

GILUMINĖS ŽEMĖS GELMIŲ SANDAROS TYRIMAI

Lietuvos seismologinis monitoringas 1999–2005 metais

A. Pačesa, *Lietuvos geologijos tarnyba*

1999 metais Ignalinos atominėje elektrinėje (AE) buvo įrengta seisminio aliarmo ir ją papildanti seisminio monitoringo sistemos (SAS ir SMS). Lietuvos geologijos tarnyba (LGT) prisiėmė vykdyti Ignalinos AE SMS registruotų duomenų kaupimo, apdorojimo, saugojimo ir analizavimo darbus – pradėtas Lietuvos seismologinio monitoringo projektas.

LGT Ignalinos AE SMS registruoti seismologiniai duomenys buvo apdorojami naudojantis SEISAN programų paketais. Įprasta seisminių duomenų apdorojimo seka buvo tokia: seismogramų peržiūrėjimas ir seisminių įvykių identifikavimas, seisminių bangų atsiradimo seisminėse stotyse laiko nustatymas, amplitudžių matavimas, įvykio epicentru koordinatų ir magnitudžių skaičiavimas ir įvykio parametrų, apskaičiuotų kituose seismologijos centruose, radimas.

Vykdam seismologinio monitoringo projektą rengti kasmetiniai seismologiniai biuletiniai, kuriuose buvo pateikiami Ignalinos AE seisminių stočių duomenys, apžvelgiami ir analizuojami NORSAR (Norvegija) bei Helsinkio universiteto (HU) Seismologijos instituto (Suomija) katalogai, kiti tais metais gauti rezultatai. Galutinių biuletinių kopijos buvo siunčiamos į Tarptautinį seismologijos centrą, išsikūrusį Jungtinėje Karalystėje ir sudarinėjantį bene patį išsamiausią seisminių įvykių katalogą. Projekto vykdytojai seismologinio monitoringo darbus ir tarpinius rezultatus pristatė keliuose mokslinėse konferencijose, buvo keturių publikacijų, išspausdintų Lietuvos periodiniuose leidiniuose, autoriai ar bendraautoriai. LGT interneto svetainėje rengtas atskiras tinklalapis, pateikiantis galutinius Ignalinos AE seisminių stočių biuletinius ir trumpai pristatantis Lietuvos seismologinę situaciją bei darbus, susijusius su seismologiniu monitoringu (www.lgt.lt/seismo).

2004 metais Kaliningrado srityje įvykus galintiems žemės drebėjimams, gana daug laiko ir pastangų buvo skirta rinkti ir apdoroti šio itin reto reiškinio makroseisminius duomenis bei jų analizei.

Seismological monitoring in Lithuania during the period of 1999–2005

Seismic Alert System (SAS) and supplementary Seismic Monitoring System (SMS) were installed at the Ignalina Nuclear Power Plant (INPP) in 1999. At the same time, the Geological Survey of Lithuania took responsibility to process, analyse and store seismological data of SMS and a project of seismological monitoring was started here.

The processed data of SMS, overviews of seismological bulletins of NORSAR and Seismological institute of Helsinki University (HU) related to Lithuania and some other results were presented in the annual seismological bulletins of Lithuania and internal reports. Some activities and transitional results of the project have been presented at a few seminars and four papers have been published in local journals. A special web page of seismological monitoring (www.lgt.lt/seismo) was introduced in the web site of LGT. Copies of the seismological bulletins were sent to ISC regularly.

Two earthquakes of moderate size shocked Kaliningrad enclave on September 21, 2004. Earth trembling was felt in a large part of the territory of Lithuania. Efforts were put to collecting and processing of macroseismological data. Results of this macroseismic investigation were presented in the final report of the project and in a local journal "Geologijos akiračiai". The strongest earth trembling, evaluated to intensity IV–V, was produced by the second Kaliningrad event in the western and southern parts of Lithuania while just a few people experienced any effects in the north-eastern part of the country (intensity I–II). Intensities IV–V were assigned to Klaipėda, Palanga and Kretinga, III–IV – to Kaunas and Šiauliai, III – to Vilnius for the second shock. The intensities of the first shock were lower by one point in most locations.

