



Romuald OBUCHOVSKI

**DETERMINATION OF GEOMAGNETIC FIELD
PARAMETERS AND THEIR VARIATION IN THE
TERRITORY OF LITHUANIA**

**Summary of Doctoral Dissertation
Technological Sciences, Measurement Engineering (10T)**

1315



LEIDYKLA
Vilnius TECHNICA 2006

VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIVERSITY

Romuald OBUCHOVSKI

**DETERMINATION OF GEOMAGNETIC FIELD
PARAMETERS AND THEIR VARIATION IN THE
TERRITORY OF LITHUANIA**

Summary of Doctoral Dissertation
Technological Sciences, Measurement Engineering (10T)



LEIDYKLA
Vilnius TECHNIKA 2006

Doctoral dissertation was prepared at Vilnius Gediminas Technical University in 2002–2006

Scientific Supervisor

Prof Dr Habil Petras PETROŠKEVIČIUS (Vilnius Gediminas Technical University, Technological Sciences, Measurement Engineering – 10T)

The dissertation is being defended at the Council of Scientific Field of Measurement Engineering at Vilnius Gediminas Technical University:

Chairman

Prof Dr Habil Algimantas ZAKAREVIČIUS (Vilnius Gediminas Technical University, Technological Sciences, Measurement Engineering – 10T)

Members:

Prof Dr Habil Jonas SKEIVALAS (Vilnius Gediminas Technical University, Technological Sciences, Measurement Engineering – 10T)

Prof Dr Habil Algimantas ČESNULEVIČIUS (Vilnius University, Physical Sciences, Geography – 06P)

Prof Dr Habil Jonas STANKŪNAS (Vilnius Gediminas Technical University, Technological Sciences, Measurement Engineering – 10T)

Assoc Prof Dr Giedrė BECONYTĖ (Vilnius University, Physical Sciences, Geography – 06P)

Opponents:

Prof Dr Habil Vytautas GINIOTIS (Vilnius Gediminas Technical University, Technological Sciences, Measurement Engineering – 10T)

Dr Habil Saulius ŠLIAUPA (Institute of Geology and Geography, Physical Sciences, Geology – 05P)

The dissertation will be defended at the public meeting of the Council of Scientific Field of Measurement Engineering in the Senate Hall of Vilnius Gediminas Technical University at 10 a. m. on 26 October 2006.

Address: Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius-40, Lithuania

Tel.: +370 5 274 49 52, +370 5 274 49 56; fax +370 5 270 01 12;

e-mail doktor@adm.vtu.lt

The summary of the doctoral dissertation was distributed on 26 September 2006

A copy of the doctoral dissertation is available for review at the Library of Vilnius Gediminas Technical University (Saulėtekio al. 14, Vilnius, Lithuania)

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Romuald OBUCHOVSKI

**LIETUVOS TERITORIJOS GEOMAGNETINIO
LAUKO PARAMETRŲ IR JŲ KITIMO
NUSTATYMAS**

Daktaro disertacijos santrauka
Technologijos mokslai, matavimų inžinerija (10T)



LEIDYKLA
Vilnius TECHNIKA 2006

Disertacija rengta 2002–2006 metais Vilniaus Gedimino technikos universitete.

Mokslinis vadovas

prof. habil. dr. Petras PETROŠKEVIČIUS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, technologijos mokslai, matavimų inžinerija – 10T).

Disertacija ginama Vilniaus Gedimino technikos universiteto Matavimų inžinerijos mokslo krypties taryboje:

Pirmininkas

prof. habil. dr. Algimantas ZAKAREVIČIUS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, technologijos mokslai, matavimų inžinerija – 10T).

Nariai:

prof. habil. dr. Jonas SKEIVALAS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, technologijos mokslai, matavimų inžinerija – 10T),

prof. habil. dr. Algimantas ČESNULEVIČIUS (Vilniaus universitetas, fiziniai mokslai, geografija – 06P),

prof. habil. dr. Jonas STANKŪNAS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, technologijos mokslai, matavimų inžinerija – 10T),

doc. dr. Giedrė BECONYTĖ (Vilniaus universitetas, fiziniai mokslai, geografija – 06P).

Oponentai:

prof. habil. dr. Vytautas GINIOTIS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, technologijos mokslai, matavimų inžinerija – 10T),

habil. dr. Saulius ŠLIAUPA (Geologijos ir geografijos institutas, fiziniai mokslai, geologija – 05P).

Disertacija bus ginama viešame Matavimų inžinerijos mokslo krypties tarybos posėdyje 2006 m. spalio 26 d. 10 val. Vilniaus Gedimino technikos universiteto senato posėdžių salėje.

Adresas: Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius-40, Lietuva.

Tel.: +370 5 274 49 52, +370 5 274 49 56; faksas +370 5 270 01 12,

el. paštas doktor@adm.vtu.lt

Disertacijos santrauka išsiuntinėta 2006 m. rugsėjo 26 d.

Disertaciją galima peržiūrėti Vilniaus Gedimino technikos universiteto bibliotekoje (Saulėtekio al. 14, Vilnius, Lietuva).

VGTU leidyklos „Technika“ 1315 mokslo literatūros knyga.

INTRODUCTION

Topicality of the research. Determination of Earth geomagnetic field parameters and research of their variation is an actual and complex problem of natural science. It is related to knowledge of the state of natural physical system outer parameters of present geophysical and geodynamical processes. Variation of geomagnetic field is continuous process evident in different Earth surface places but in different ways. It can be determined by precise measurements. Precise repeated observations of geomagnetic field parameters at repeat stations is one of basic methods. For determination of certain epoch geomagnetic field parameters, detailed information on geomagnetic field and its variations is necessary.

Data of geomagnetic field research is used for solution of different theoretical and practical tasks. Data is important for solving tasks of navigation, geophysics, geodynamics, explorations of minerals. According requirements of NATO and ICAO (International Civil Aviation Organization) – parameters of geomagnetic field are presented on the topographic maps and navigation charts of the air ports. Compass or director is used in geodesy for orientation, when instrument arrow is oriented along lines of geomagnetic field. Information on geomagnetic declination is necessary for direction determination in this case. Value of declination and its annual change is presented on topographical maps. Geomagnetic and gravimetric data are useful for exploration of minerals. Gravity value and geomagnetic induction help us to determine position and depth of minerals. Geomagnetic field data is useful for geodynamic research when Earth crust movements are related to processes going inside of the Earth. For above mentioned activities is necessary an accurate and constantly updated information on geomagnetic field parameters and their secular variations.

