



Prekambro tyrimai Geologijos ir geografijos institute

Gražina Skridlaitė

(Gamtos tyrimų centro Geologijos ir geografijos institutas)

Skridlaitė, G., 2011. The investigation of Precambrian rocks at the Institute of Geology and Geography. *Baltica*, Vol. 24, Special Issue // Geosciences in Lithuania: challenges and perspectives, 73–80. Vilnius. ISSN 0067–3064.

Abstract The structural and exploration drilling in the 1950–1980s provided a voluminous drill core material for the scientific investigation of the Precambrian rocks in the crystalline basement of Lithuania. Modern scientific approaches such as U-Pb, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, Re-Os isotope, P-T conditions investigations, seismic profiling etc. were applied after Lithuania regained the independence. The absence of Archaean rocks, Palaeoproterozoic magmatic complexes of 1.86-1.80 Ga, remnants of c. 1.83-1.80 Ga volcanic island arc, final accretion of the continental crust in Lithuania at c. 1.80 Ga, Mesoproterozoic c. 1.53-1.50 and 1.45 Ga AMCG rocks and shear zones, deep seismic structure of the crust are the major results of these investigations. As an example of SIMS application to the Lithuanian crystalline rocks, the U-Pb age estimation in the Lz16 drilling of Lazdijai area is given. The implied 1511 ± 5 Ma age for the Lz16 quartz monzodiorites is in a time range for the AMCG rocks of the Mazury complex in northern Poland and Veisiejai complex in southern Lithuania. These rocks belong to the same AMCG complex and were reworked later, at c. 1.45 Ga.

Keywords Precambrian, East European Craton, isotopic study, metamorphism, magmatism, geophysics, Lithuania.

Gražina Skridlaitė [skridlaite@geo.lt], Nature Research Centre, Institute of Geology and Geography, 13, T. Ševčenkos Str., 03223 Vilnius, Lithuania. Manuscript submitted 29 June 2011, accepted 15 July 2011.

ĮVADAS

Per praėjusius dešimtmečius Žemės gelmių tyrimai sparčiai plėtojosi, įgaudami prognozinį pobūdį. Mokslo pažanga leidžia nustatyti praeityje vykusių geologinių procesų amžių, atkurti ir prognozuoti tektoninių procesų greitį ir laiką. Jungtinių tautų organizacija su UNESCO ir IUGS (Tarptautinė geomokslų sąjunga) 2008 metus paskelbė tarptautiniais planetos Žemės metais. Ypač didelis dėmesys buvo ir yra skiriamas Žemės gelmėms pažinti, ypač naudingųjų iškasenų gavybai įsisavinti bei įvertinti jų poveikį aplinkai, diegti naujų bei alternatyvių energijos šaltinių panaudojimui ir kt. Šios naujos Žemės gelmių pažinimo ir panaudojimo galimybės atėjo į mokslą palaipsniui, per tris ilgus geologijos mokslo šakų ir kryptių raidos ir vystymosi amžius. Per tą ilgą laikotarpį Lietuvos Žemės gelmės pamažu atsivėrė, nes atsirasdavo vis naujesnių,

modernesnių geologinių ir geofizinių tyrimų ir įrangos. Taip išsivystė ir dabartinės geologinių tyrimų kryptys. Tačiau modernūs kiekybiniai tyrimai buvo pradėti plačiai taikyti tik Lietuvai atgavus nepriklausomybę 1990 m. Įvairiais moderniais metodais nustatomas prekambro laikotarpio uolienų amžius, tiriamos jų susidarymo sąlygos (cheminės sudėties ir temperatūros bei slėgio analizė), giluminė struktūra (seisminiais, aeromagnetiniais ir kt. metodais), jos įtaka paviršiui, geoterminė gelmių energija ir kt. mineraliniai resursai. Šiame straipsnyje pateiksime trumpą tyrimų apžvalgą ir uolienų absoliutinio amžiaus nustatymo pavyzdžius.

