОЛЕ В ГМО – ПАНАГЮРИЩЕ

Бойчо Бойчев<sup>1</sup>, Божидар Сребров<sup>2</sup>, Илия Чолаков<sup>2</sup>, Владимир Бойчев<sup>1</sup>,  
Николай Банков<sup>1</sup>, Петко Неновски<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт за космически изследвания - Българска академия на науките

<sup>2</sup> Геофизичен институт - Българска академия на науките  
e-mail: boytchev@bas.bg ; srebrov@geophys.bas.bg

**Ключови думи:** геоелектрично поле, геомагнитно поле, ULF сигнали

**Резюме:** С инсталирането на нова апаратура за регистрация на геоелектричното поле в ГМО Панагюрище е създадена възможност за провеждането на едновременна регистрация на геомагнитното и геоелектричното поле в една точка. Това дава възможност за съвместна обработка и интерпретация на информацията за тези полета, което позволява да се изследват локални процеси в йоносферата, дълбочинно проучване на Земята и електромагнитен мониторинг в райони с повишена сеизмична активност. Геомагнитните вариации се регистрират със съвременни флуксгейт магнетометри с честота едно векторно измерване (трите компоненти) в секунда и с разрешение 0.1 nT в диапазона от 0 до 100 000 nT. Тази информация се събира от две отделни системи за регистрация, натрупване и трансляция. Вариациите на геоелектричното поле се измерват и регистрират по 2 взаимно перпендикулярни направления изток-запад и север-юг. Сигналите се измерват в 2 честотни ленти 0 - 0,02 Hz с честота 1 изм./мин. и 0,02 – 1 Hz, с честота 5 изм./с. Разрешението е съответно 0.0012 mV/m и 0,01 mV/m при 100 m разстояние между сензорите. Сигналите се измерват с 16 битова точност, като записа на информацията е 12 бита. Събираната информация се натрупва в цифров вид в стандартен PC и се транслира чрез модем и телефонна линия. Предстои преработка на интерфейсите за свързка на апаратурата, като те се уеднаквяват с тези на апаратурата за геомагнитните измервания с възможност за трансляция по Интернет.

## SIMULTANEOUS REGISTRATION OF GEOELECTRIC AND GEOMAGNETIC ULF FIELD VARIATIONS IN PANAGYURISHTE GEOMAGNETIC OBSERVATORY - PAG

Boycho Boychev<sup>1</sup>, Bozhidar Srebrov<sup>2</sup>, Iliya Cholakov<sup>2</sup>, Vladimir Boychev<sup>1</sup>,  
Nikolai Bankov<sup>1</sup>, Petko Nenovski<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences

<sup>2</sup>Geophysical Institute - Bulgarian Academy of Sciences  
e-mail: boytchev@bas.bg ; srebrov@geophys.bas.bg