Pirminiai šio tyrimo rezultatai publikuoti „Geologijos akiračiuose“ (A. Pačėsa ir kt., 2005), o galutiniai ir išsamesni rezultatai pateikti galutinėje projekto ataskaitoje. Didžiausio intensyvumo žemės virpesiai užfiksuoti arčiausiai epicentro – Lietuvos vakarinėje ir pietvakarinėje dalyje. Antrojo (stipriausio) Kaliningrado žemės drebėjimo bangos Klaipėdoje, Palangoje, Kretingoje, taip pat pietų Lietuvoje esančiose Kalvarijose sukėlė IV–V balų virpesius. Virpesių intensyvumas Vilniuje ir Panevėžyje vertintinas III, Kaune ir Šiauliuose – III–IV, Alytuje – IV balais, o Šiaurės rytiniuose rajonuose seisminės bangos retai kas pajautė – I–II balai. Pačiame vakariniame Lietuvos pakraštyje panašaus intensyvumo virpesius sukėlė ir pirmasis drebėjimas, tačiau daugelyje kitų vietų virpesiai buvo maždaug vienu balu mažesni.

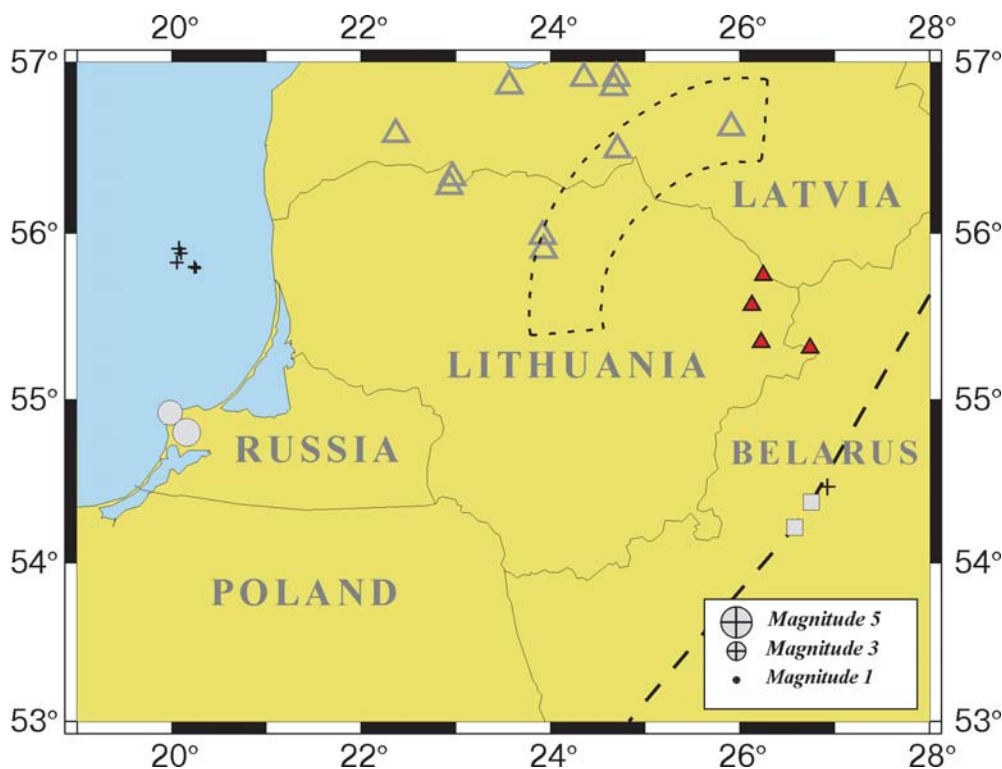
Pusšesėtų metų vykdytas seismologinio monitoringo projektas patvirtino ankstesnę nuomonę, kad Lietuvos ir greta esančios teritorijos yra mažai seismiškai aktyvios. Šiuo laikotarpiu Ignalinos AE SMS užfiksavo tik keletą vietinių seisminių įvykių (1 pav.). 2000 m. birželio 8 d. užfiksuotas vienas iš geofizinio profilio CELEBRATION 2000 sprogdinimų (2001 m. Lietuvos seismologinis biuletenis). 2001 m. rugsėjo 4 d. ISAL stotis užfiksavo seisminį įvykį, kurio seisminio signalo forma atitinka tektoninių įvykių signalus (2001 m. Lietuvos seismologinis biuletenis). Sutrikus IZAR ir IIGN stočių darbui, šis įvykis jose neužfiksuotas ir nustatytas tik apytikslis atstumas nuo ISAL iki įvykio epicentro, labai apytiksli epicentro buvimo zona (1 pav.) ir įvykio magnitudė $M_I = 2,1$. Šio įvykio neužfiksavo nė viena seisminė stotis gretimose valstybėse ar Skandinavijoje, ir todėl jo prigimtis bei lokalizacija nėra patikimai apibrėžti. 2002 m. gruodžio 18 d. Ignalinos AE SMS užfiksavo $M_I = 3,6$ magnitudės tektoninį įvykį, kurio epicentras buvo Baltijos jūroje, piečiau Gotlando salos (Švedija) (2002 m. Lietuvos seismologinis biuletenis). Atstumas nuo šio įvykio epicentro iki Ignalinos AE seisminių stočių buvo apie 500 km. 2004 m. rugsėjo 21 d. SMS užregistravo du stipriausius Kaliningrado srityje įvykusius žemės drebėjimus (2004 m. Lietuvos seismologinis biuletenis). 2005 m. gegužės 29–31 d. užfiksuoti šeši sprogdinimai, įvykdyti Baltijos jūroje senų sprogmenų naikinimo operacijos MCOPLIT-2005 metu (2005 m. Lietuvos seismologinis biuletenis).