TYRIMŲ PRADŽIA

Septintajame–aštuntajame XX a. dešimtmetyje Geologijos institute buvo tirta kristalinio pamato senoji dūlėjimo žievė, kristalinio pamato uolienų rūdingumo

perspektyvos (Васильев 1969). Vėliau į prekambro tyrimus Institute įsijungė Gediminas Motuza-Matuzevičius (nuo 1984 m.) ir Gražina Skridlaitė (nuo 1985 m.). Dar vėliau kristalines uolienas Institute tyrė Kazimieras Kepežinskas (Kepežinskas *ir kt.* 1996; Kepežinskas 1997a, b), Vytautas Morkūnas (Morkūnas 2001; Lietuvos..., 2003), Lilijana Dagytė (Мотуза *u др.*, 1991), Olga Sevriukova, Zita Smilgienė (Skridlaitė, Smilgienė 2004)¹². Buvo sudaromi kristalinio pamato žemėlapiai (Motuza, Pap 1986; Мотуза *u др.* 1986), tiriami Lietuvos kristalinio pamato grėžiniai, uolienų metamorfizmas (Клейн *и др.*, 1990), rūdiniai kompleksai (Белевцев *и др.* 1988), Varėnos geležies rūdos ir metasomatiniai procesai (Мотуза, Скридлайте 1988; Скридлайте 1993a, 1993b), kristalinio pamato magminiai kompleksai (Кеpezинскас *и др.* 1988; Skridlaitė, Motuza 1994), tikrinamos Archėjinių žaliųjų skalūnų sričių ir kt. hipotezės (Motuza *ir kt.* 1987; Кеpezинскас, Мотуза 1988), kristalinių uolienų geoterminis potencialas (Kepežinskas *ir kt.* 1996; Rastenienė *et al.* 1998; Šliaupa *et al.* 2005).

1993 m. Geologijos institute G. Skridlaitė apgynė mokslų daktaro disertaciją „Metasomatizmas Varėnos geležies rūdos zonoje Pietų Lietuvoje“ (Скридлайте 1993b). 2001 m. Vytautas Morkūnas apgynė mokslų daktaro disertaciją „Baltijos regiono kristalinio pamato paleogeodinaminės rekonstrukcijos“ (Morkūnas 2001).

Nuo 1991 m. vykdomi amžiaus nustatymai Sm-Nd, U-Pb, ⁴⁰Ar/³⁹Ar, U-Pb, Re-Os metodais. Paaiškėjo, kad Lietuvoje nėra archėjaus laikotarpio uolienų (Sundblad *et al.* 1994; Stein *et al.* 1998; Motuza, Skridlaitė 1999; Claesson *et al.* 2001; Bogdanova *et al.* 2001; Mansfeld 2001; Rimsa *et al.* 2001; Motuza 2004; Skridlaitė *et al.* 2006; Bogdanova *et al.* 2006).

1993–2008 m. Lundo universitete Švedijoje buvo nustatomi Lietuvos kristalinio pamato uolienų metamorfizmo parametrai – slėgis (P) ir temperatūra (T). Išaiškintos įvairių Lietuvos vietų uolienų susidarymo sąlygos, atliktas dvimatis terminis uolienų susidarymo sąlygų ir laiko modeliavimas (Skridlaitė 1994; Motuza, Skridlaitė 1999; Skridlaite, Motuza 2001; Skridlaite *et al.* 2000; Skridlaite *et al.* 2003b; Bogdanova *et al.* 2006). 1994 m. atspausdintas pirmasis straipsnis, kuriame paskelbtas tradiciniu U-Pb metodu cirkono grūduose nustatytas 1502 mln. m. Kabelių granitų Pietų Lietuvoje amžius (Sundblad *et al.* 1994).