**Keywords:** geoelectric field, geomagnetic field, ULF signals

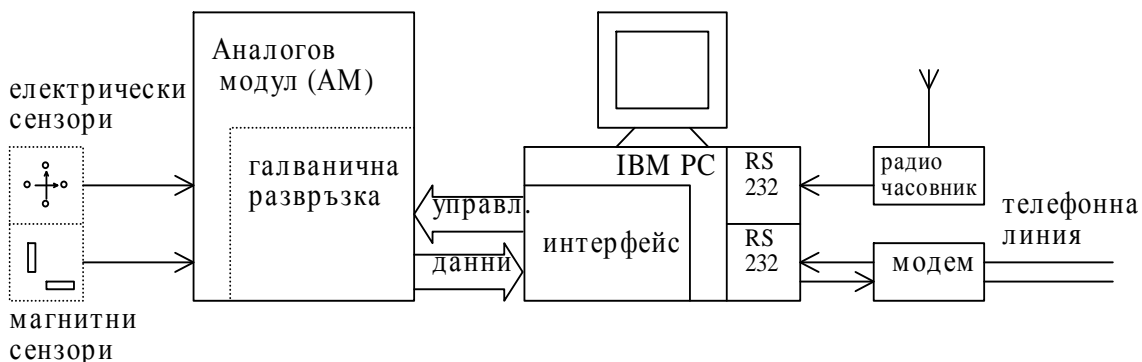
**Abstract:** After the installation of new apparatuses for registration of the geoelectric field in Geomagnetic Observatory Panagyurishte (PAG) is created a possibility for carrying out of simultaneously registration of the geomagnetic and the geoelectric fields in one point. This fact provides the possibility for together treatment and interpretation of the information for these natural fields. This takes chances for investigations of the local ionospheric phenomena, for deep electromagnetic sounding and for geoelectromagnetic monitoring of the ambient areas with heightened seismic activity. The geomagnetic variations are registered by contemporary fluxgate magnetometers with sampling frequency one vector measurement per sec. and with accuracy 0.1 nT in the range from 0.1 nT to 100 000 nT. This information is collected by two different systems for registration, accumulation and transfer. The geoelectrical field variations is registred along two perpendicular directions N-S and E-W . The signals are measured in two frequency bands 0 - 0.02 Hz with sampling frequency 1 measurement per min. and 0.002 - 1 Hz with sampling frequency 5 measurements per sec. The accuracy of the measurement is 0.0012 mV/m at 0,01 mV/m for 100 m sensors distance. The collected digital information is accumulated in PC and is transferred by modem and telephone line. Forthcoming overwork of this equipment, for its identical functioning of the communication interfaces, as that of the mentioned above geomagnetic measuring apparatuses and with possibility for data carrying by Internet

## Регистрация на геоелектричното поле

Вариациите на геоелектричното поле се измерват и регистрират по 2 взаимно перпендикулярни направления изток-запад и север-юг. Сигналите се измерват в 2 честотни ленти 0 - 0,02 Hz с честота 1 изм./мин. и 0,02 – 1 Hz, с честота 5 изм./сек. Измервателната система е предназначена за измерване на геоелектрически потенциали и свръхнискочестотни електрически и магнитни полета, индуцирани от процеси в магнитосферата, йоносферата и в повърхностния почвен слой. Разработена е от колектив от ИКИ-БАН с цел изследване вариациите в амплитудата на естественото електромагнитно поле и изследване на геоелектрически потенциали, свързани със сеизмична активност.

Системата се състои от датчикова част, включваща вкопани в земната повърхност 4 електрически и 2 магнитни сензора, специализиран многоканален аналого-цифров модул, осигуряващ отвеждане, усилване, филтрация и аналого-цифрово преобразуване с 12 битова точност на получаваните от сензорите сигнали, както и персонален компютър, служещ за управление на системата и натрупване и визуализация на получаваната информация по време на провеждане на измерванията. Информацията с обем 4,5 Mb на денонощие се натрупва в твърдия диск на участващия в системата компютър във вид на минутни и часови файлове с точна привръзка по време с оглед провеждане на синхронни измервания от няколко системи, изследвания на процеси с висока динамика и точно възстановяване на получаваната информация. С оглед съхраняване на точността на измерванията при дълговременни измервания е предвидена и периодична автоматична калибровка на системата. Натрупваната информация може да бъде източвана чрез FDD 1,44 Mb, RS232 интерфейс и модем през телефонна или радиолиния. Системата може да работи напълно автономно като 1 минута след подаване на мрежово захранване започва или възстановява измерванията и натрупването на информацията.

Няколко такива (измервателни) системи могат да работят едновременно в мрежа, като подават при поискване чрез модемна връзка и телефонна линия натрупваната в тях информация на друг (централен) компютър, в който са съсредоточени натрупването на база данни от всички пунктове за измерване, и обработка на информацията. Структурната схема на измервателната система е представена на Фиг. 1. По-подробно апаратурата е описана в [1,2,3].



Фиг. 1. Структурна схема на системата за геоелектрични измервания

С измервателната система до сега са провеждани измервания на следните измервателни точки:

На сеизмична станция - Витоша през август – септември 2000 г.; на сеизмична станция - Крупник - в периода 2004 – 2007 г. и продължава, и в ГМО Панагюрище – от 05.2007 г. и продължава.

При провеждане на измерванията в ГМО Панагюрище магнитни сензори към апаратурата не са включени, поради съществуващата високоточна регистрация на вариациите на геомагнитното поле в обсерваторията.