Determination of geomagnetic field parameters and their variation in time has attracted interest of scientists from many natural and technical fields of science (geophysicists, geologists, surveyors) and resulted in their collaboration during last decades. Geomagnetic field secular variations is a slow natural process therefore quality research results are not available in sufficient quantities, therefore present precise observation results will be valuable for analysis of long-term changes of geomagnetic field. New theoretical and practical research is necessary for precise observations. Research methods should be developed and improved.

Geomagnetic field parameters in Lithuania were determined more than 60 years ago. Secular variations of geomagnetic field parameters were not investigated therefore such research is important to be performed.

Aim and tasks of the work. Determination of geomagnetic field parameters and their variation on territory of Lithuania. Tasks to be solved:

- Evaluation of exploration of Lithuanian territory geomagnetic field;
- Research of periodical geomagnetic field variations;
- Improvement of methods of determination of geomagnetic field parameters and their variation;
- Determination of parameters of geomagnetic field and their variation in Lithuanian territory;
- Examination of possibilities of geomagnetic observatories usage for reduction of geomagnetic field parameters determined in Lithuanian territory;
- Improvement of method of astronomic meridian used for the geomagnetic observations determination;
- Updating of magnetic declination map for the Lithuanian territory;
- Evaluation of World Magnetic Model accuracy in the Lithuanian territory.

Research object. Geomagnetic field in the Lithuanian territory.

Methodology of research. Theoretical and experimental research. Mathematical, statistical, harmonic and comparative analysis of geomagnetic field parameters and their variation. Observation data obtained by ground based methods and results of continuous observations of geomagnetic parameters at the geomagnetic observatories were used.

Scientific novelty of the research work. Method of geomagnetic field parameters and their variation determination was improved. Values of geomagnetic field parameters in Lithuania and their secular variations were determined. Map of magnetic declination in the Lithuanian territory was updated. Errors of World Magnetic Model (WMM) in the Lithuanian territory were determined.

Practical value. Geomagnetic field parameters, their variation regularities for the Lithuanian territory could be used for creation of navigation and special purpose maps, update and improvement of geomagnetic field models and maps, and interpretation of geophysical and geodynamical processes.

Defended propositions

- Method of geomagnetic field parameters determination, results of geomagnetic field parameters determination in the Lithuanian territory and their secular variation evaluation.
- Improvement of method of astronomic meridian used for the geomagnetic observations determination.
- Update of magnetic declination map for the Lithuanian territory and estimation of World Magnetic Model accuracy.

Approval of the research work. Author has published in 11 scientific publications. Results of research were presented and discussed in the 8 international and 7 national scientific conferences.

The scope of the scientific work. Dissertation consists of introduction, five chapters, conclusions and suggestions, references (143 sources), list of authors scientific publications, and annex of 16 pages. Volume of the dissertation is 137 pages. There are 65 pictures and 83 tables in the dissertation.

THE CONTENT OF THE DISSERTATION

Chapter 1. Problems of geomagnetic field parameters and determination of their variation. Scientific publications analysing geomagnetic field parameters and their determination problems are overviewed in this chapter. Present situation in the field of geomagnetic research abroad was analysed and status of such research in Lithuania was estimated in relation to foreign achievements. Whole territory of Lithuania was covered by geomagnetic survey more than 60 years ago. Secular variation of geomagnetic field parameters were not researched at all. It is important to analyse well the reasons of geomagnetic field variations, observation methods and practical usage of results before start of a new research. All these questions are analysed in this chapter. Main research tasks are described at the end of chapter and their solutions are presented in the other chapters of dissertation.

Chapter 2. Analysis of short time variations of Earth magnetic field and the results of research. For determination of geomagnetic field parameters and their secular variations as well as for improvement methods of determination is important to analyse other possible changes of geomagnetic field and estimate these in the right way in research of geomagnetic field. Data of geomagnetic observatory in Belsk which is close to Lithuania is used for analysis of geomagnetic field variations. By analysing mean daily values of geomagnetic

parameters X , Y and Z variations during the year was determined that during stormy period values of parameters are deflecting respectively from mean annual values up to: 126 nT, 64 nT and 54 nT. Longest storm was lasting 11 days during the time span researched. It has been noted that storms for all geomagnetic field parameters happen almost at the same time. It should be taken into account when geomagnetic field parameter observations are organized and status of geomagnetic field should be observed during whole period of observations. It is important to avoid geomagnetic storms during observation period, because observation data will be distorted by storm. It is also recommended to have communication line with geomagnetic observatory during the observations and continue tracking status of geomagnetic field. If time of observations is well selected, large errors of observations and reductions can be avoided.

Daily variation analysis of parameters X , Y and Z based on data of Belsk observatory was performed. It was determined that all parameters vary periodically during the day but amplitude of variation and range varies during different seasons of the year. Daily range of parameter variation values are presented in the Table 1. They are computed from mean hourly parameter values of corresponding periods. Seasons cover following periods: winter: December 22nd – March 21st ; spring: March 21st – June 22nd ; summer: June 22nd – September 23rd and autumn: September 23rd – December 22nd.

Table 1. Range of parameter daily variation during different seasons of the year

Season	$X_{\max}-X_{\min}$ nT	$Y_{\max}-Y_{\min}$ nT	$Z_{\max}-Z_{\min}$ nT
Winter	14	30	14
Spring	25	56	26
Summer	34	53	24
Autumn	19	31	13

It can be seen from the table that range of Y and Z parameters variation during the day is largest in the spring, X parameter – in the summer. Smallest range of parameters variation is during winter for X and Y parameters, and during autumn for Z parameter.

Variations of Sun can be distinguished from geomagnetic field parameters variation rhythm. That is geomagnetic field parameters variation during the day of Sun. Most attention in the performed research was paid to the Sun's effect as largest periodical variation of geomagnetic field. Data were processed by methods of statistic and harmonic analysis for research of geomagnetic field parameters periodic variation features. Research of geomagnetic field parameters D , I and F periodic daily variation due to Sun's influence was

performed. Data of Hel geomagnetic observatory, situated in the latitude similar to Lithuania, during the periods of winter and summer solstice were used. Data was approximated using third order Fourier coefficients. After analysis of obtained curves was noticed, that during the summer solstice period, when Sun declination has largest positive value all geomagnetic field parameters vary in larger ranges. Daily variations during summer solstice period are: D in the range of 10.6', $I - 1.4'$ and $F - 30$ nT. Parameters of winter solstice varied in ranges: $D - 3.5'$, $I - 1.1'$ and $F - 8$ nT.

