

Monika Norvaišaitė, Gintarė Andriuškevičienė, Jurga Lazauskienė,  
Lietuvos geologijos tarnyba

## PIRMAS TARPTAUTINIS SEMINARAS, SKIRTAS PALEOSEISMOLOGIJOS KLAUSIMAMS

2018 m. rugsėjo 17–21 d. Lietuvoje ir Latvijoje vyko paleoseismologijos lauko seminaras „Plastiškai deformuotos nuosėdų struktūros ir paleoseisminiai įvykiai pietrytiniame Baltijos regione“ (angl. „*Soft-sediment deformation structures and palaeoseismic phenomena in the South-eastern Baltic Region*“). Seminaras buvo skirtas aplankyti atodangas ir karjerus, kuriuose buvo atrastos plastiškai deformuotų nuosėdų struktūros (angl. *soft-sediment deformation structures*, SSDS, toliau tekste – SSD struktūros), pasidalinti idėjomis ir hipotezėmis apie šių struktūrų susidarymo procesus ir kilmę, aptarti atliktus ir dar reikalingus atlikti tyrimus, susijusius su šių struktūrų kilmės identifikavimu, jų sąsajomis su žemės paleodrebėjimais. Seminarą organizavo Lietuvos geologijos tarnyba kartu su Adomo Mickevičiaus

universitetu (Poznanė, Lenkija), Gamtos tyrimų centru (Vilnius, Lietuva) ir Latvijos universitetu (Ryga, Latvija). Seminaro metu buvo aplankyta dešimt geologinių objektų, o maršrutas driekėsi nuo Vilniaus į vakarus, palei Nemuną (Liciškėnai, Slinkis, Kumečiai, Rambynas) Ventės rago link, o toliau palei Baltijos jūros pakrantę (Juodikiai) iki Latvijos pajūryje esančių Baltmuižos ir Sarnatės atodangų. Pakeliui atgal į Vilnių dar aplankyta Dyburių atodanga.

Seminaras prasidėjo Vilniuje, Lietuvos geologijos tarnyboje, kur susirinko trys dešimtys dalyvių iš Lenkijos, Latvijos, Vokietijos, Rusijos, Olandijos, Pietų Korėjos ir Lietuvos. Seminarą įžangine kalba atidarė Lietuvos geologijos tarnybos direktorė Jolanta Čyžienė, o įvadininius išplėstinius pranešimus pristatė Holgen Steffen (Švedija),



1 pav. Liciškėnų atodanga, mokslininkės iš Lenkijos demonstruojamos liepsninės ir injekcinės struktūros.

Jurga Lazauskienė (Lietuva) ir Tom van Loon (Nyderlandai). Klausytojai buvo supažindinti su Baltijos regiono seismingumo apžvalga, apžvelgtos paleoseismingumo, seismitų, SSD struktūrų sąvokos, jų susidarymo procesai, identifikavimo problematika. Lietuvos teritorija yra Rytų Europos kratono vakarinėje dalyje. Kratono terminas nusako santykinai stabilią žemyno teritoriją, pasižymintį mažu tektoniniu aktyvumu. Su tuo siejamas ir Lietuvoje užfiksuotas sąlyginai mažas seisminis aktyvumas – remiantis istoriniais duomenimis, Lietuvos teritorijoje nebuvo patikimai nustatytas nei vienas gamtinės kilmės žemės drebėjimas, taip pat jų nebuvo patikimai užregistruota ir prietaisais (Lazauskienė, Pačėsa, Satkūnas, 2012). Tačiau Baltijos regionas yra kratono pakraštyje, todėl teritorija pasižymi santykinai didesniu seisminiu aktyvumu, lyginant su labiau žemyno dalyje esančiomis teritorijomis. Be to, šiaurinę regiono dalį veikia ir liekaniniai glacialiniai izostazijos procesai. Žemės drebėjimų, fiksuojamų Baltijos regione (ir visame kartone), stiprumas gana tipiškas kratoniniams regionams: iki šiol užregistruotų žemės drebėjimų magnitudės neviršija  $M = 5,5$  (Pačėsa, Šliaupa, 2011). Ankstesnių tyrimų metu, palyginus Baltijos regiono tektoninių lūžių ir lūžių sistemų vietas su žemės drebėjimų vietomis, buvo nustatyta, jog tik dalis seisminių įvykių (istorinių ir prietaisais registruotų) galimai susiję su tektoniniais lūžiais. Nustatyti seismogeninius lūžius labai sudėtinga ir dėl mažų tektoninių struktūrų mastelių senojo Rytų Europos kratono dalyje. Kadangi dėl nevienareikšmiškai nustatomų seisminių įvykių ir lūžių išsidėstymo vietų tiriamoje teritorijoje neįmanoma žemės drebėjimų vienareikšmiškai susieti su konkrečiais lūžiais, Baltijos regiono seismingumą geriausiai paaiškina seisminių šaltinių su „išsklaidytu ju“ seismingumu (angl. *diffused seismicity*) modelis (Lazauskienė, Pačėsa, Satkūnas, 2012). Seismingumas, kurio nėra galimybės vienareikšmiškai susieti su konkrečiais lūžiais (lūžių zonomis) ir/ar seismogeninėmis struktūromis, vadinamas „išsklai-