Ignalinos AE SMS yra pritaikyta stebėti vietinius seisminius įvykius. Tačiau Ignalinos seisminės stotys kasmet užfiksuodavo beveik šimtą stiprių ($M > 5,0$) tolimų ir nuo kelių iki keliolikos regioninių seisminių įvykių. Siekiant patikslinti užfiksuotų įvykių koordinates, jie būdavo susiejami su įvykiais, pateiktais JAV Geologijos tarnybos (USGS) seismologiniame biuletenyje (<http://neic.usgs.gov>).

The data of seismological monitoring supported the idea of low seismic activity of Lithuania and adjacent territories. The seismic system of INPP (Fig. 1) and seismic networks of Finland and NORSAR (Fig. 2) registered just a few local tectonic events during the period of six years. Nevertheless, earthquakes with magnitudes above 5.0 can disturb long periods of quietness, as Kaliningrad seismic events have shown.

According to the seismic bulletins of NORSAR and HU, approximately 50 explosion events are registered on the territory of Lithuania and nearby areas every year (Fig. 2). Events, located in the northern part of Lithuania and southern part of Latvia, correspond to quarry blasts. Explosion events having epicentres in the Baltic Sea were associated with operations of elimination of old explosives. Explosion events of Kaliningrad region could be associated with illegal amber extraction (P. Wiejacz, personal communication) in the sea or other human activities.