Sun's effect at the same local solar time moments at the different stations located on the same parallel should be similar. Observation data of Hel and Moscow geomagnetic observatories were taken for proving this statement and for testing Sun's daily effect estimation method. Summer solstice period was selected for the research and daily variations of D , I and F parameters were analysed. Coincidence of obtained approximated curves when data of observatories are without shift over the difference of longitudes and with shift over the difference of longitudes was investigated. After the research it was determined that curves coincide better, when shifted over the difference of longitudes.

Correlation coefficients were computed for statistical evaluation if data shifted over the difference of longitudes have less Sun's effects in observatories. Coefficients computed between parameters hourly values without shift over the difference of longitudes and when parameters are shifted. Values of correlation coefficients are presented in Table 2.

Table 2. Values of correlation coefficients with (without) shift over the difference of longitudes

Data	D	I	F
Without shift	0.91	0.92	0.94
With shift	0.98	0.99	0.99

It can be seen from the table that Moscow data shifted over the difference of longitudes much better correlate with data of Hel observatory. This proves that effect of Sun at the same true local Sun time moment is very similar to geomagnetic field parameters. Therefore curve of Sun's effect based on observatory data can be used at other station on the same parallel. If Sun's effect at repeat station is known, it is possible to improve accuracy of parameter differences determination between values measured at station and observatory. For this purpose Sun's effect should be eliminated from parameter values obtained at the point and observatory. This can be effective when number of

observations is small and point longitude differs much from longitude of observatory. Accuracy of data reduction can be improved in this way.

Chapter 3. Determination of geomagnetic field parameters in Lithuanian territory and estimation of their secular variation. Stations of geomagnetic field secular variation have been designed and established first time in Lithuania in 1999. Geomagnetic field parameters have been observed by VGTU Institute of Geodesy in collaboration with specialists of Institute of Geodesy and Cartography, Warsaw in 1999, 2001 and 2004. Author took part in all these observations. Method suggested by Institute of Geodesy and Cartography, Warsaw was used for observations. Author has analyzed this method and performed research on geomagnetic field parameter reduction possibilities. Best suiting observatory was selected for data reduction. Research on observation data of 1999 and 2001 was performed. Data were reduced as reference using observatories of Hel, Lovo, Nurmijarvi and Belsk. Values of parameters (D , I and F) determined in series at repeat stations were computed as well as differences of series between stations and observatories were computed. RMS errors of differences were computed and their evaluation proved that best suited for all parameters reduction is Belsk geomagnetic observatory.

Data of all observation cycles at repeat stations in Lithuania were reduced using as reference Belsk geomagnetic observatory. Programmes developed at Institute of Geodesy and Cartography of Poland were used for data processing. Data was reduced to 1999.5, 2001.5 and 2004.5 epochs.

Geomagnetic field parameter values at above mentioned epochs at Lithuanian repeat stations are presented in Tables 3 and 4.

Table 3. Mean annual values of geomagnetic parameters for 1999.5 and 2001.5 epochs

Repeat station	1999.5			2001.5		
	D ° ' "	I ° ' "	F nT	D ° ' "	I ° ' "	F nT
Žiežmariai	5 57 55	69 45 33	50498.5	6 09 32	69 47 03	50570.3
Dusetos	5 39 27	70 27 49	50975.1	5 50 22	70 28 58	51053.2
Parovėja	5 31 29	70 41 49	50070.1	5 42 45	70 43 47	50145.1
Šaukotas	4 04 51	70 18 06	49938.5	4 16 04	70 19 43	50013.0
Tryškiai	4 57 48	70 39 49	50207.1	5 09 09	70 41 53	50278.5
Šyliai	4 24 17	70 42 15	50815.0	4 36 16	70 44 00	50890.3

Table 4. Mean annual values of geomagnetic parameters for 2004.5 epoch

Repeat station	D ° ' "	I ° ' "	F nT
Žiezmariai	6 26 54	69 49 10	50690.4
Dusetos	6 07 37	70 31 06	51174.7
Parovėja	6 01 05	70 45 48	50267.2
Šaukotas	4 35 14	70 22 06	50126.8
Tryškiai	5 29 01	70 43 36	50397.2
Šyliai	4 55 54	70 45 40	51010.0

From last observation cycle results is possible to see that declination in Lithuanian repeat stations varies in the range from 4° 35' to 6° 27', inclination from 69° 49' to 70° 45', and geomagnetic induction from 50126 to 51174 nT.

Three observation cycles of geomagnetic field parameters were performed in Lithuania. Mean annual variation of parameters during periods of 1999.5–2001.5 and 2001.5–2004.5 was estimated and presented in Table 5.

Table 5. Mean annual variation of geomagnetic field parameters for the periods of 1999.5–2001.5 and 2001.5–2004.5

Repeat station	Mean annual variation					
	1999.5–2001.5			2001.5–2004.5		
	D ' "	I ' "	F nT	D ' "	I ' "	F nT
Žiezmariai	5 48	0 45	36	5 47	0 42	40
Dusetos	5 27	0 34	39	5 45	0 43	40
Parovėja	5 38	0 59	38	6 07	0 40	41
Šaukotas	5 36	0 48	37	6 23	0 48	38
Tryškiai	5 40	1 02	36	6 37	0 34	40
Šyliai	5 59	0 52	38	6 33	0 33	40

From table it is possible to see that largest annual variation value for declination was 6' 37", for inclination 1' 02" and geomagnetic induction 41 nT. Annual variation of declination decreased in 2001.5–2004.5 in relation to 1999.5–2001.5 in the South of the country but increased in the North. Inclination annual variation during the same periods increased in the East of the country but decreased in the West. Geomagnetic induction annual variation increased everywhere except of central part of the country. It has been noticed that annual variation values for all parameters changed more in the North West of the country.

Chapter 4. Research of determination possibilities of astronomic meridian used in geomagnetic observations. It is necessary to determine direction of astronomic meridian for research of geomagnetic field parameters

and their secular variation. Possibilities of astronomic meridian determination were investigated. Most attention was paid to the method of astronomic azimuth determination from Sun's hour angle, because this method is most often used in research of geomagnetic field. For astronomic meridian determination from Sun's hour angle and for reduction of errors effect it is necessary to determine allowable coefficient K values. Coefficient values express velocity of Sun's azimuth change.

$$K = \frac{15 \cos \delta \cos q}{\sin z}, \quad (1)$$

where δ – declination of the Sun, q – parallax angle, z – zenith distance of the Sun.

Value of coefficient K will decrease by increasing zenith distance of Sun and by performing observations when Sun is closer to horizon. K will decrease by increasing absolute value of Sun's declination. Coefficient K variation from Sunrise to Sunset at true Sun time m_o moments with different values of Sun's declination are presented in Fig 1.