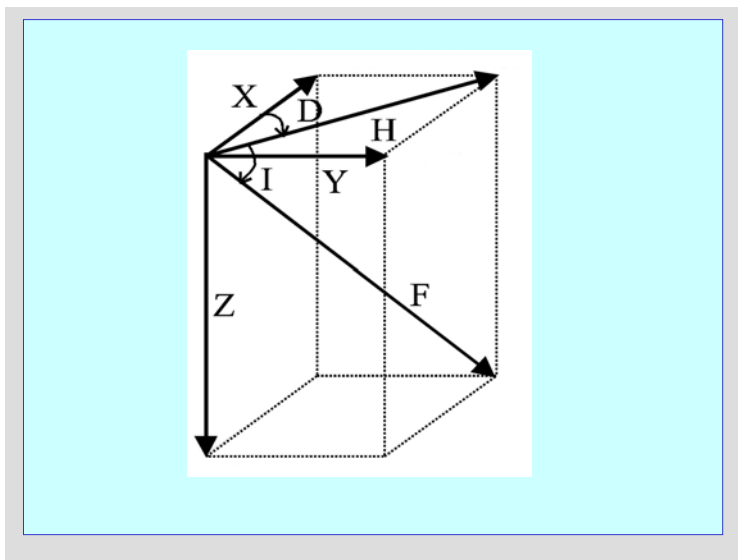
## Регистрация на геомагнитното поле в ГМО Панагюрище

Наличната апаратура за регистрация на геомагнитни вариации е на най-съвременен ниво и се състои от две серии, цифрови магнитометри за регистриране вариациите на геомагнитното поле (флуксгейт вариометри), тип "Magson" [4] и "FGE"[5], като във всяка серия работи по една система за цифроване и събиране на данни (дейта логер) тип "MAGDALOG"[6]. Диапазонът на измерване на геомагнитното поле е от 0.1 до 100 000 nT, който е стандартен за регистрация на естествените

вариации на геомагнитното поле от такъв тип обсерваторни инструменти. От дейталогерите цифровата информация за регистрацията на компонентите на геомагнитното поле, а също и за тоталният вектор  $F$ , получавана чрез овърхаус протонен магнитометър тип GSM-90 [7], постъпва през съответните локални за всяка серия компютри в общ работещ в "Линукс" компютър. Последният е свързан в локалната мрежа на обсерваторията и Интернет.

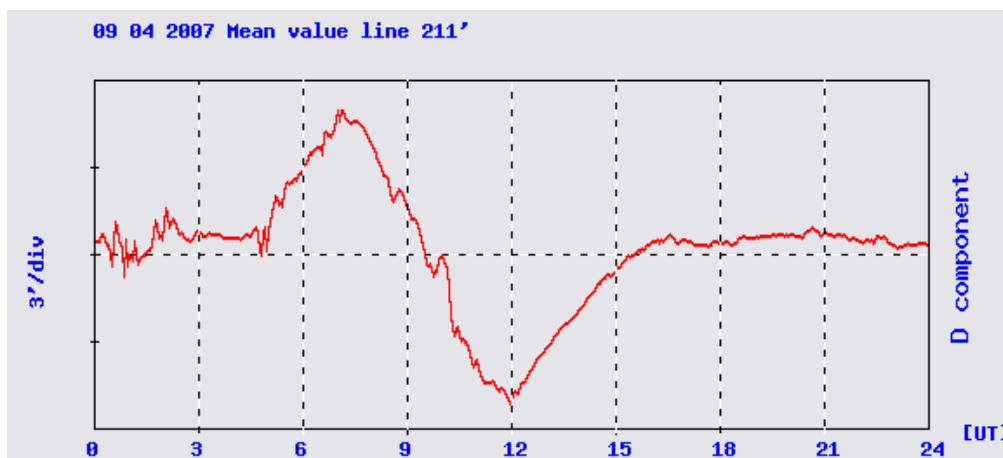
Тоталният вектор на геомагнитното поле  $F$  в северното полукълбо на Земята е представен на Фиг. 2 заедно с неговите компоненти в декартови координатна система  $X, Y, Z$  и в полярни координати. Последните са геомагнитните деклинация  $D$ , инклинация  $I$  и хоризонталната компонента  $H$ . В обсерваторията се регистрират чрез вариометрите декартовите компоненти и се изчисляват в реално време полярните компоненти.