*A. Pačėsa,
Lithuanian Geological Survey*

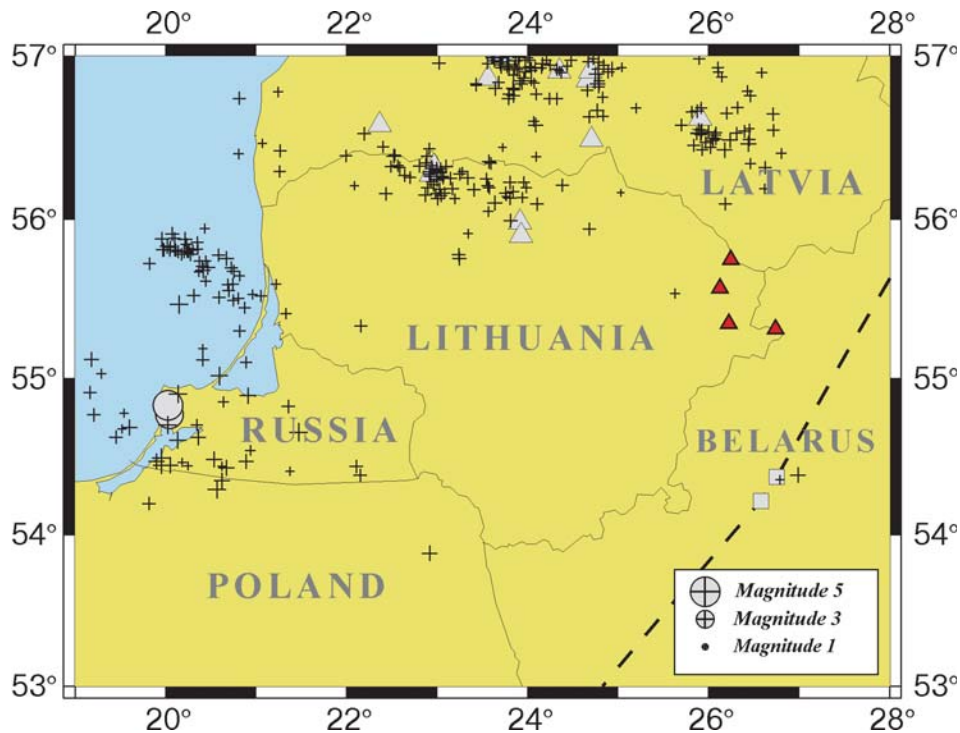


1 pav. Vietiniai seisminiai įvykiai, kuriuos 1999 m. gruodžio – 2005 m. birželio mėn. užfiksavo Ignalinos AE SMS. Šviesūs apskritimai žymi tektoninės kilmės seisminius įvykius, kryžiai – įvykiai identifikuoti kaip sprogdinimai, brūkšninis poligonas – labai apytikslė teritorija, kurioje galėjo būti 2001 m. rugsėjo 4 d. seisminio įvykio epicentras, pilki trikampiai – karjerai, kuriuose galėjo būti vykdomi sprogdinimo darbai, raudoni trikampiai – Ignalinos AE seisminės stotys, brūkšninė linija – geofizinio tyrimo CELEBRATION, vykdyto 2000 m., vieno profilio linija, šviesūs stačiakampiai – CELEBRATION sprogdinimo taškai

Fig. 1. Seismic events registered by Ignalina SMS since December 1999 until June 2005. Circles correspond to tectonic seismic events, crosses – explosion events, open triangles – quarries where explosions could be executed, red triangles – seismic stations of Ignalina NPP, dashed line – line of deep sounding experiment CELEBRATION, squares – explosion points of CELEBRATION experiment, dashed polygon – area of possible location of epicentre of event of September 4, 2001

Ignalinos AE seisminės stotys gana kompaktiškai išdėstytos pačiame šiaurės–rytų Lietuvos pakraštyje, todėl jos negali užtikrinti seisminių įvykių registravimo visoje Lietuvos teritorijoje vienodu jautrumu. Lokalizuojant tolimesnius įvykius ir panaudojant tik Ignalinos AE seisminių stočių duomenis, įvykių epicentrų paklaidos tampa nepriimtina didelės, be to, sutrikus Ignalinos AE SMS darbui, seisminiai duomenys nebekaupiami arba kaupiami tik iš dalies. O Norvegijoje, Švedijoje ir Suomijoje yra įrengta dešimtys modernių skaitmeninių seisminių stočių. Fenoskandijos seisminių tinklų duomenis apdoroja specialios institucijos, o galutiniai biuleteniai ir katalogai pateikiami internete. Todėl vykdant Lietuvos seismologinį monitoringą, be Ignalinos AE duomenų, buvo kaupiami ir analizuojami NORSAR ir Helsinkio universiteto Seismologijos instituto seismologiniai katalogai.

Helsinkio universiteto Seismologijos instituto kataloguose nuo 1999 m. gruodžio iki 2005 m. liepos Lietuvos ir gretimose teritorijose buvo užregistruoti 295 seisminiai įvykiai (2 pav.). Palyginti per tą patį laikotarpį NORSAR užregistravo 201 įvykį, o tai rodo, jog Helsinkio universiteto kataloge yra užfiksuota daugiau mažesnių magnitudžių įvykių.



2 pav. Seisminiai įvykiai, užfiksuoti 1999 m. gruodžio – 2005 m. birželio mėn. Helsinkio universiteto regioniniame kataloge ir kurių epicentrai pateko į Lietuvos ar gretimas teritorijas. Šviesūs apskritimai žymi tektoninius seisminius įvykius, kryžiai – sprogdinimus, pilki trikampiai – karjerus, kuriuose galėjo būti vykdomi sprogdinimo darbai, raudoni trikampiai – Ignalinos AE seisminės stotys, brūkšninė linija – geofizinio tyrimo CELEBRATION, vykdyto 2000 m., vieno profilio linija, šviesūs stačiakampiai – CELEBRATION sprogdinimo taškai

Fig. 2. Seismic events reported in NORSAR regional bulletin covering the time from December 1999 until June 2005. Circles correspond to seismic events, crosses – explosion events, grey triangles – quarries where explosions could be executed, red triangles – seismic stations of Ignalina NPP, dashed line – line of deep sounding experiment CELEBRATION, squares – explosion points of CELEBRATION experiment