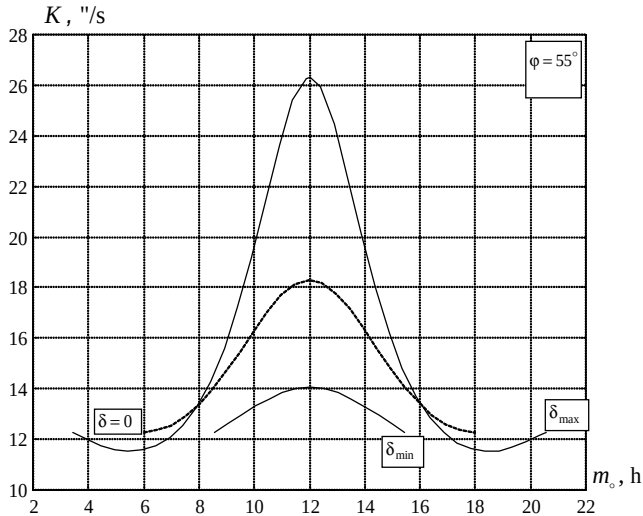


Fig 1. Daily variation of K coefficient

It is clear from the graph that curves of coefficient K values are symmetric true midday-wise. Therefore the best time for azimuth determination

is in the morning or evening, when coefficient values are smaller and zenith distance of Sun is large enough, but bellow 80° . Atmospheric fluctuations and sidelong refraction effect is increasing with larger zenith distance. With approaching winter solstice the uninterrupted observations can be performed even during midday, but total time suitable for observations is increasing when summer solstice is approaching. Latitude and Sun's declination errors influence can be reduced by selecting for observations symmetric Sun's positions meridian-wise.

Astronomic coordinates of the station of observations should be known for station astronomic azimuth of the direction determination. Astronomic coordinates can be computed from known geodetic coordinates and astronomic-geodetic vertical deflection from formulas:

$$\varphi = B + \xi, \quad (2)$$

$$\lambda = L + \frac{1}{15} \eta \sec \varphi, \quad (3)$$

where B – geodetic latitude; L – geodetic longitude, expressed in hourly units; ξ – astronomic-geodetic vertical deflection component at meridian; η – astronomic-geodetic vertical deflection component at first vertical.

When only geodetic coordinates of station are known for determination of astronomic azimuth of the direction the common theory of geodetic astronomy should be used.

Chapter 5. Updating of Lithuanian territory magnetic declination map and evaluation of World Magnetic Model accuracy. Declination map of 1940.5 epoch created by prof. K. Sleževičius for Lithuanian territory was updated by using data of neighbouring observatories. Based on neighbouring observatories data, the change of declination from 1940.5 epoch to 2000.5 epoch was computed. By adding computed declination change to the values of 1940.5 epoch map the updated map of declination was obtained. Errors of updated declination map at repeat stations are bellow 1° . Declination map of prof. K. Sleževičius was also updated by using data from new observation stations and four neighbouring observatories. Declination map updated to 2000.5 epoch is presented in Fig 2.

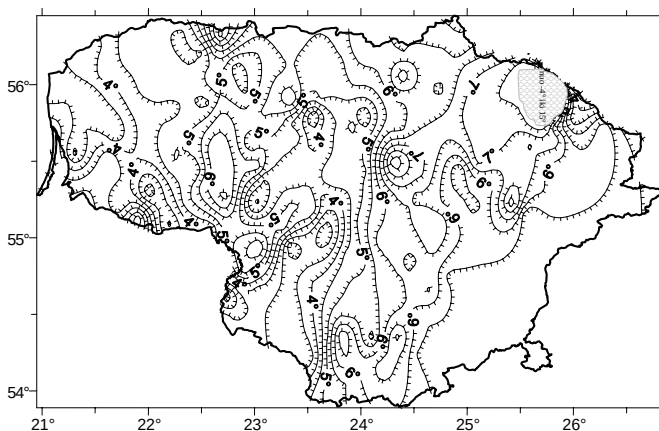


Fig 2. Updated declination map

Accuracy of World Magnetic Model WMM-00 in Lithuanian territory was examined. Errors of model WMM-00 were tested by two methods: by comparing declination values computed from model with values obtained at repeat stations and by comparing model values with values of updated map from 1940.5 epoch. Model errors at repeat stations were up to 1° . Differences between model WMM-00 and declination map of Sleževičius updated to 2000.5 epoch are illustrated in Fig 3.

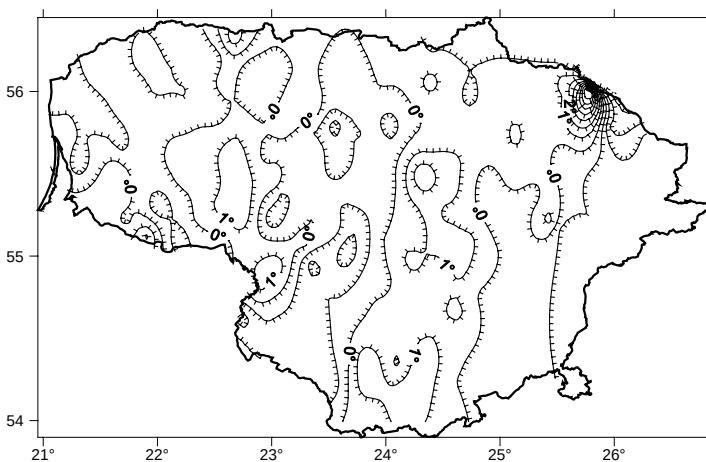


Fig 3. Map of differences between updated map of Sleževičius for epoch 2000.5 and the model

Model errors within the territory of Lithuania reach up to 1.5° as seen from Fig 3, but in the North East of the country up to 4° .

CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS

1. Analysis of geomagnetic field exploration in the Lithuanian territory was performed. Geomagnetic parameters for the Lithuanian territory were determined in 1940.
2. Estimation of geomagnetic storms effect on geomagnetic parameters variation was performed. It was determined that during storms the values of all parameters can deflect considerably from mean annual values. Considering this, it is important to organize geomagnetic field parameters observation in the right manner. It is advisable to observe status of geomagnetic field during observations, under the necessity interrupt or continue the observations.
3. Based on the data of geomagnetic observatories analysis of the geomagnetic field parameters X , Y and Z variation during the day in the latitudes similar to Lithuania was performed. It was determined that all parameters vary periodically during the day but amplitude of variation and range vary during different periods of the year. Range of Y and Z parameters variation during day is largest in spring (Y up to 56 nT, Z up to 26 nT), X parameter – in summer (up to 34 nT). Smallest range of X and Y parameters variation is in winter (X up to 14 nT, Y up to 30 nT), while Z parameter – in autumn (up to 13 nT).
4. By applying methods of statistical and harmonic analysis the method of Sun's daily effect to geomagnetic field parameters was analysed. Sun's effect versus Sun's declination angle was estimated. By knowing Sun's daily effect at repeat station and observatory is possible to improve accuracy of observation data reduction. This can be effective when small number of observations is performed and there is a larger longitude difference between point and observatory.
5. Magnetic declination, inclination and geomagnetic induction was determined at the Lithuania repeat stations for epochs of 1999.5, 2001.5 and 2004.5. Range of parameter values in Lithuanian territory: declination – $1^\circ 53'$, inclination – $58'$ and geomagnetic induction – 1048 nT. Errors of parameter determination for declination are bellow $1.6'$, for inclination – $0.7'$ and geomagnetic induction – 7 nT. Largest declination values are determined in Žiežmariai station, inclination – in Parovėja station and geomagnetic induction – in Dusetos station. Lowest values of

- declination and geomagnetic induction are in Šaukotas station, inclination–in Žiežmariai station.
6. Research of geomagnetic observatories suitability for reduction of geomagnetic observations data was performed. Based on this research Belsk geomagnetic observatory was determined as best suited for the reduction of Lithuanian observation data.
 7. Based on the geomagnetic field parameters observation data from periods 1999.5–2001.5 and 2001.5–2004.5 their annual variations were estimated. Largest values of annual variations of declination have reached 6' 37" (in Tryškiai station), inclination up to 1' 02" (in Tryškiai station) and geomagnetic induction up to 41 nT (in Parovėja station). Annual variations of declination in the Southern Lithuania decreased in 2001.5–2004.5 if compared with period 1999.5–2001.5, but in the Northern part increased. Annual variation of inclination during the same periods increased in the Eastern Lithuania and decreased in the Western Lithuania. Geomagnetic induction annual variation increased everywhere except of central part of the country. It was noticed that in Northern-western part of the country annual variation of all parameters have changed more.
 8. For determination of astronomic meridian direction from Sun hour angle and for reduction of all errors effect it is important to determine allowable coefficient K values by taking into account desirable accuracy of Sun's azimuth and error of hour angle. These values describe most suitable position of Sun for the observations. Zenith distance of Sun should be bellow 80° . Effect of latitude and Sun's declination errors could be reduced by selecting Sun's position symmetric on the sides of meridian. Accuracy of direction of astronomic meridian can be improved by applying this method, therefore magnetic declination accuracy will improve as well.
 9. It is desirable that instrument used for the astronomic azimuth determination should have a level on the trunnion axis and astronomic reticle. Trunnion axis inclination should be estimated by removable level when horizontal angle between selected direction and Sun is measured. Moment of Sun's passes should be fixed by accuracy of 0.1^s .
 10. By using data of neighbouring observatories the 1940.5 epoch map of declination created by prof. K. Sleževičius was updated. Declination errors of updated map at the repeat stations were bellow 1° . Map of declination created by prof. K. Sleževičius was updated by using new observation data at repeat stations and data of four neighbouring observatories.

11. Accuracy of World Magnetic Model WMM-00 for the Lithuanian territory was tested for the first time. Within the territory of Lithuania model errors reach up to 1.5°, but in the North East of the country up to 4°.
12. Observations at the Lithuanian repeat stations should be performed every 2 years. New survey of geomagnetic field should be made as well.

THE LIST OF SCIENTIFIC PUBLICATIONS

MOKSLINIŲ PUBLIKACIJŲ DISERTACIJOS TEMA SĄRAŠAS

In the Reviewed Scientific Journals:

1. Sas-Uhrynowski, A.; Mroczek, S.; Abromavicius, R.; Obuchowski, R. Investigations of the magnetic field over the territory of Lithuania. *Geodesy and Cartography* (Geodezija ir kartografija), Vol XXVIII, No 3, Vilnius: Technika, 2002, p. 88–94. ISSN 1392-1541.
2. Sas-Uhrynowski, A.; Mroczek, S.; Sas, A.; Petroškevičius, P.; Obuchowski, R.; Rimkus, D. Establishment of Lithuanian gravimetric first order network. *Geodesy and Cartography* (Geodezija ir kartografija), Vol XXVIII, No 3, Vilnius: Technika, 2002, p. 75–82. ISSN 1392-1541.
3. Welker, E.; Sas-Uhrynowski, A.; Obuchowski, R. Changes of magnetic declination in the period of 1941–2000 at the former Eastern Polish and near-by territories. *Geodesy and Cartography* (Geodezija ir kartografija), Vol XXIX, No 4, Vilnius: Technika, 2003, p. 106–114 (in Lithuanian). ISSN 1392-1541.
4. Obuchowski, R. Research on WMM-00 geomagnetic field model accuracy in Lithuania. *Geodesy and Cartography* (Geodezija ir kartografija), Vol XXX, No 1. Vilnius: Technika, 2004, p. 14–21 (in Lithuanian). ISSN 1392-1541.
5. Petroškevičius, P.; Obuchowski, R. Investigation of possibilities for astronomical meridian determination by the hour angle of the Sun. *Geodesy and Cartography* (Geodezija ir kartografija), Vol XXXII, No 1. Vilnius: Technika, 2006, p. 23–28 (in Lithuanian). ISSN 1392-1541.

In Proceedings and Theses of International and Lithuanian Conferences:

6. Jucevičiūtė, V.; Kumetaitis, Z.; Šleiteris, E.; Būga, A.; Obuchowski, R.; Paršeliūnas, E. K.; Petroškevičius, P.; Putrimas, R. Trends of development of the Lithuanian national geodetic control. In: *Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie: Report on the Symposium of*