Получената информация за вариациите на компонентите на геомагнитното поле и за вариациите на тоталния вектор се събират и се визуализират в центъра за обработка на информацията, разположен в административната сграда на обсерваторията.

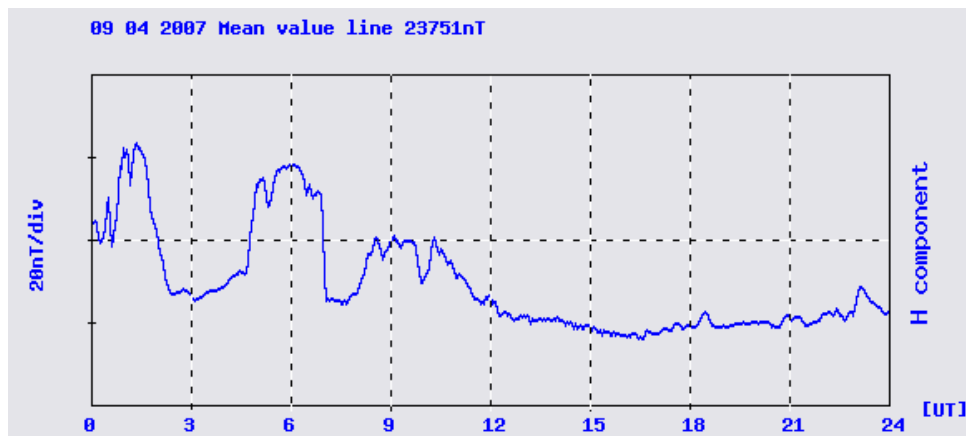


**Фиг. 2.** Вектор на геомагнитното поле в северното полукълбо и неговите компоненти в декартова и полярна координатна системи

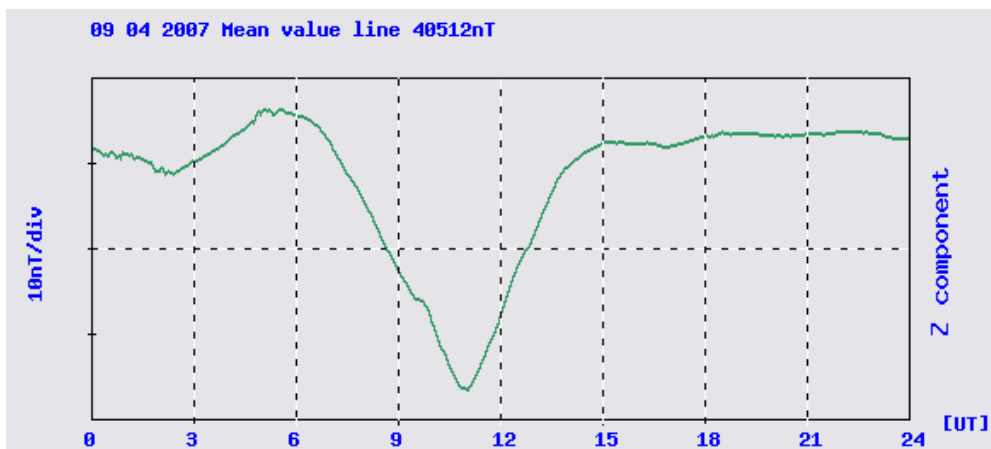
На Фиг. 3а, 3в и 3с са показани съответно  $D$ ,  $H$  и  $Z$  компонентите на геомагнитното поле за едно спокойно в геомагнитно отношение денонощие. На тези магнитограми се вижда ясно характерният денонощен ход на полето, свързан с прилива на атмосферата, предизвикан от слънчевата радиация в електромагнитния диапазон и в по-малка степен от гравитацията на Луната. Тези вариации са известни като  $S_q$  и  $L$  вариации. В този случай  $D$  и  $Z$  са характерни за спокоен ден, докато  $H$  е сравнително смутена. Анализът на магнитограмите от това денонощие показва, че в прилежащата на обсерваторията област на литосферата не е имало значителни вътрешноземни токове.