Nuo 2001 m. kelios dešimtys amžiaus nustatymų U-Pb metodu cirkonuose antrinių jonų masės spektroskopijos būdu (SIMS) atlikta Švedijos gamtos muziejaus NORDSIM laboratorijoje (Claesson *et al.*

2001; Skridlaite *et al.* 2007a, b, c; Skridlaite *et al.* 2008; Krzeminska *et al.* 2009).

2004 m. buvo paskelbti galutiniai valstybinės mokslo programos „Litosfera“ vykdymo rezultatai - pateikti G. Motuzos sudarytas žemėlapis, tektoninė schema, uolienų tyrimų rezultatai (Motuza 2004), taip pat G. Skridlaitės tirti metamorfizmo parametrai (Skridlaitė, Smilgienė 2004). 2006 m. paskelbti galutiniai tarptautinio EUROBRIDGE projekto (1994–1997 m.) rezultatai (Bogdanova *et al.* 2006; Grad *et al.* 2006).

2006 m. pradėti tirti U-Pb kiekiai Lietuvos kristalinių uolienų monacituose EPMA metodu (elektronų masės spektroskopijos mikrozoninė analizė). Nustatinėjamas magminių ir metamorfinių uolienų amžius (Skridlaite *et al.* 2007a; Baginski, Skridlaite 2008; Skridlaite *et al.* 2008; Skridlaite *et al.* 2010). Tarptautinio EUROBRIDGE projekto seisminiais tyrimais išaiškinta, kad Vakarų Lietuvoje Žemės pluta yra 40–44 km, o rytuose – 55 km storio (Bogdanova *et al.* 2006; Grad *et al.* 2006).

PREKAMBRO GEOLOGINIAI ĮVYKIAI PAGAL 1990-2011 M. TYRIMŲ REZULTATUS

Dviejų pastarųjų dešimtmečių tyrimų duomenys, ypač geochronologiniai leidžia sudaryti tokią geologinių įvykių prekambre seką.

■ Seniausias žinomas, greičiausiai vulkaninių salų arkų tipo magmatizmas vyko prieš 1,9 mlrd. m. (naujausių tyrimų medžiaga, skelbta konferencijoje).

■ Lietuvos kristaliniame pamate gausu 1,86-1,80 mlrd. m. senumo magminių kompleksų, tarp jų gabro, dioritų, granodioritų, granitų, čarnokitų ir enderbitų (Claesson *et al.* 2001; Skridlaite, Motuza 2001; Motuza 2004; Bogdanova *et al.* 2006).

■ Pietų, Vidurio ir Šiaurės Vakarų Lietuvoje randa mi apie 1,83-1,80 mlrd. m. senumo vandenyninių salų lanko fragmentai (Wiszniewska *et al.* 2005a, 2005b; Skridlaite *ir kt.* 2007b; Krzeminska *et al.* 2009). Panašu, kad šis lankas jungiasi su Oskarshamn-Jonkopinge vulkaninių salų lanku pietų Švedijoje (Mansfeld *et al.* 2005) ir analogiško laikotarpio salų lanku šiaurės Lenkijoje (Krzeminska *et al.* 2009).

■ Galutinis atskirų Lietuvos kristalinio pamato domenų susijungimas į vieną kontinentą įvyko prieš maždaug 1,8 mlrd. m. (Skridlaite *et al.* 2004; Bogdanova *et al.* 2006).

■ Metamorfinis ir tektoninis perdirbimas prieš maždaug 1,7-1,6 mlrd. m., tektoninių zonų susidarymas (Skridlaite *et al.* 2007a; Baginski, Skridlaite 2008; Skridlaite *et al.* 2010).

■ 1,53-1,50 mlrd. m. anortozitų-mangeritų-čarnokitų-granitų (AMČG) magmatizmas ir tektoninių zonų atsiradimas (Skridlaite *et al.* 2003a; Skridlaite *et al.* 2008).