- the IAG Subcommittee for Europe (EUREF) held in Ponta Delgada, Euref Publication No 12, Band 29, 2003, p. 273–281. ISSN 1436-3445.
7. Obuchovski, R.; Petroškevičius, P. Investigation of the geomagnetic field changes. In: Proceedings of the VII conference of Lithuanian Young Scientists “Lithuania without science – Lithuania without future”, held in Vilnius on 25 March, 2004. Environmental protection engineering. Vilnius:Technika, 2004, p. 284–290 (in Lithuanian). ISBN 9986-05-755-8.
 8. Kowalik, B.; Obuchovski, R. Investigation of geomagnetic field on the Lithuanian territory. In: The 6-th International Conference “Environmental Engineering” Selected Papers, Vol 2, Vilnius: Technika, 2005, p. 908–912. ISBN 9986-05-851-1.
 9. Paršeliūnas, E.; Viskontas, P.; Grigas, M.; Obuchovski, R.; Kolosovskis, R.; Baronas, T. Technical equipment and software of European sea level service site Klaipėda. In: The 6-th International Conference “Environmental Engineering” Selected Papers, Vol 2, Vilnius: Technika, 2005, p. 964–968. ISBN 9986-05-851-1.
 10. Petroškevičius, P.; Putrimas, R.; Krikštaponis, B.; Būga, A.; Neseckas, A.; Obuchovski, R.; Stepanovienė, J.; Tumelienė, E.; Viskontas, P.; Zigmantienė, E. Analysis of normal height differences determination in Lithuanian National Geodetic Vertical Network. In: The 6-th International Conference “Environmental Engineering” Selected Papers, Vol 2, Vilnius: Technika, 2005, p. 975–984. ISBN 9986-05-851-1.
 11. Paršeliūnas, E.; Viskontas, P.; Grigas, M.; Obuchovski, R.; Marozas, L. Measurement Techniques of a European Sea Level Service Site in Klaipėda. In: Solid State Phenomena. Mechatronic Systems and Materials. 2006, p. 483–488 (*in ISI Master Journal List*). ISSN 1012-0394.

Romuald Obuchovski

Bachelor degree in Geodesy, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU), 2000. Master of Science in Measurement Engineering, VGTU, 2002. In 2002–2006 – PhD student of VGTU. At present – Engineer at Institute of Geodesy of VGTU.

Acknowledgements

The author would like to thank his supervisor Prof Habil Dr P. Petroškevičius for valuable scientific advices and comments during the dissertation preparation.

The author would like to thank personnel of Institute of Geodesy and Cartography in Warsaw for the possible visiting stays and help in quality geomagnetic research.

The author expresses gratitude for the staff of Institute of Geodesy and Department of Geodesy and Cadastre for the useful advices during dissertation preparation.

LIETUVOS TERITORIJOS GEOMAGNETINIO LAUKO PARAMETRŲ IR JŲ KITIMO NUSTATYMAS

Santrauka

Darbo aktualumas. Geomagnetinio lauko parametrų nustatymas ir jų variacijų tyrimas yra aktuali ir sudėtinga Žemės mokslų problema, susijusi su gamtinės fizikinės sistemos – dabartinių geofizinių bei geodinaminių procesų – išorinių būvio parametrų pažinimu. Geomagnetinio lauko variacijos yra vykstantis procesas, skirtinguose Žemės paviršiaus taškuose pasireiškiantis nevienodai ir jį įmanoma nustatyti tiksliais matavimais. Vienas pagrindinių metodų – tikslūs pakartotini geomagnetinio lauko parametrų matavimai amžių variacijų tyrimo punktuose. Norint nustatyti tam tikros epochos geomagnetinio lauko parametrus, būtina detali informacija apie geomagnetinį lauką ir jo kitimą.

Geomagnetinio lauko tyrimų duomenys panaudojami įvairiems teoriniams ir praktiniams uždaviniams spręsti. Jie svarbūs sprendžiant navigacijos, geofizikos, geodinamikos, naudingųjų iškasenų paieškų uždavinius. Pagal NATO ir ICAO (angl. International Civil Aviation Organization) reikalavimus geomagnetinio lauko parametrai pateikiami topografiniuose ir oro uostų navigaciniuose žemėlapiuose. Geodezijoje orientavimui kartais naudojamas kompasas ar busolė, kada jų rodyklė orientuojasi pagal geomagnetinio lauko linijas. Krypčiai nustatyti šiuo atveju reikalinga žinoti geomagnetinę deklinaciją. Deklinacijų vertės bei jų metinis pakitimas pateikiami topografiniuose žemėlapiuose. Naudingųjų iškasenų paieškai naudingi tiek gravimetriniai tiek geomagnetiniai duomenys. Išmatuotas sunkio pagreitis bei geomagnetinė indukcija (įmagnetinimas) padeda nustatyti naudingųjų iškasenų klodus ir jų gylį. Geomagnetinio lauko duomenys naudingi ir geodinaminiais tyrimams, kada Žemės plutos judesiai siejami su Žemės viduje vykstančiais procesais. Visiems šiems darbams reikalinga tiksli pastoviai atnaujinama informacija apie geomagnetinio lauko parametrus bei jų kitimą – amžių variacijas.

Per paskutiniuosius dešimtmečius geomagnetinio lauko parametrų ir jų pokyčio laike nustatymas susilaukė didelio įvairių sričių gamtos ir technikos mokslų (geofizikų, geologų, geodezininkų) specialistų susidomėjimo ir aktyvaus bendradarbiavimo. Kadangi geomagnetinio lauko amžių variacijos yra lėtai vykstantis gamtinis procesas, kokybiškų tyrimų rezultatų sukaupia nedaug ir šiuo metu atliekamų tikslių matavimų rezultatai bus vertingi analizuojant geomagnetinio lauko ilgalaikį pokytį. Tikslėjant matavimams reikalingi nauji teoriniai ir praktiniai tyrimai. Būtina kurti bei tobulinti tyrimų metodiką.

Lietuvos teritorijoje geomagnetinio lauko parametrai nustatyti daugiau kaip prieš 60 metų. Geomagnetinio lauko parametrų amžių variacijos nebuvo tirtos, todėl svarbu tokius tyrimus atlikti.

Mokslinių tyrimų tikslas. Nustatyti Lietuvos teritorijos geomagnetinio lauko parametrus ir jų kitimą. Sprendžiami šie uždaviniai:

- Įvertinti Lietuvos teritorijos geomagnetinio lauko ištirtumą;
- Atlikti periodinių geomagnetinio lauko variacijų tyrimą;
- Patobulinti geomagnetinio lauko parametrų ir jų kitimo nustatymo metodiką;
- Atlikti geomagnetinio lauko Lietuvos teritorijoje parametrų nustatymą ir jų variacijų tyrimus;
- Ištirti geomagnetinių observatorijų panaudojimo Lietuvos teritorijoje gautiems geomagnetinio lauko parametrų matavimo duomenims redukuoti galimybes;
- Patikslinti geomagnetiniuose matavimuose naudojamo astronominio dienovidinio nustatymo metodiką;
- Atnaujinti Lietuvos teritorijos magnetinės deklinacijos žemėlapi;
- Įvertinti pasaulinio geomagnetinio lauko modelio tikslumą Lietuvos teritorijoje.

