

Seismotectonic and seismic hazard maps of Lithuania – recent implications of intracratonic seismicity in the Eastern Baltic Region

Jurga Lazauskienė,

Andrius Pačėsa,

Jonas Satkūnas

Lazauskienė J., Pačėsa A., Satkūnas J. Seismotectonic and seismic hazard maps of Lithuania – recent implications of intracratonic seismicity in the Eastern Baltic Region. *Geologija*. Vilnius. 2012. Vol. 54. No. 1(77). P. 10–9. ISSN 1392-110X.

Lithuania, situated in the western part of the East European Craton, is regarded as an intracratonic area of low seismicity. Several dozens of earthquakes of intensity up to VII (MSK-64) have been recorded since 1616 implying the possible occurrence of stronger earthquakes. The northern part of the Baltic Region is seismically more active than the southern one, but the Kaliningrad earthquakes of 2004 showed the necessity to re-assess the seismicity of the region. The identification of seismogenic faults in the Baltic Region is rather complicated due to the small scale of tectonic structures and significant errors of the location of seismic events and even the location and distribution of faults. Nevertheless, the seismic hazard and seismotectonic maps of Lithuania have been recently compiled implying the highest seismic hazard of 32.6 cm/s² PGA in Eastern and 25–30 cm/s² in Northern Lithuania. The majority of the territory is described by PGAs of 10–20 cm/s².

Key words: intracratonic seismicity, Baltic Region, seismic hazard, seismotectonic framework

Received 5 May 2012, accepted 25 June 2012

Jurga Lazauskienė. Vilnius University, M. K. Čiurlionio 21/27, LT-03123 Vilnius, Lithuania. E-mail: jurga.lazauskiene@lgt.lt

Jonas Satkūnas. Lithuanian Geological Survey under the Ministry of Environment, S. Konarskio 35, LT-03123 Vilnius, Lithuania. E-mail: jonas.satkunas@lgt.lt

Andrius Pačėsa. Institute of Geology and Geography of Nature Research Centre, T. Ševčenkos St. 13, LT-03123 Vilnius, Lithuania; Lithuanian Geological Survey under the Ministry of Environment, S. Konarskio 35, LT-03123 Vilnius, Lithuania. E-mail: andrius.pacesa@lgt.lt

INTRODUCTION

The territory of Lithuania comprises a part of the Baltic Sedimentary Basin situated in the western part of the East European Craton that is characterised by low seismic activity – the historical sources of 1616–1964 record only a few tens of weak or moderate earthquakes (Pačėsa et al., 2005). The historical seismic activity in the Eastern Baltic Region is significantly lower compared with the seismicity of the Fennoscandian Shield. High seismic activity

of the Fennoscandian Shield and adjacent Baltic Sea territories during the Late Glacial and Holocene (last 13 000 years) is also well documented by numerous paleoseismic investigations and corresponding publications. The earthquakes caused landslides in glacial till, seismically-induced soft sediment deformation structures, “seismites”, are common in trench exposures in the vicinity of the faults in Northern Sweden and even with tsunami events reported in the Baltic Sea (Mörner, 2005, 2008).

Still, the Eastern Baltic Region is more seismically active comparing with the more “inland” aseismic territories of the Craton. Several tens (~40) of earthquakes with intensities of VI–VII (MSK-64 scale) and local magnitudes up to $M_L = 5$ are recorded in the Baltic Region and neighbouring territories since 1616 (Fig. 1). The strongest

instrumentally registered earthquakes are the Ossmussare (Estonia) earthquake of 1976 (with the maximal magnitude up to $M_L = 4.75$) and the Kaliningrad (Russia) earthquakes of 2004 with magnitudes, respectively, $M_L = 4.75$ and $M_L = 5.0$ ($M_w = 5.2$, Table). Other more significant earthquakes in the region are as follows:

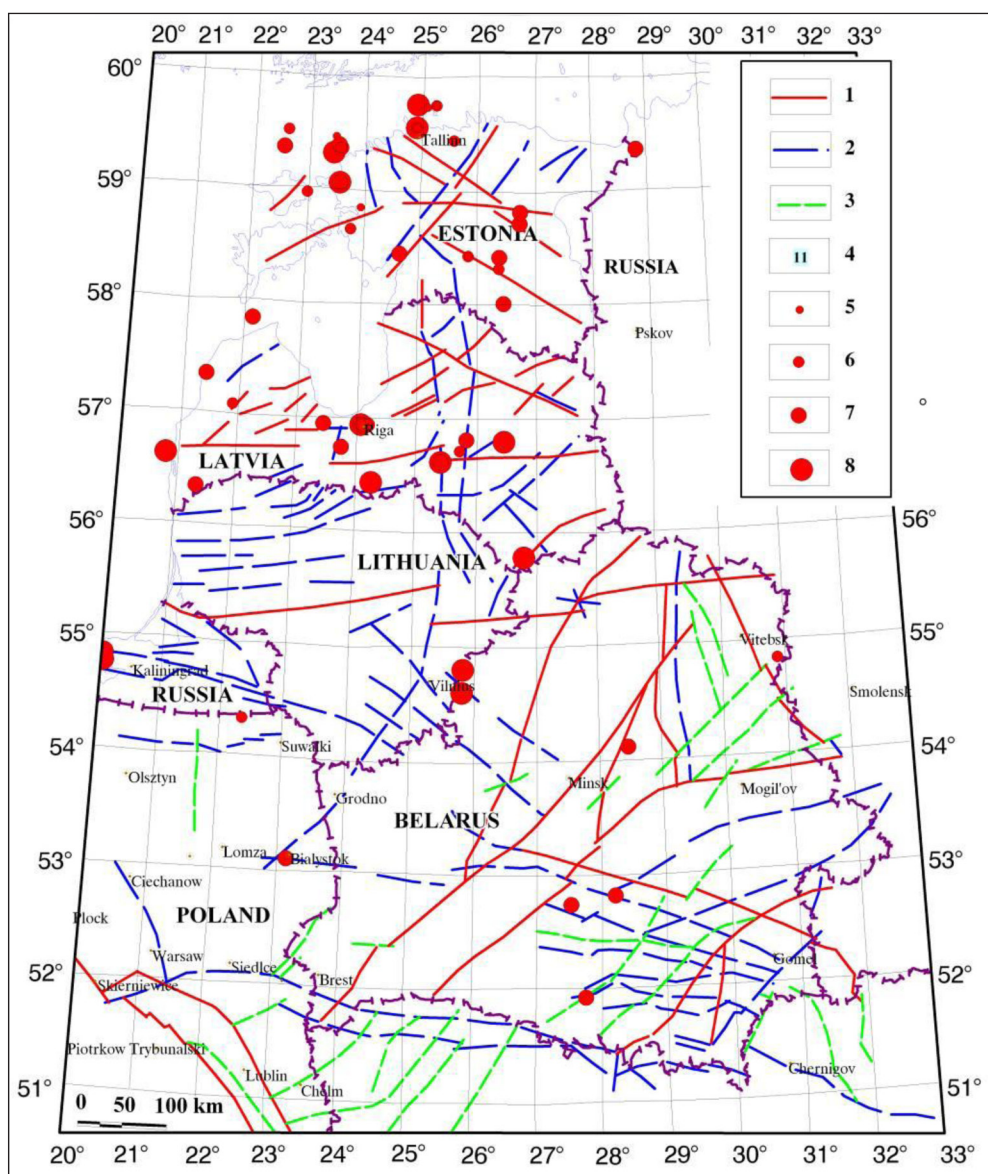


Fig. 1. Main tectonic faults and seismic events in the Baltic Region (after Sharov et al., 2007). 1–3 faults: 1 – superregional, 2 – regional, 3 – subregional; 4 – names of faults and their zones, 5–8 – epicentres of earthquakes with local magnitudes: 5 – $M_L = 1-2$, 6 – $M_L = 2-3$, 7 – $M_L = 3-4$, 8 – $M_L = 4-5$

1 pav. Rytų Baltijos regiono pagrindiniai tektoniniai lūžiai ir seisminių įvykių epicentra (pagal Sharov et al., 2007). 1–3 lūžiai ir lūžių zonos: 1 – superregioniniai, 2 – regioniniai, 3 – subregioniniai, 4 – lūžių ir lūžių zonų pavadinimai, 5–8 – žemės drebėjimų epicentra: 5 – $M_L = 1-2$, 6 – $M_L = 2-3$, 7 – $M_L = 3-4$, 8 – $M_L = 4-5$

February 22, 1821, Kokneses (Estonia), $M_L = 4.5$; December 28, 1908, Gudogai (Belarus), $M_L = 4.5$; December 29, 1908, Madona (Latvia); $M_L = 4.5$ (Boborikin et al., 1993). All the mentioned earthquakes within the Baltic Sedimentary Basin in the framework of the same tectonic setting show the recent seismic activity of the Baltic Region.

INTRACRATONIC SEISMICITY OF THE EASTERN BALTIC REGION

The seismic activity in the Baltic Region has an irregular distribution – the northern part of the region is more seismically active than the southern one (Fig. 1). The maximum activity is recorded in Latvia that is characterized by the most intense faulting of the sediment layers. Seismic activity is slightly lower in Estonia, while Lithuania seems to be the quietest territory. The boundary between two areas of different seismicity approximately coincides with the northern state border of Lithuania. A quite similar boundary between northern and southern parts of the region was established in previous global seismic hazard assessment studies, e. g. WSHAP (Giardini, 1999) and European-Mediterranean Seismic Hazard Map (Jimenez et al., 2003).

There are neither instrumentally registered earthquakes nor their reliable historical records in the territory of Lithuania. Peter of Duisburg, a 14th century chronicler of the Teutonian Knights (*Chronicon Terrae Prussiae*) reported “a ground shaking which was felt in Skirsnemune castle” (south-western part of Lithuania) in 1328; after the event the castle was abandoned. However, this historical record causes some doubts and is considered controversially:

A. Nikonov (personal communication) includes this seismic event of 1328 together with one of 1303 in Prussia (*Chronicon Terrae Prussiae*) into the revised seismological catalogue of the South-East Baltic Region, while Grunthal and Riedel (2007) strongly deny the existence of these events. Thus, this event was not included into the complete catalogue of the seismic events of Eastern Baltic Region. There are also three records about the ground shaking during the years 1908–1909 in the western and central part of Lithuania, but the primary sources rise some doubts and could not be considered as reliable. The first local seismic event with magnitude of $M = 2.1$, presumably of the tectonic origin, was instrumentally registered on 4 September 2001

by one of a short-period seismic station, located in the NE part of Lithuania. The seismic signal of this seismic event was the typical one for tectonic events (Pačesa et al., 2002). Still, as it was registered only in one station, no accurate location of this event was possible and the epicentre of the earthquake could have been located in a distance of ~80 km from the station. The passive seismic experiment PASSEQ was carried out in the eastern part of Europe, including the territory of Lithuania, in 2006–2007. The preliminary data received from the project indicated some possibility of a tectonic seismic event in the middle of Lithuania on 7 April 2007 in the vicinity of Kaunas City (as this event was distinguished during continuous data review and its signal was seen in 4 PASSEQ seismic stations only, it was difficult to locate this event) and one more event in Kaliningrad offshore of the Baltic Sea on 14 June 2007 at 00:40 UT (Kozlovskaya et al., 2010; Janutyte et al., 2012). The coordinates of the epicentre of the onshore Lithuania event were identified near Kaunas Town, located within the Middle Lithuanian Suture Zone (the zone between two different Precambrian domains) with possibly increased tectonic activity. Both the Baltic Sea offshore and onshore events occurred in the night-time. The seismic signals have the characteristics of tectonic events, but the quality of data is too poor to define magnitudes and depths of epicentres of these seismic events and, respectively, too poor for reliable conclusions. Also, it must be noted that the network of local seismic stations in the Eastern Baltic Region, especially Lithuania, is rather sparse and the instrumental seismological information was quite poor until the year 2012. Therefore, at the initiative of the Geological Survey of Lithuania, using the funds of the European Regional Fund, two new broadband seismic stations integrated to the GEOFON international seismological network have been installed in the Paburgė and Paberžė sites in Western and Central Lithuania in 2010–2012 (Figs. 2, 3) to ensure the efficient seismological monitoring of the territory of Lithuania.

No doubts, the seismic events in Kaliningrad Area showed the necessity to review the understanding of the seismicity of the Baltic Region – earlier it was considered that the maximum magnitude of the earthquakes in this part of region might be $M_L = 4.8$; but the magnitude of the Kaliningrad earthquake was $M_L = 5.0$ ($M_w = 5.2$, Table). Thus, taking into consideration the accepted margin

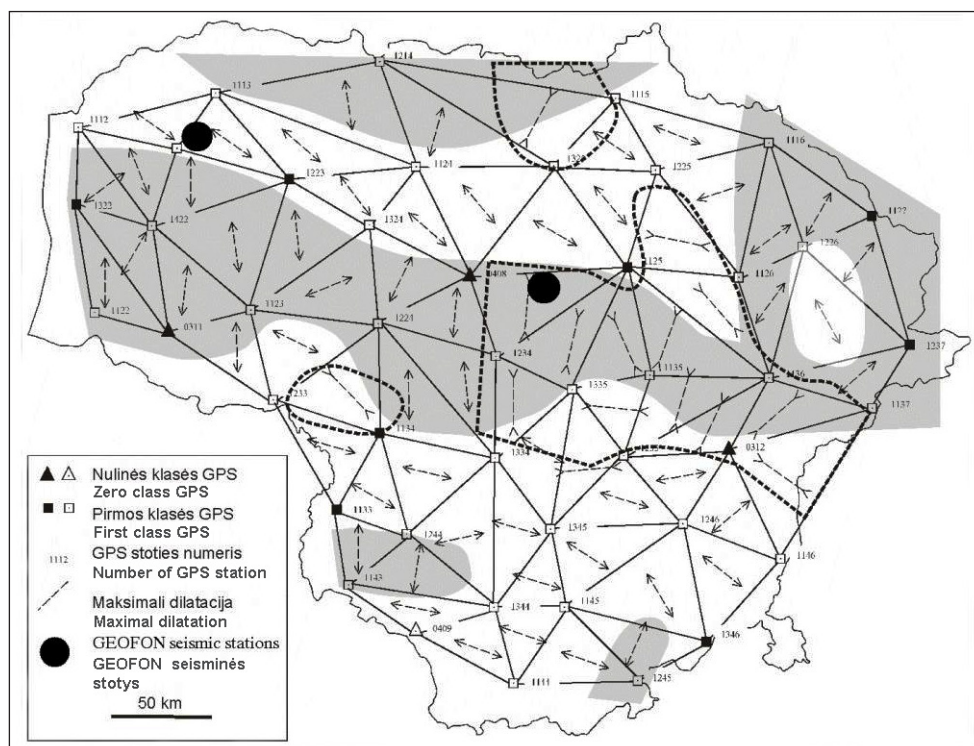


Fig. 2. Directions of maximum dilatation in the territory of Lithuania (Šliaupa, 2011). Grey areas roughly indicate N–S maximum dilatation, blank areas – NW–SE maximum dilatation; areas subjected to bi-axial compression are bounded by dotted contours. Triangles indicate GPS points of the zero class; squares – GPS points of the first class; numbers – the numbers of GPS stations; dotted lines – maximal dilatation. Black circles – two new broadband seismic stations integrated to the international seismological GEOFON network