dytu ju“ (difuziniu). Pagrindiniai požymiai, parodantys išsklaidytą paleoseismingumą, yra paleolikvacijos (angl. *paleoliquefaction*), paleonuošliaužos, specifinės ežerų nuosėdos (ežerų seismitai) ir urvuose susidariusių nuosėdinių uolienų deformacijos (angl. *speleoseismites*), geomorfologiniai ir mikromorfologiniai požymiai („The Contribution...“, 2015). Paleoseismingumas – tai praeityje įvykusių priešistorinių ar istorinių žemės drebėjimų nustatymas pagal poslinkių lūžio plokštumoje arba antrinių požymių (tokių kaip likvacija, cunamiai, nuošliaužos, žemės paviršiaus deformacijos) identifikavimą, t. y. žemės paleodrebėjimų laiko, vietos ir stiprumo nustatymas („The Contribution...“, 2015). Išsklaidytą seismingumą geriausiai apibūdina paleoseisminiai geologiniai požymiai, t. y. vadinamieji seismitai. Šį terminą, nusakantį žemės drebėjimų metu susidarancių nuosėdinių uolienų sluoksnių deformacijas (angl. *soft sediment deformation structures*) genezės prasme pirmą kartą išskyrė A. Seilacher (Seilacher, 1969), vėliau jas plačiau analizavo C. Montenat (Montenat et al., 2007), G. Shanmugam (Shanmugam, 2016) ir daugelis kitų tyrėjų. Kaip pažymi G. Shanmugam, per 82 metų tyrimo laikotarpį buvo pasiūlyti ir taikomi 39 genetiniai terminai nuosėdinių uolienų deformacijų struktūroms apibūdinti. SSD struktūros dažnai naudojamos kaip žemės paleodrebėjimų indikatorius (kartais, atsižvelgiant į geologinę aplinką, vienintelis). Likvacijos požymiais gali būti vandens išsilaisvinimo struktūros, smėlio vulkanai ar liepsninės struktūros (Montenat et al., 2007).

Pagrindinė problema pagal SSD struktūras identifikuojant žemės paleodrebėjimus yra tai, kad SSD struktūros – nuosėdų suskystėjimo (likvacijos) rezultatas, o likvaciją, be žemės drebėjimų, gali sukelti dar beveik 25 skirtingi mechanizmai: cunamiai, meteoritų smūgiai, nuosėdų apkrovos (angl. *sediment loading*), kiti su žemės drebėjimais nesusiję sin-sedimentaciniai procesai (pavyzdžiui, dinosauro ėjimo sukelti virpesiai (T. Van Loon personalių komunikacijų metu pateiktas pavyzdys)) ir kt.



2 pav. Slinkio atodanga: injekcinės struktūros, susiformavusios apatiniame molingame sluoksnyje ir kylančios į viršuje esantį smėlio sluoksnį.

Kadangi savo prigimtimi žemės drebėjimas yra „išjudinimo“ (angl. *triggering*) mechanizmas, o ne nuosėdinis procesas, todėl vien pagal SSD struktūras negalima nustatyti šių „išjudinimo“ mechanizmų (Shanmugam, 2016). Kol kas nėra metodų, galinčių padėti vienareikšmiškai atskirti nuosėdų suskystėjimą, sukeltą žemės drebėjimo, nuo nuosėdų suskystėjimo, susidariusio dėl kitų priežasčių. SSD struktūros taip pat gali susidaryti veikiant visai eilei mechanizmų vienu metu. Taigi labai sunku ar net neįmanoma nustatyti, kuris būtent mechanizmas inicijavo SSD struktūrų nuosėdose susidarymą. Norint atpažinti SSD struktūras ir ypač identifikuoti jų seisminę kilmę, reikalingas ir kitus žemės paleodrebėjimo požymius nustatantis ir integruojantis tyrimų kompleksas.