Tyrimų objektas. Lietuvos teritorijos geomagnetinis laukas.

Tyrimų metodika. Teoriniai ir eksperimentiniai tyrimai. Geomagnetinio lauko parametrų ir jų kitimo matematinė, statistinė, harmoninė ir palyginamoji analizė. Tyrimams naudojami antžeminiais metodais gauti matavimų duomenys ir geomagnetinėse observatorijose ištisiniai geomagnetinių parametrų matavimų rezultatai.

Mokslinis darbo naujumas. Patobulinta geomagnetinio lauko parametrų bei jų kitimo nustatymo metodika. Lietuvos teritorijoje nustatytos geomagnetinio lauko parametrų vertės bei jų amžių variacijos. Atnaujintas Lietuvos teritorijos magnetinės deklinacijos žemėlapis. Pirmą kartą nustatytos pasaulinio geomagnetinio lauko modelio WMM paklaidos Lietuvos teritorijoje.

Praktinė vertė. Nustatyti Lietuvos teritorijos geomagnetinio lauko parametrai ir jų kitimų dėsningumai gali būti panaudoti sudarant navigacinius bei kitus specialios paskirties žemėlapius, atnaujinant ir patikslinant geomagnetinio lauko modelius bei žemėlapius, interpretuojant geofizinius bei geodinaminius procesus.

Ginamieji teiginiai

- Geomagnetinio lauko parametrų nustatymo metodika, Lietuvos teritorijoje parametrų nustatymo ir jų amžių variacijų tyrimų rezultatai.
- Geomagnetiniuose matavimuose naudojamo astronominio dienovidinio nustatymo metodikos patobulinimas.
- Lietuvos teritorijos magnetinės deklinacijos žemėlapių atnaujinimas ir pasaulinio geomagnetinio modelio tikslumo įvertinimas.

Darbo aprobavimas. Autoriaus mokslinių publikacijų sąrašą sudaro 11 straipsnių. Tyrimų rezultatai pristatyti ir aptarti 8 tarptautinėse ir 7 respublikinėse mokslinėse konferencijose.

Darbo apimtis. Darbą sudaro įvadas, penki skyriai, darbo rezultatų apibendrinimas ir rekomendacijos, 143 pavadinimų literatūros šaltinių sąrašas, autoriaus skelbtų publikacijų sąrašas, 16 puslapių priedas. Bendra darbo apimtis – 137 puslapiai. Darbe yra 65 paveikslai ir 83 lentelės.

Įvade pagrįstas nagrinėjamų problemų aktualumas, suformuluotas darbo tikslas, aprašyti tyrimų metodai, mokslinis naujumas, aptarta praktinė darbo reikšmė.

Pirmajame skyriuje analizuotos mokslo publikacijos, kurios liečia geomagnetinio lauko parametrų ir jų kitimo nustatymo problemas. Išanalizavus Lietuvoje darytus geomagnetinio lauko tyrimus ir įvertinus jų lygį kitų šalių atžvilgiu, buvo patikslinti pagrindiniai darbo uždaviniai, kurie sprendžiami kituose darbo skyriuose.

Antrajame skyriuje panaudojant geomagnetinių observatorių duomenis išnagrinėti trumpalaikiai geomagnetinio lauko parametrų kitimai. Pasiūlyta ir pratestuota Saulės poveikio geomagnetiniam laukui įvertinimo metodika, kurią tikslinga naudoti siekiant padidinti duomenų redukavimo tikslumą.

Trečiajame skyriuje pristatyti naujausi Lietuvoje atlikti geomagnetinio lauko parametrų amžių variacijų tyrimai ir jų rezultatai. Atlikti duomenų redukavimo galimybių tyrimai, kuriais remiantis parinkta tinkamiausia observatorija duomenims redukuoti.

Ketvirtajame skyriuje išnagrinėtos astronominio dienovidinio, būtino geomagnetinio lauko tyrimuose, nustatymo galimybės. Daugiausia dėmesio skirta astronominio azimuto, nustatomo pagal Saulės valandinį kampą metodui. Ištirtos geriausios matavimų sąlygos, kurių tikslinga prisilaikyti siekiant kuo tiksliau nustatyti astronominį azimutą.

Penktajame skyriuje išanalizuoti deklinacijos žemėlapių atnaujinimo metodai. Atnaujintas 1940 m. deklinacijos žemėlapis bei įvertintas Lietuvos teritorijoje pasaulinio geomagnetinio lauko modelio tikslumas.

DARBO REZULTATŲ APIBENDRINIMAS IR REKOMENDACIJOS

1. Atlikta Lietuvos teritorijos geomagnetinio lauko ištirtumo analizė. Geomagnetiniai parametrai visoje teritorijoje, vykdant magnetinę nuotrauką, buvo nustatyti 1940 metais.
2. Atliktas geomagnetinių audrų, galimų Lietuvos teritorijoje, įtakos geomagnetinių parametru kitimui įvertinimas. Nustatyta, kad audros metu visų parametru vertės gali žymiai nukrypti nuo vidutinių metinių verčių. Atsižvelgiant į tai svarbu tinkamai organizuoti geomagnetinio lauko parametru matavimų, matavimų metu tikslinga stebėti geomagnetinio lauko būklę, esant reikalui, juos nutraukti arba pratęsti.
3. Remiantis geomagnetinių observatorių duomenimis atlikta geomagnetinio lauko parametru X , Y ir Z kitimo per parą, platumose artimose Lietuvai, analizė. Nustatyta, kad visi parametrai per parą kinta periodiškai, tačiau skirtingais metų laikais kitimo amplitudė ir diapazonas yra nevienodas. Y ir Z parametru paros kitimo diapazonas didžiausias yra pavasarį (Y iki 56 nT, Z iki 26 nT), X parametro – vasarą (iki 34 nT). X ir Y parametru mažiausias kitimo diapazonas yra žiemą (X iki 14 nT, Y iki 30 nT), o Z parametro – rudenį (iki 13 nT).
4. Taikant statistinį ir harmoninės analizės metodus išnagrinėta metodika Saulės per parą poveikiui į geomagnetinio lauko parametrus įvertinti. Įvertinta Saulės poveikio priklausomybė nuo Saulės deklinacijos. Žinant Saulės poveikį per parą geomagnetinių matavimų punkte ir observatorijoje, galima padidinti matavimo duomenų redukavimo tikslumą. Pasiūlyta metodika gali būti efektyvi kai atliekama mažai matavimų ir kai yra didesnis punkto ir observatorijos ilgumų skirtumas.
5. Lietuvos teritorijoje pirmą kartą įrengtuose geomagnetinio lauko amžių variacijų tyrimo punktuose 1999,5 m., 2001,5 m. ir 2004,5 m. epochoms nustatyta magnetinė deklinacija, inklinacija ir geomagnetinė indukcija. Parametru nustatymo paklaidos deklinacijai neviršija 1,6', inklinacijai – 0,7' ir geomagnetinės indukcijai – 7 nT. Parametru verčių diapazonas