2 pav. Maksimalios dilatacijos kryptys, nustatytos trikampio gardelėmis (Šliaupa, 2011). Pilkos spalvos plotuose vyrauja Š–P dilatacija, baltos – ŠV–PR dilatacija. Dviašio spaudimo veikiami plotai apibrėžti punktyrine linija. Trikampiais pažymėtos nulinės klasės GPS stotys; kvadratais – pirmos klasės GPS stotys; skaičiais – GPS stočių numeriai; punktyrinėmis linijomis – maksimali dilatacija. Juodi taškai – dvi naujai instaliuotos labai plataus diapazono seisminių stebėjimų stotys, integruotos į tarptautinį seisminių stebėjimų tinklą GEOFON

Table. The strongest seismic events of Eastern Baltic Region with magnitude $M > 4$

Lentelė. Stipriausi Rytų Baltijos regiono žemės drebėjimai, kurių magnitudė $M > 4$

Date	Time	Lat	Long	Magn	Depth
10/25/1976	8 : 39 : 00	59.2	23.58	4.7 M_L	15–18
9/21/2004	11 : 05 : 04	54.908	20.029	5.0 M_w	16 ± 9
9/21/2004	13 : 32 : 31	54.849	20.088	5.2 M_w	20 ± 10

The first earthquake – Osmussare (Estonia), the other two earthquakes – Kaliningrad (Russia). Magnitude types: M_L – local magnitude, M_w – moment magnitude. Coordinates of epicentres are provided in the geographical system of coordinates: Lat – latitude (North), Long – longitude (East); time – GMT; Magn – magnitude; depth – km (Gregersen et al., 2007).

Pirmasis žemės drebėjimas – Osmussare (Estija), kiti du – Kaliningrade (Rusija). Magnitudės: M_L – lokali magnitudė, M_w – momento magnitudė. Epicentrų koordinatės pateiktos geografinėje sistemoje: Lat – platumas (šiaurė), Long – ilguma (rytai); laikas – GMT; Magn – magnitudė; Depth – gylis, km (Gregersen et al., 2007).



Fig. 3. Vaults of: (a) Paburgė and (c) Paberžė seismic stations (author A. Pačėsa); (b) seismometers installed in both seismic stations (author J. Čyžienė)

3 pav. Paburgės (a) ir Paberžės (c) seisminių stebėjimų stočių šulinio tipo požeminės patalpos (autor. A. Pačėsa); seisminių stebėjimų stotyse instaliuota seisminių stebėjimų įranga (b) (autor. J. Čyžienė)

of 0.5 (based on common agreement), the maximum magnitude could be assumed to be as high as $M_w = 5.7$ that implies the possibility of occurrence of some stronger earthquakes in the Baltic Region.

The seismotectonic framework of the study areas has been outlined several times during the last decades (Sharov et al., 2007; Suveizdis, 2003). A number of faults and fault zones have been distinguished in the Baltic Region and adjacent territories based on geological and geophysical data. Still, different authors provide quite different tectonic and seismotectonic maps of the Eastern Baltic Region and there is no single commonly accepted tectonic map of this region currently; the location, orientation, length or other parameters of the same fault might be interpreted differently.

No doubts, summarizing different maps one can infer some dominating fault zones, directions and spacing (Fig. 1).

DISCUSSION

As it was mentioned, the majority of seismic events in the Eastern Baltic Region are historical ones. The primary sources of information do not provide any evaluations of errors of epicentre locations for historical events, but, most likely, the errors vary from ten to several tens of kilometres. Even the epicentres for the two strongest Kalinin-grad earthquakes were scattered in the area with a diameter of about 30 km (Pačėsa et al., 2005). It is very hard to associate single earthquakes with