**Фиг. 3 а.** Денонощно изменение на геомагнитната деклинация  $D$  в геомагнитно спокоен ден



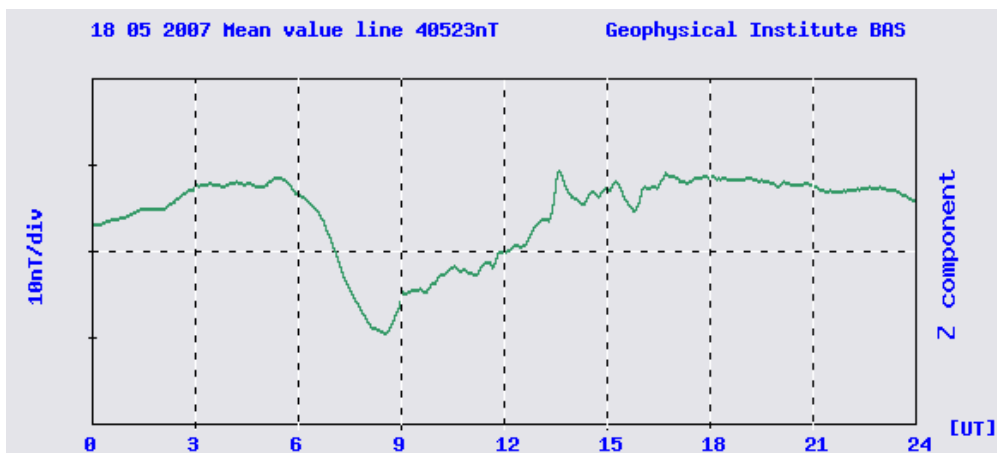
Фиг. 3 в. Денонощно изменение на *H* компонентата в геомагнитно спокоен ден



Фиг. 3 с. Денонощно изменение на *Z* компонентата в геомагнитно спокоен ден

### Съвместно регистриране на геомагнитните и геоелектричните вариации в геомагнитна обсерватория Панагюрище

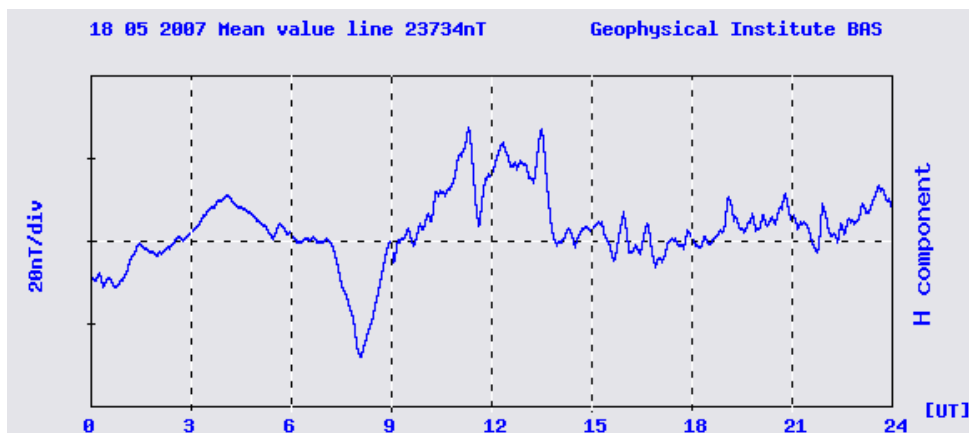
След инсталирането на апаратурата за електротелурични измервания в ГМО Панагюрище в началото на м. май 2007 г. започна съвместна регистрация на геомагнитното и геоелектричното полета. На Фиг.1 е представена магнитограмата на *Z* компонентата на геомагнитното поле в един първите дни със съвместна регистрацията -18.05.2007 г.