Seminaro metu diskusijų su vienu žymiausių šios tematikos tyrėjų T. Van Loon (Šandongo mokslo ir technologijos universitetas, Žemės ir inžinerinių mokslų institutas, Ispanija) buvo įvardytas kompleksas požymių, reikalingų norint nustatyti žemės paleodrebėjimus. Tai labai aiškios sluoksnių, ribojančių SSD struktūras, ribos (1 pav.), šių sluoksnių su SSD struktūromis atsekamumas plačioje teritorijoje (ne mažiau kaip 100 m iki kelių šimtų metrų atstumu atsekama tįsa, 10–100 km<sup>2</sup> teritorija);

paleotranšėjų metodų taikymas siekiant identifikuoti aktyvų lūžį.

Po išplėstinių pranešimų ir trumpos diskusijos seminario dalyviai išvyko prie Liciškėnų atodangos, esančios į pietvakarius nuo Vilniaus. Ten buvo analizuojamos aptiktos injekcinės, išsišakojančios, liepsninės ir pseudonodulės (angl. *pseudonodule*) SSD struktūros (žr. 1 pav.). Seminaro dalyviai aktyviai diskutavo apie galimą šių struktūrų kilmę, jų atitikimą seismitams.

Antrą dieną seminario dalyviai išsiruošė prie Slinkio atodangos, esančios Dubysos upės krante, ir į Kumečių karjerą. Slinkio atodangoje, kaip ir Kumečių karjero atodangoje, buvo analizuojami stipriai deformuoti sluoksniai, kurie, be kitų SSD struktūrų Dubysos atodangoje, turėjo gerai išreikštas ribas. Taip pat buvo išskirtos smėlio apkrovos, injekcinės, fluido išsilaisvinimo ir liepsninės struktūros (2 pav.).

Trečios dienos rytą seminario dalyviai pajudėjo Kuršių marių link. Pro autobuso langą buvo galima pasigrožėti Nemuno pakrante, čia stūgsiančiais piliakalniais, Raudonės piliimi. Pakeliui buvo aplankytas legendomis ir padavimais garsėjantis Rambyno kalnas, nuo kurio atsivėrė nuostabi panorama į Nemuno žemupį ir kitapus tolumoje kylančius Tilžės miesto bokštus. Tai buvo puiki vieta pastu-



3 pav. Juodikių karjero atodanga: dr. A. Bitinas analizuoja molingo dumblo lęšių „skendimą“ smėlio sluoksnyje.



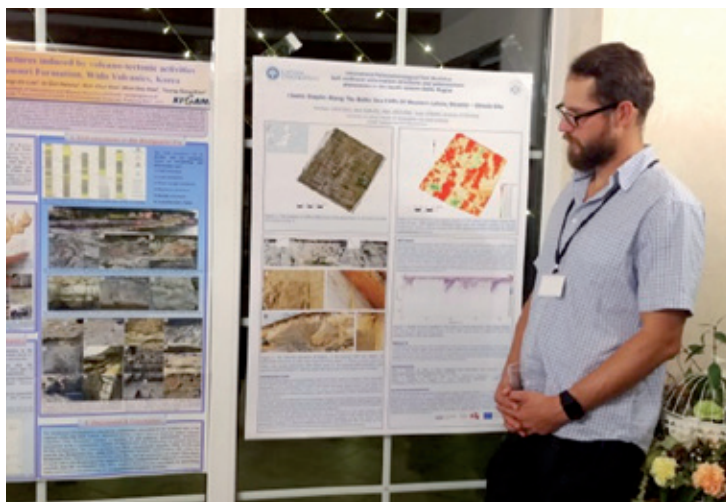
dijuoti Lietuvos kvartero geologinį žemėlapį ir supažindinti seminaro dalyvius su Lietuvos ir šių vietų geologine sandara. Po pietų seminaro dalyviai pasiekė Ventės ragą, kur marių pakrantės atodangose aptarė Lietuvos mokslininkų išskirtas SSD struktūras, susidariusias nuosėdų suskystėjimo proceso metu. Kita aplankyta atodanga – Juodikių karjeras, kur ypatingo dėmesio susilaukė molingo dumblo lęšių įsiterpimai į smėlingus sluoksnius ir SSD struktūros, panašios į Ventės rago atodangų struktūras (3 pav.). Įvairiose publikacijose nurodomos skirtingos šių struktūrų susidarymo priežastys ir įvardijami skirtingi jas suformavę geologiniai procesai (daugiametis iššalas (angl. *permafrost*), šlaitų gravitaciniai procesai, glaciotektoniniai procesai, organizmų veikla, dirvožemio susidarymo procesai ir kita, mažiau dėmesio skiriant paleoseisminiams įvykiams). Vakaras buvo skirtas žodiniams ir

stendiniams pranešimams, kuriuose mokslininkai pristatė savo tyrimus, taikytus tyrimų metodus bei šių tyrimų rezultatus (4 pav.).