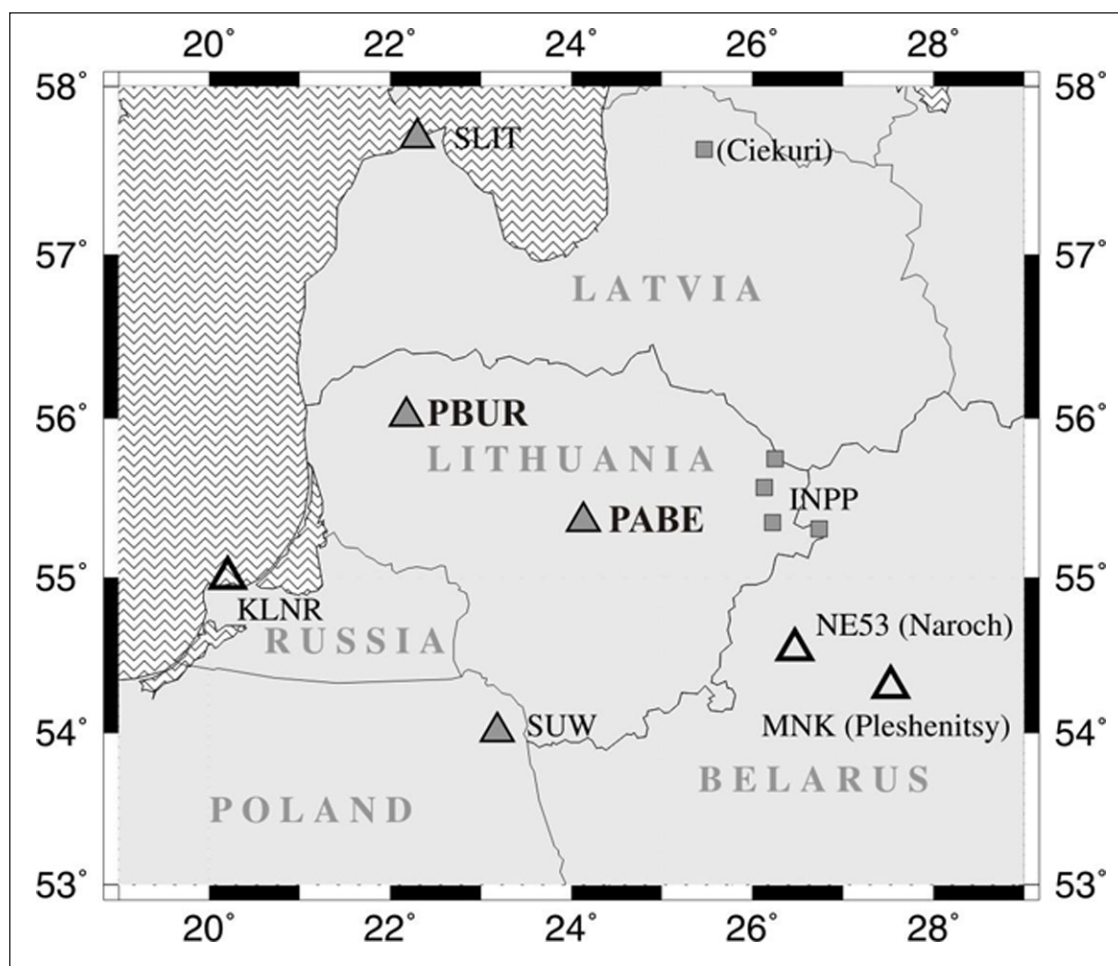


Fig. 4. Location of seismic stations in the Baltic Region. Triangles indicate broad-band stations (greyed triangles are connected to GEOFON network), squares show short-period stations

4 pav. Seisminės stotys Baltijos regione. Trikampiais pažymėtos plataus diapazono seisminės stotys, užpildytai trikampiais – prie GEOFON tinklo prijungtos stotys, kvadratai – trumpo periodo stotys

some certain faults unambiguously due to significant errors of the location of seismic events and even the location of faults. Additionally, the identification of the seismogenic faults in the region is rather complicated due to the small scale of tectonic structures located within an intracratonic area. It must also be pointed out that not all the earthquakes in the Baltic Region are related to fault zones. Moreover, the majority of the previous global seismogenic and seismic hazard studies (Grünthal et al., 1999; Jimenez et al., 2003), that also included the territory of the Baltic Region, strongly implied the local seismogenic sources with diffused seismicity. Thus, it was rather complicated to understand the geodynamic control on the seismicity of the relatively seismotectonically non-active cratonic area.

Accordingly, no seismic hazard map has been compiled neither for the territory of Lithuania nor for the wider Baltic Region until recently. Finally, in 2011, on request of the Lithuanian Geological Survey, the seismic hazard and seismotectonic maps (Šliaupa, 2011) were compiled for the territory of Lithuania. The complex analysis of the geological, geophysical, geodetic, structural, seismic and geodynamic data allowed to distinguish 5 active seismogenic zones and 5 potentially active seismogenic zones in the territory of Lithuania. The maximal seismic potential has been implied for the W–E trending Šilutė–Polock and Northern Prieglius–Birštonas fault zones (Northern Prieglius has “hosted” Kaliningrad earthquakes), transecting the central and southern part of Lithuania, with a maximum magnitude up to $M = 5.5$ of the possible

earthquake predicted. It is implied that the possible seismic activity of the faults is related to the regional stress field that affects the lithosphere of the Baltic Region. No uniform stress pattern can be found for the Baltic Countries. Two stress provinces are suggested in Lithuania: NW–SE horizontal compression in the western part, whereas the main horizontal stress in the eastern part is NE–SW oriented. The western zone is attributed to the North Atlantic stress province, while the eastern one is possibly a part of the Mediterranean stress province (Šliaupa, 2011, Fig. 2). Therefore, as the seismic stresses are rather variable within the territory of Lithuania this might influence the character of the fault activation.

The new seismic stations Paburgė and Paberžė, that have been recently installed to monitor the seismic activity in Lithuania and registration of global seismic events (Figs. 2–4), are located, respectively, in the northern part of Lithuania that manifests the NW–SE maximum dilatation and Central Lithuania showing the NNE–SSW maximum dilatation thus representing different seismotectonic setting.

CONCLUSIONS

The newly compiled Seismic Hazard Map of Lithuania (Šliaupa, 2011), based on the recently compiled Catalogue of Seismic Events of the Baltic Region (Pačėsa, Šliaupa, 2011) and a detailed analysis of the tectonic and neotectonic structure of the territory of Lithuania, shows that the highest seismic hazard with the peak ground acceleration equal to 32.6 cm/s^2 with 10% probability of exceedance within 50 years could be expected in the eastern part of Lithuania; also, the increased seismic hazard (peak ground acceleration being equal to $25\text{--}30 \text{ cm/s}^2$ with 10% probability of exceedance within 50 years) is also estimated in the northern part of Lithuania. Therefore, the majority of the territory of Lithuania is described by rather low seismic hazard – peak ground acceleration values vary in a range of $10\text{--}20 \text{ cm/s}^2$ with 10% probability of exceedance within 50 years.