■ 1,46–1,45 mlrd. m. AMČG magmatizmas (Motuza-Matuzevičius *et al.* 2006; Skridlaitė *et al.* 2007c).

¹ Мотуза, Г.Б., Скридлайте, Г.В., 1988. Исследования метасоматических процессов и их связей с минерализацией кристаллического фундамента Южной Литвы. *Отчет*, Вильнюс, Геологическая служба Литвы, 156 с.

² Мотуза, Г.Б., Скридлайте, Г.В., Дагис, Л., 1991. Железорудная зона Южной Литвы. *Отчет*, Вильнюс, Геологическая служба Литвы, 139 с.

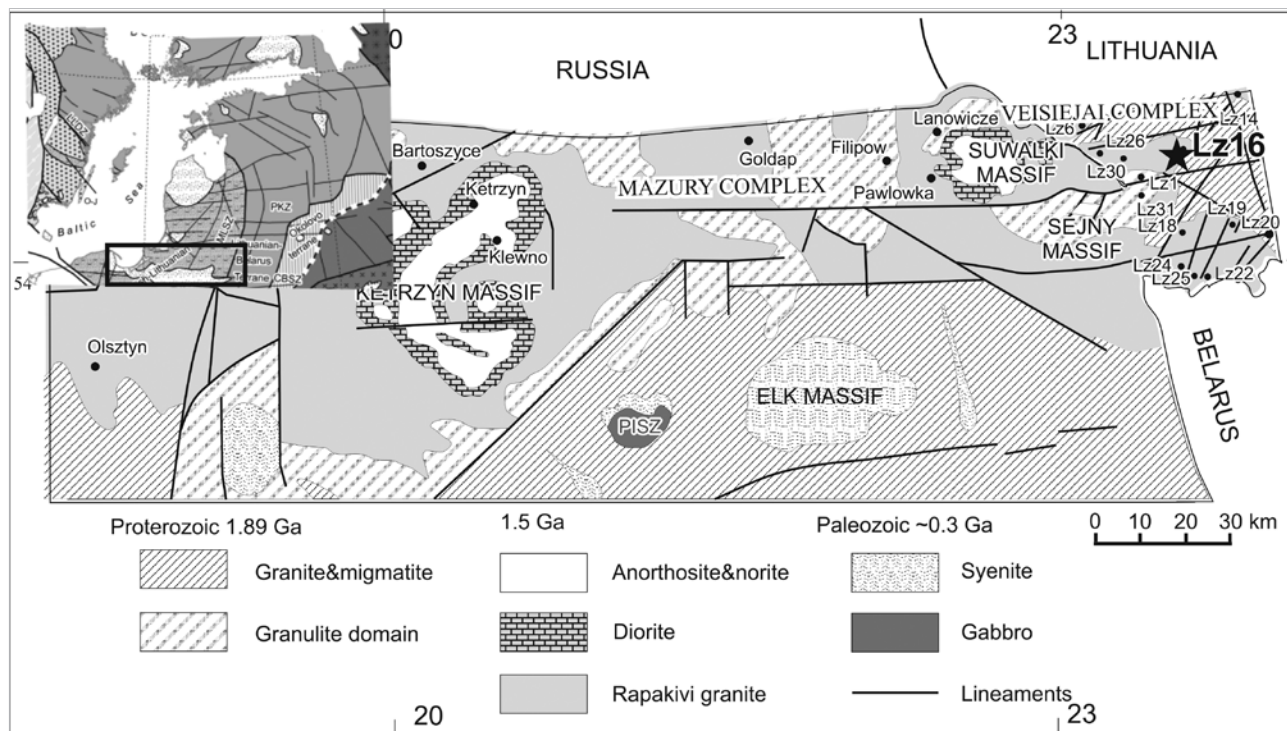
AMČG KOMPLEKSO UOLIENŲ AMŽIAUS NUSTATYMAS LAZDIJAI-16 GRĘŽINYJE

Vienas svarbiausių pastarojo dešimtmečio kristalinių uolienų tyrimų Institute pasiekimų – kelios dešimtys absoliutinio amžiaus nustatymų U-Pb metodu cirkonuose tradiciniu ir moderniausiu antrinių jonų masės spektroskopijos (Secondary Ion Mass Spectroscopy - SIMS) būdais Izotopinių tyrimų laboratorijoje Stokholme, Švedijoje. Tyrimams tradiciniu U-Pb cirkonuose metodu reikia didelio kiekio medžiagos (apie 50 