Ketvirtą dieną seminaro dalyviai išvyko į Latviją. Baltijos jūros pakrantėje buvo aplankytos dvi atodangos, kuriose itin gerai išryškėjo SSD struktūros. Sarnatės atodangoje matomos apkrovos ir injekcinės struktūros, čia puikiai matyti simetriškos raukšlės su injekcinėmis struktūromis centrinėse raukšlių dalyse. Baltmuizos atodangoje (5 pav.) buvo identifikuotos SSD struktūros, ir, anot T. Van Loon, labiausiai tikėtini paleoseismitų požymiai. Ryškiai išsiskyrė apkrovos ir vanden

išlaisvinimo struktūros (6 pav.). Nors pūtė stiprus vėjas, keletas seminaro dalyvių vis tik ryžosi išsimaudyti au dringoje Baltijoje.

Paskutinytis seminaro vakaras buvo skirtas apibendrinti lauko seminaro, tiriant Lietuvos ir Latvijos atodangas, rezultatus, pasidalinti idėjomis ir naujai kilu-



4 pav. Kristaps Lamsters iš Latvijos universiteto pristato savo stendinį pranešimą.



5 pav. Baltmuižos atodanga, Latvija.

siais klausimais. Svečiai buvo vaišinami lietuvių tradiciniais patiekalais, o labiausiai visus nustebino ir sužavėjo netikėtas folklorinio ansamblio „Žemčiūgai“ iš Vydmantų (Kretingos r.) pasirodymas.

Paskutinę seminaro dieną pakeliui į Vilnių dalyviai sustojo prie Minijos kairiajame krante esančios Dyburių atodangos. Tai – aukščiausia Minijos upės atodanga, kurios aukštis siekia net 33 m. Čia buvo analizuojamos apkrovos, rutulinės, liepsninės ir injekcinės struktūros. Seminarą užbaigė Jono Satkūno ir Andreas Börner sukurta ir autorių kartu su kitais seminaro dalyviais atlikta nuotaikinga daina apie seismitus ir įsimintiniausias prabėgusios savaitės akimirkas.

Seminaro metu buvo apžvelgtas daug atodangų Lietuvoje ir Latvijoje, aptartos matytos struktūros, vyko aktyvios diskusijos ir pasikeitimas nuomonėmis, buvo atsakyta į daugelį klausimų, tačiau visi vieningai pritarė, kad po šio seminaro jų kilo dar daugiau. Vieningai buvo pritarta, kad vienareikšmiškai įvardinti SSD struktūrų kilmę sudėtinga, net jei nuosėdose matyti daug būdingų

bruožų. Todėl būtina toliau vykdyti detalesnius tyrimus, gilintis į surinktą medžiagą ir kelti naujas hipotezes. Tai dar kartą akivaizdžiai parodė šio pirmojo Lietuvoje lauko seminaro, kuriame buvo galima pasidalinti patirtimi ir žiniomis su kolegomis iš kitų šalių, pasisemti idėjų naujiems tyrimams, reikšmę ir naudą.



6 pav. Baltmuižos atodanga: deformuoti horizontai su skirtingais struktūrų stiliais, dydžiais ir forma ( apkrovos ir vandens išlaisvinimo struktūros).

#### Literatūra

- Montenant, C., Barrier, P., Otté Estevou, P., Hibsche, C., Seismites: An attempt at critical analysis and classification, *Sed. Geol.* 196 (2007), 5–30.
- 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). 1-9.
- Pačėsa A., Šliaupa S. Seismic activity and seismic catalogue of the East Baltic region. *Geologija*. Vilnius. 2011. Vol. 53. No. 3(75). 134–146.
- „The Contribution of Palaeoseismology to Seismic Hazard Assessment in Site Evaluation for Nuclear Installations“, IAEA, 2015.
- Seilacher, A., Fault-graded beds interpreted as seismites, *Sedimentology* 13, (1969), 15–159.
- G. Shanmugam. The seismites problem. *Journal of Paleogeography*. Vol.5, No. 4., (2016). 318-362 (00104).