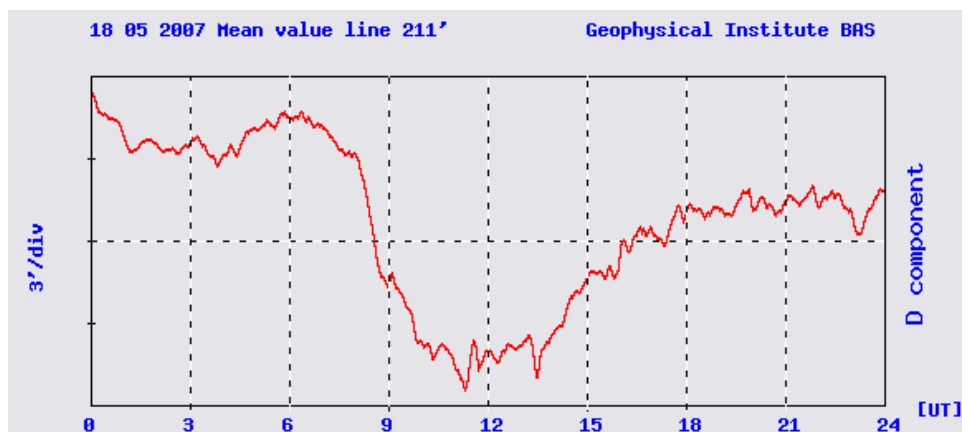
Фиг. 4. Изменение на *Z* компонентата на геомагнитното поле на 18.05.2007 г. в ГМО Панагюрище

На Фиг. 5 е представена магнитограма на *H* компонентата на геомагнитното поле в същия ден, а на фиг. 6 е представено изменението на деклинацията *D* отново за тази дата. На магнитограмите

се вижда добре денонощния ход на геомагнитното поле в този относително спокоен в геомагнитно отношение ден. Но в магнитограмата на Z и H компонентата се наблюдава смущение, предизвикано от вътрешно земни токове в района на регистрацията. Продължителността на смущението е около единадесет часа от 06 до 17 часа UT.



Фиг. 5. Изменение на H компонентата на геомагнитното поле на 18.05.2007 г. в ГМО Панагюрище



Фиг. 6. Изменение на геомагнитната деклинация D на 18.05.2007 г. в ГМО Панагюрище

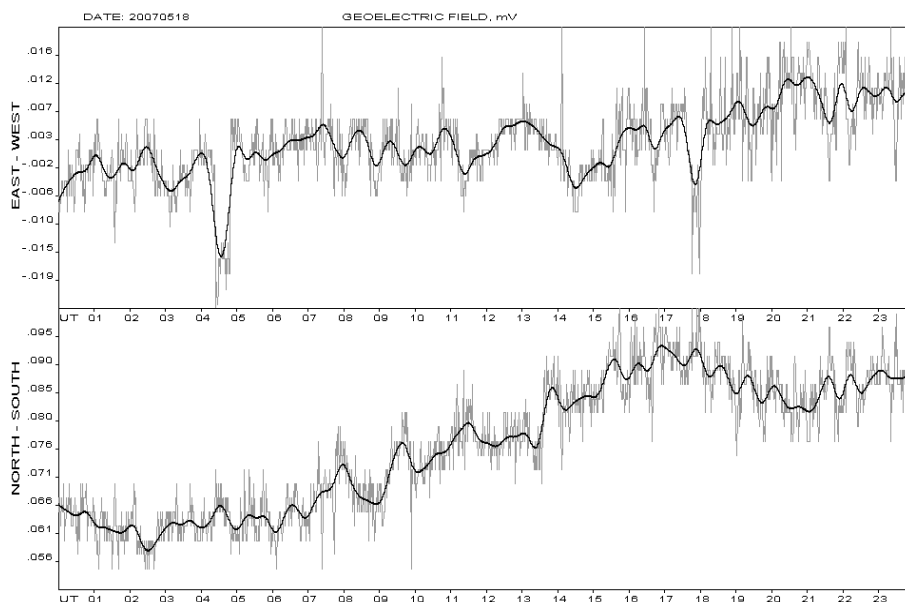
Регистрираните изменения на геоелектричното поле за същото денонощие са показани на следващите фигури. На Фиг. 7 е представено изменението на геоелектричното поле на 18.05.2007 г. в направление север-юг, а на Фиг. 8 е представено изменението на полето в перпендикулярното направление изток-запад. В интервала 6 до 17 часа UT се забелязват значителни относително по-висококочестотни девиации на геоелектричното поле и по двете направления, но по-силно изразено в направлението изток-запад. Тези девиации са независими от общия относително по-нискокочестотен тренд и следва да се свържат с протичане на подземни токове в прилежащата на обсерваторията област.