The results of the new seismic hazard assessment show good coincidence with the results of the previous global seismic hazard assessment – according to the results of the Global Seismic Hazard Assessment Program (Grünthal et al., 1999), the seismic level in the territory of Lithuania was esti-

mated in the range of $10\text{--}30 \text{ cm/s}^2$ for the standard seismic level of civil engineering (10% probability of exceedance within 50 years or for a return period of 475 years) and according to the European Map of Seismic Hazard (ESC-SESAME project (Jimenez et al., 2003), the standard seismic level of civil engineering (return period of 475 years) was estimated as high as 20 cm/s^2 .

ACKNOWLEDGMENTS

This study has been supported by Geological Survey of Lithuania within the frames of the Project “Strengthening the Institutional Capacities of the Geological Monitoring”, No. VP3-1.4-AM-07-V-01-009, financed by the Regional Development Fund of the European Union.

REFERENCES

1. Boborikin A. M., Avotinia I. Y., Yemeljanov A. P., Sildvee N. N., Suveizdis P. 1993. Catalogue of historical earthquakes of Belarus and the Baltic Region. *Seismological Report of Seismic Stations of Minsk – Pleshchenitsi and Naroch for 1988*. Minsk. 126–137.
2. Giardini D. 1999. The Global Seismic Hazard Assessment Program 1992–1999. *Annali Geofis* **42**(6). Special Issue.
3. Gregersen S., Wiejacz P., Debski W., Domanski B., Assinovskaya B., Gutterch B., Mantiniemi P., Nikulin V. G., Pacesa A., Puura V., Aronov A. G., Aronova T. I., Grünthal G., Husebye E. S., Šliaupa S. 2007. The exceptional earthquakes in Kaliningrad district, Russia on September 21, 2004. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* **164**: 63–74.
4. Grünthal G.; GSHAP Region 3 Working Group. 1999. Seismic hazard assessment for Central, North and Northwest Europe: GSHAP Region 3. *Annali di Geofisica* **42**(6): 999–1011.
5. Grünthal G., Riedel P. 2007. Zwei angebliche Erdbeben in den Jahren 1303 und 1328 im heutigen Raum Kaliningrad. *Zeitschrift für Geologische Wissenschaften* **35**(3): 157–163 [in German, with English summary].
6. Janutyte I., Kozlovskaya E., Motuza G. PASEEQ Working Group. 2012. Study of local seismic events in Lithuania and adjacent areas using data from PASEEQ experiment. *Pure and Applied Geophysics*. Springer Basel AG.
7. Jiménez M. J., Giardini D., Grünthal G. 2003. The ESC-SESAME Unified Hazard Model for the European-Mediterranean Region. *CSEM / EMSC Newsletter* **19**: 2–4.

8. Kozlovskaya E., Budraitis M., Janutyte I., Motuza G., Lazauskiene J. PASSEQ-Working Group. 2010. 3-D Crustal Velocity Model for Lithuania and its application to local event studies. Abstract No. EGU2010-10625. *Abstract and Programme Book. EGU General Assembly 2010, Vienna, Austria, 2–7 May, 2010*.
9. Mörner N. A. 2005. An interpretation and catalogue of Paleoseismicity in Sweden. *Tectonophysics* **408**: 265–307.
10. Mörner N. A. 2008. Tsunami events within Baltic. *Polish Geological Institute Special Papers* **23**: 71–76.
11. Pačėsa A., Šliaupa S., Satkūnas J. 2005. Recent earthquake activity in the Baltic Region and seismological monitoring in Lithuania. *Geologija* **50**: 8–18 [in Lithuanian].
12. Pačėsa A., Narbuntas J., Nemcovas G. 2002. *The Annual Bulletin of the Seismological Monitoring in Lithuania*. Vilnius. 40 p. [internal report in Lithuanian, with English summary].
13. Pačėsa A., Šliaupa S. 2011. Rytinio Baltijos regiono seismingumas ir žemės drebėjimų katalogas. *Geologija* **53(3)**: 134–146.
14. Sharov N. V., Malovichko A. A., Schukin Ju. K. 2007. *Earthquakes and Microseismicity of East European Platform – Recent Geodynamic Approach. Book 1 – Earthquakes*. KarNC RAN. Petrozavodsk. 381 p. [in Russian].
15. Suveizdis P. 2003. *Tectonic Structure of Lithuania*. Institute of Geology and Geography. Vilnius. 160 p. [in Lithuanian].
16. Šliaupa S. 2011. *Assessment of the Seismic Observations in the Territory of Lithuania. Book 2 – Seismic Hazard Map of Lithuania*. 136 p. [internal report, in Lithuanian].