Šio universiteto seismologiniame kataloge skiriama keletas seisminių įvykių grupių. Įvykiai, lokalizuoti šiaurinėje Lietuvoje ir pietinėje Latvijos dalyje, yra sietini su pramoniniais sprogdinimais eksploatuojamuose karjeruose. Seisminiai įvykiai Baltijos jūroje greta Lietuvos ir Latvijos pakrančių – tai sprogdinimai, vykdyti senų sprogdinimų naikinimo operacijų metu. Du didesnių magnitudžių įvykiai greta Sambijos pusiasalio (Kaliningrado sritis) – tai du galingesnieji Kaliningrado žemės drebėjimai. Seisminių įvykių grupė Kaliningrado srityje ir Baltijos jūroje greta jos sietina su gintaro brakonierių (P. Wiejacz, asmeninis

pokalbis), Rusijos kariškių ar kitokio pobūdžio sprogdinimais (2004 m. Lietuvos seismologinis biuletenis). Du seisminiai įvykiai lokalizuoti Baltarusijoje – tai giluminio seisminio zondavimo (projektas CELEBRATION) sprogdinimai. 2003 metų Lietuvos seismologiniame biuletenyje nuodugniau analizuoti 1991–2002 metų Helsinkio universiteto katalogai ir seisminiai įvykiai, patekę į Lietuvos ir gretimas teritorijas. Nustatyta, kad Lietuvos teritorijoje fiksuoti visi seisminiai įvykiai, kurių magnitudės buvo didesnės nei 2,5, o apskaičiuotų įvykių epicentru paklaidos daugeliu atvejų nuo 0 km iki 60 km. Helsinkio universiteto seisminio katalogo duomenimis, Lietuvos ir gretimose teritorijose nuo 1999 metų iki 2002 metų pabaigos nebuvo užfiksuota nė vieno natūralaus žemės drebėjimo ir beveik visus įvykius galima susieti su karjerų, kariniais ir geofiziniais sprogdinimais.

Apibendrinant pusšesčių metų vykdyto Lietuvos seismologinio monitoringo rezultatus galima teigti, kad Lietuvos ir greta esančios teritorijos yra mažai seismiškai aktyvios, tačiau labai retai pasikartojančių žemės drebėjimų magnitudės gali viršyti 5,0. Per pastarąjį laikotarpį Lietuvos teritorijoje patikimai neužfiksuota nė vieno tektoninės prigimties seisminio įvykio.

Lūžinės tektonikos elementai

S. Šliaupa, *Lietuvos geologijos tarnyba*

Projektas vykdytas 2003–2005 metais. Tikslas – Lietuvos lūžių ir jų elementų identifikavimas panaudojant metodų kompleksą, atskirų metodų (ir jų kompleksų) efektyvumo įvertinimas. Lūžiai yra svarbus geologinės sandaros elementas, kuris lemia daug svarbių požymių: ekogeodinaminė rizika (žemės drebėjimai, karstinių procesų lokalizacija), naudingųjų iškasenų paieška (naftos, geoterminiai, mineralinio vandens telkiniai). Tyrimų metodologija rėmėsi šiais principais: nuosėdinės dangos lūžiai dažnai susiję su kristalinio pamato struktūromis; nuosėdinės dangos struktūroms būdingas paveldimumas (ilgalaikis aktyvumas); lūžiai dažnai neotektoniškai aktyvūs. Atitinkamai pasirinktas lūžių identifikavimo metodų kompleksas.

Kristalinio pamato struktūroms nustatyti taikyti potencialių laukų analizės metodai, pasitelkiant automatines interpretacijos kompiuterines programas. Nuosėdinės dangos lūžių tyrimams pagrindiniai yra

Basic features of fault tectonics in Lithuania

The project was held in 2003–2005. Identification of the faults and their elements using integrated approach was the target of the study. The effectiveness of the different methods (and their combinations) also was performed. The study methodology was based on the following assumptions: faults of the sedimentary cover are strongly controlled by the basement structural grain; inheritance of structures of the sedimentary cover; faults often show neotectonic activity. A set of study methods was chosen accordingly.

The automatic interpretation techniques were applied to identify structural grain of the Early Precambrian basement. As for the sedimentary cover, the seismic methods remain the most effective in defining faults. However, the common approach lacks the kinematical analysis that increases