#### Съвместяване на двата вида измерване

Геоелектричното поле в един сравнително широк честотен диапазон възниква в резултат на индукция в твърдата земя, предизвикана от външните по отношение на нея токови системи, разположени в йоносферата и магнитосферата. Съществуват и данни за генерация на геоелектрични полета и в резултат на вътрешноземни причини: геоелектрохимични процеси, полета свързани с явления в различни геоложки структури и такива, предизвикани от тектонското движение в райони с повишена сеизмичност.

Провеждането на едновременна регистрация на геомагнитното и геоелектричното полета в една точка, така както е предвидено в настоящата работа, дава по широки възможности за определяне на параметрите на средата в дълбочина под земната повърхност. Тази регистрация дава възможност да се интерпретират получените данни за двете полета по отношение на геоложките структури, разположени в дълбочина под измерителната точка. Така например, при съвместяването на двата вида данни е възможно да се определи стойността на проводимостта на скалите и положението на границите между различните геоложки слоеве, а също така и евентуални изменения

на проводимостта във времето, породени от тектонски процеси. Непрекъснатата регистрация на геоелектричното и геомагнитното поле в ГМО Панагюрище може да се използва и като сравнително измерване (референс) за всички бъдещи полеви магнитотелурични проучвания на територията на България, които се провеждат с цел изследване на различни локални геоложки структури.



**Фиг. 7.** Изменение на геоелектричното поле, регистрирано в ГМО Панагюрище на 18.05.2007 г. в направление изток-запад и север-юг

Освен изложеното по-горе, съвсем естествено е данните от съвместната регистрация на геоелектричното и геомагнитното поле да се използват и за изследване на естествените външни явления (магнитосферни и йоносферни), които са причина за индуктиране на токове в твърдата земя. Характерен в това отношение е представеният тук пример със записите на геомагнитното и геоелектричното поле от 18.05.2007 г., където са установени изменения, свързани с вторични земни токове, предизвикани от локални йоносферни аномалии. Както се вижда, тук от съществено значение е възможността да бъдат разграничени онези части на явленията, които имат локален характер. Така например, очевидно е, че по тези данни може да се съди, както за локалното състояние на йоносферата на съответните географска и геомагнитна ширина и дължина, а също така и за влиянието на локалните телурични токови системи по отношение на тоталното естествено геомагнитно и геоелектрично поле.

### Благодарност

Настоящата работа е финансирана от Министерство на образованието и науката, Фонд "Научни изследвания" чрез договор НЗ-1402/2004.

### Литература

1. Б о й ч е в Б. Методи и средства за измерване на нискочестотни електромагнитни полета от магнитосферен и литосферен произход. *Автореферат към Дисертация*, ИКИ-БАН, София, 2003.
2. В о у т ч е в В.В., Р. I. Н е н о в с к и. Ground-based Diagnostics of the Electromagnetic Environment of Solar Activity and Natural Disasters, *Proceedings of International Conference on Recent Advances in Space Technologies-RAST 2003*, November 20-22, 2003, Istanbul, Turkey, IEEE Cat. No 03EX743, ISBN 0-7803-8142-4, pp. 509-513.
3. В о у т ч е в В, Р. Н е н о в с к и. Ground-based Diagnostics of the Inner Magnetospheric, Ionospheric and Litospheric Parameters by Geomagnetic Pulsations Measurements, COSPAR Colloquium, INTERBALL 2002, Sofia, *Advances in Space Research*, 31(5), 2003, pp. 1241-1246.
4. www.magson.de;
5. www.dmi.dk;
6. Geomagnetic Observatory "Adolf Schmidt" – Niemegek, Germany, <http://www.gfz-potsdam.de>;
7. www.gemsys.ca.