Jurga Lazauskienė, Andrius Pačėsa, Jonas Satkūnas

LIETUVOS SEISMOTEKTONINIS IR SEISMINIO PAVOJINGUMO ŽEMĖLAPIAI – NAUJOS INTRAKRATONINIO SEISMINGUMO VERTINIMO PRIELAIIDOS RYTŲ BALTIJOS REGIONE

Santrauka

Baltijos regionas pasižymi nedideliu seisiniu aktyvumu, palyginti su Fenoskandijos skydo $M = 4,8$ – $5,4$ stiprumo seismingumu (Mörner, 2005; 2008). Seisminio pavojingumo požiūriu Lietuvoje sąlyginai mažas seisminis aktyvumas, ir tai siejama su jos padėtimi vakarinėje Rytų Europos kratono dalyje, kuris anksčiau buvo vertinamas kaip išimtinai pasyvus žemės drebėjimų atžvilgiu. Remiantis istoriniais duomenimis, Lietuvos teritorijoje nebuvo nustatytas nei vienas žemės drebėjimas, nebuvo patikimai užregistruotas ir instrumentiškai. Tačiau už Lietuvos teritorijos ribų, platesniame Baltijos regione, užfiksuota net keletas

žemės drebėjimų. Palyginus Baltijos regioną su kitomis beveik aseismiškoms Rytų Europos kratono teritorijomis, galima pastebėti, kad Rytų Baltijos regionas išsiskiria šiek tiek didesniu seisiniu aktyvumu: sprendžiant iš istorinių šaltinių ir instrumentinių stebėjimų, jam būdingi silpni ir vidutinio stiprumo žemės drebėjimai – nuo 1616 m. yra žinoma jų buvus kelias dešimtis. Šių drebėjimų intensyvumas epicentruose siekė 5–7 balus (Pačėsa ir kt., 2005a; 2005b; Boborikin ir kt., 1993). Analizuojant seisminių įvykių pasiskirstymą Baltijos regione matyti, kad šiaurinė šio regiono dalis pasižymi didesniu seisiniu aktyvumu nei pietinė – skiriamoji riba tarp šių dviejų sričių eina maždaug šiauriniu Lietuvos pasieniu iš vakarų į rytus.

Rytų Baltijos regione užfiksuota (istoriniuose dokumentuose bei instrumentiškai) tik keletas stipresnių seisminių įvykių, kurių stiprumas siekė ar viršijo $M = 4,8$: 1616 m. įvykęs $M = 4,8$ stiprumo Bauskės žemės drebėjimas ir 1976 m. Ossmussares žemės drebėjimas, kurio stiprumas siekė $M = 4,75$. Čia yra buvę ir Baltijos kraštams nebūdingo stiprumo žemės drebėjimų, kaip antai žemės drebėjimas 2004 m. rugsėjo 21 d. Kaliningrado srityje (Rusijos Federacija), kurio stiprumas siekė apie $M = 5$, bei P. Dusburgiečio aprašyti 1303 m. ir 1328 m. Skirsnemunės žemės drebėjimai, įrodę, kad ir intrakratoninėse srityse galimi gana santykinai stiprūs Žemės drebėjimai (Pačėsa ir kt., 2005a). Minėtasis P. Dusburgietis aprašė 1328 m. Skirsnemunės pilį sukrėtusį žemės drebėjimą, po kurio pilis buvo apleista. Tačiau ir šio pasakojimo patikimumas kelia tam tikrų abejonių: pavyzdžiui, Grunthal, Riedel (2007) teigia, kad šių įvykių nėra buvę.

2006–2007 m. Rytų Europoje, taip pat ir Lietuvoje, buvo vykdomas pasyviosios seismikos eksperimentas PASSEQ. Šių tyrimų duomenimis (Janutyte ir kt., 2012), Vidurio Lietuvoje, Kuršių mariose ir Baltijos jūroje ties Kaliningrado sritimi buvo užfiksuoti nedideli seisminiai įvykiai, kurių seisminiai signalai priminė tektoninius įvykius. Ignalinos atominės elektrinės perspėjimo sistemos seisminių stebėjimų stočių duomenimis, 2001 m. gruodžio 20 d. Baltijos jūroje instrumentiškai buvo užregistruotas seisminis įvykis, kurio seisminis signalas taip pat priminė žemės drebėjimo signalus. Didžiąją dalį Baltijos regiono seisminių įvykių sudaro istoriniai seisminiai įvykiai. Nors nei vienas iš pirminių šių duomenų šaltinių nenurodo istorinių įvykių epicentrų lokalizavimo paklaidų, tačiau tikėtina, kad epicentrų koordinatės galėtų turėti dešimties ar kelių dešimčių km paklaidas. Pavyzdžiui, skirtingi seismologiniai centrai ir atskiri tyrėjai

dvių stipriausių Kaliningrado drebėjimų epicentrus lokalizavo skirtingose Sambijos pusiasalio ir priekrantės vietose, o lokalizuoti įvykių epicentra buvo išsibarstę maždaug 30 km diametro plote. 2001 m. gruodžio 18 d. Baltijos jūroje instrumentiškai užregistruoto žemės drebėjimo epicentras taip pat buvo nustatytas su didesne nei 40 km paklaida, o tą galėjo lemti ir netolygus seisminių stebėjimų stočių tinklas, iki 2012 m. dengęs Lietuvos teritoriją. Lietuvos geologijos tarnybos iniciatyva Europos Regioninio fondo lėšomis 2010–2012 m. Lietuvoje buvo įrengtos dvi labai plataus diapazono stacionarios seisminių stebėjimų stotys, integruotos į tarptautinį seisminių stebėjimų tinklą GEOFON. Viena tokia seisminių stebėjimų stotis buvo Paburgės, kita – Paberžės vietovėse (2–3 pav.).