- amžių variacijų tyrimo punktuose deklinacijos yra $1^{\circ}53'$, inklinacijos $58'$ ir geomagnetinės indukcijos 1048 nT. Didžiausios deklinacijos vertės yra Žiežmarių punkte, inklinacijos – Parovėjos punkte o geomagnetinės indukcijos – Dusetų punkte. Mažiausios deklinacijos ir geomagnetinės indukcijos vertės yra Šaukoto punkte, inklinacijos – Žiežmarių punkte.
6. Atlikus geomagnetinių observatorių tinkamumo geomagnetinių matavimo duomenims redukuoti tyrimus nustatyta, kad Lietuvos teritorijoje atliktų matavimų duomenims redukuoti geriausiai tinka Belsko geomagnetinė observatorija.
 7. Remiantis geomagnetinio lauko parametrų matavimo duomenimis 1999,5–2001,5 m. ir 2001,5–2004,5 m. laikotarpiuose, įvertintas jų metinis pakitimas. Didžiausios metinių pakitimų vertės deklinacijai siekė iki $6' 37''$ (Tryškių punkte), inklinacijai – iki $1' 02''$ (Tryškių punkte) ir geomagnetinei indukcijai – iki 41 nT (Parovėjos punkte). Pietinėje šalies dalyje 2001,5–2004,5 m. laikotarpyje deklinacijos metinis pakitimas lyginant su 1999,5–2001,5 m. laikotarpiu sumažėjo, šiaurinėje dalyje padidėjo. Inklinacijos metinis pakitimas lyginant tuos pačius laikotarpius rytinėje dalyje padidėjo, vakarinėje – sumažėjo, o geomagnetinės indukcijos visur išskyrus centrinę šalies dalį metinis pakitimas padidėjo. Pastebėta, kad šiaurės–vakarinėje šalies dalyje visų parametrų metinis pakitimas buvo didesnis.
 8. Nustatant astronominio dienovidinio kryptį pagal Saulės valandinį kampą ir siekiant sumažinti visų paklaidų įtaką, pirmiausia reikia, atsižvelgiant į norimą gauti Saulės azimuto tikslumą ir valandinio kampo paklaidą, nusistatyti leistinas koeficiento K vertes. Šios vertės apibrėžia tinkamiausias matavimams Saulės padėtis. Matavimų metu Saulės zenitinis nuotolis neturi viršyti 80° . Platumos ir Saulės deklinacijos paklaidų įtaką galima sumažinti pasirenkant matavimams dienovidiniui simetriškas Saulės padėtis. Taikant šią metodiką būtų galima tiksliau nustatyti astronominio dienovidinio kryptį, o tuo pačiu padidinti ir magnetinės deklinacijos tikslumą.
 9. Pageidautina, kad prietaisas, naudojamas astronominiam dienovidiniui nustatyti, turėtų gulsčiuką, uždedamą ant horizontaliosios ašies, ir astronominį siūlelių tinklėlį. Matuojant horizontalųjį kampą tarp pasirinktos krypties ir Saulės, uždedamuoju gulsčiuku reikia įvertinti prietaiso horizontaliosios ašies posvirį. Saulės perėjimų momentus reikia fiksuoti ne mažesniu kaip 0,1 sekundės tikslumu.
 10. Naudojant kaimyninių observatorių duomenis atnaujintas 1940,5 m. epochos prof. K. Sleževičiaus deklinacijos žemėlapis. Atnaujinto žemėlapio deklinacijos paklaidos amžių variacijų tyrimo punktuose

neviršija 1°. Prof. K. Sleževičiaus deklinacijos žemėlapis taip pat atnaujintas panaudojant naujų matavimų punktuose duomenis ir keturių kaimyninių observatorių duomenis.

11. Pirmą kartą įvertintas pasaulinio WMM-00 geomagnetinio lauko modelio Lietuvos teritorijoje tikslumas. Nustatyta, kad modelio paklaidos šiaurės rytinėje Lietuvos dalyje siekia iki 4°. Kitose vietose modelio klaidos siekia iki 1,5°.
12. Matavimus Lietuvos geomagnetinio lauko amžių variacijų tyrimo punktuose reikia kartoti kas 2 metus. Taip pat tikslinga atlikti naują visos teritorijos geomagnetinio lauko nuotrauką. Lietuvos teritorijos geomagnetinio lauko parametrų ir jų kitimo nustatymo tikslumą padidintų naujai įsteigta Lietuvoje geomagnetinė observatorija.

Romuald Obuchovski

2000 m. įgijo geodezijos bakalauro laipsnį Vilniaus Gedimino technikos universitete (VGTU). 2002 m. įgijo matavimų inžinerijos mokslo magistro laipsnį. 2002–2006 m. – VGTU doktorantas. Šiuo metu dirba VGTU Geodezijos institute.

Padėkos

Autorius širdingai dėkoja darbo vadovui prof. habil. dr. P. Petroškevičiui už suteiktus vertingus mokslinius patarimus bei pastabas rengiant disertaciją.

Autorius dėkoja Varšuvos Geodezijos ir kartografijos institutui už suteiktą galimybę stažuotis ir pagalbą atliekant geomagnetinius tyrimus.

Autorius dėkoja Geodezijos instituto bei Geodezijos ir kadastro katedros darbuotojams, kurie teikė naudingus patarimus disertacijos rengimo metu.

Romuald Obuchovski

**DETERMINATION OF GEOMAGNETIC FIELD PARAMETERS AND
THEIR VARIATION IN THE TERRITORY OF LITHUANIA**

Summary of Doctoral Dissertation

Technological Sciences. Measurement Engineering (10T)

Romuald Obuchovski

**LIETUVOS TERITORIJOS GEOMAGNETINIO LAUKO
PARAMETRŲ IR JŲ KITIMO NUSTATYMAS**

Daktaro disertacijos santrauka

Technologijos mokslai. Matavimų inžinerija (10T)

2006 09 20. 1,5 sp. l. Tiražas 100 egz.

Leido Vilniaus Gedimino technikos universiteto

leidykla „Technika“. Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius-40

Spausdino UAB „Biznio mašinų kompanija“, Gedimino pr. 60,

LT-01110 Vilnius