Įvairūs autoriai pateikia skirtingus Baltijos regiono tektoninius ir seismotektoninius žemėlapius – nėra nė vieno bendro regiono tektoninio žemėlapi. Palyginus lūžių ir lūžių sistemų vietas su užfiksuotų žemės drebėjimų vietomis buvo nustatyta, jog tik dalis lūžių yra susiję su seisminiais įvykiais. Nustatyti seismogeninius lūžius regione yra labai sudėtinga ir dėl mažų tektoninių struktūrų mastelių šioje senojo Rytų Europos kratono dalyje. Kadangi dėl nevienareikšmiškai nustatomų seisminių įvykių ir lūžių išsidėstymo vietų tiriamose teritorijose neįmanoma vienareikšmiškai susieti žemės drebėjimų su konkrečiais lūžiais, Baltijos regiono seismingumą geriausiai paaiškina seisminių šaltinių su išsklaidytu (difuziniu) seismingumu modelis. Pagal tektoninių įtampų pasiskirstymą Lietuvos teritorija pasižymi sudėtinga geotektonine padėtimi: vakaruose prognozuojamas horizontalus ŠV–PR spaudimas (Šiaurės Atlanto įtampų provincija), o rytuose – Š–P spaudimas (Viduržemio jūros įtampų provincija; Šliaupa, 2011). Tektoninį lūžių aktyvumą sąlygoja tektoninės įtampos, veikiančios Baltijos regiono litosferą. Seisminės įtampos Lietuvos teritorijoje yra gana kaičios.

Nors įvairių autorių sudaryti Rytų Baltijos regiono tektoniniai žemėlapių vaizduoja gana skirtingus lūžius ar lūžių zonas, apibendrinus galima nustatyti ir tam tikrus vyraujančių lūžių kryptis ar jų išsidėstymo dėsnumus atskirose regiono srityse. Lietuvos geologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos užsakymu, remiantis atnaujintu Baltijos regiono seismologiniu katalogu (Pačėsa, Šliaupa, 2011) bei detalio Lietuvos teritorijos struktūrinė-tektoninė bei neotektoninio aktyvumo analize ir taikant šiuolaikines tikimybinės seismo pavojingumo vertinimo metodikas, 2011 m. buvo sudarytas Lietuvos ir gretimų teritorijų seismo pavojingumo žemėlapis, vaizduojantis žemės paviršiaus virpesių pagreičių

vertes; tikimybė, kad jos per 50 metų gali būti viršytos, siekia 10 % (Šliaupa, 2011). Sudarant seismo pavojingumo žemėlapių buvo sudaryti du alternatyvūs seismotektoniniai modeliai su skirtingais išskirtų seisminių zonų parametrais.

Naujai sudarytas Lietuvos seismo pavojingumo žemėlapis leido nustatyti, kad grunto virpesių pagreičių vertės (tikimybė, kad per 50 metų jos gali būti viršytos, sudaro 10 %) Lietuvos teritorijoje kinta nuo 25–30 cm/s² šiauriausioje tirtos teritorijos dalyje iki 32,6 cm/s² Lietuvos teritorijos rytuose, o didesnė Lietuvos teritorijos dalis apibūdinama 10–20 cm/s² grunto virpesių pagreičiu. Taigi, didžiausias seisminis pavojingumas prognozuojamas Rytų Lietuvoje ir įvertintas maksimaliu grunto pagreičiu – iki 32,6 cm/s² (pasikartojamumas per 475 metus), didesnis seisminis pavojingumas prognozuojamas ir Šiaurės Lietuvoje (iki 25–30 cm/s²). Šios reikšmės yra artimos pateiktoms Europos seismo pavojaus žemėlapiuose: pagal 1993 m. pasaulinės seismo pavojaus vertinimo programos regioninį žemėlapi (Gruenthal ir kt., 1999), seisminis pavojingumas (10 % tikimybė, kad grunto horizontalaus pagreičio vertė nebus viršyta per 50 metų, arba 1 % seismo lygio viršijimo tikimybė per 475 metus) buvo vertintas tarp 10 ir 30 cm/s². 2003 m. sudarytas visos Europos seismo pavojingumo žemėlapis (Jimenez ir kt., 2003), esant tokiam pačiam tikimybės lygiui rytinėje Lietuvos dalyje, nurodė 20 cm/s² seismingumą.

Igyvendinant Europos Sąjungos (ES) regioninės plėtros fondų lėšomis finansuojamą projektą „Geologinės aplinkos monitoringo pajėgumų stiprinimas“ (Nr. VP3-1.4-AM-07-V-01-009), tyrimus atliko Lietuvos geologijos tarnyba.

Raktažodžiai: intrakratoninis seismingumas, Rytų Baltijos baseinas, Lietuvos teritorija, seisminis pavojingumas, seismotektoninė sandara