kg), o SIMS tyrimui tereikia 1-2 kg uolienos. Tai didelis šio metodo privalumas, nes kerno kiekis labai ribotas. Be to Lietuvos kristalinio pamato uolienos buvo perdirbtos daugybę kartų, o tradiciniu U-Pb metodu galima datuoti vieną įvykį. Todėl geriau taikyti SIMS metodą, leidžiantį nustatyti ne vieno, o keleto atskirų įvykių amžių. Tyrimus finansavo 5 ir 6 FP programų projektai „HIGHLAT“ ir „SYNTHESSYS“, Švedijos instituto programos ir Lietuvos valstybinis mokslo fondas.

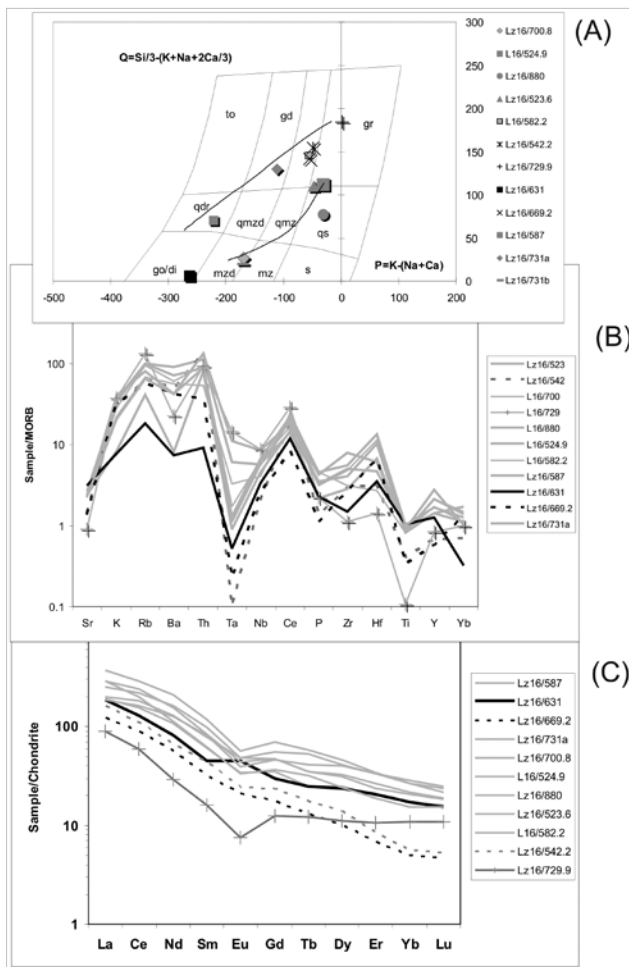
Geologinė situacija. Lazdijų plotas pietų Lietuvoje yra didžiulio Mozūrų AMČG komplekso, besitęsiančio R-V kryptimi nuo Baltijos jūros per šiaurinę Lenkiją, pietų Lietuvą į ŠV Baltarusiją, dalis (1 pav.). AMČG komplekso dalis Lietuvoje vadinama Veisiejų kompleksu. Lazdijai - 16 gręžinys (1 pav.) pragręžė AMČG storumę, sudarytą iš stipriai ir vidutiniškai deformuotų gabroidų (amfibolitų), kvarcinių dioritų, kvarcinių moncodioritų, kvarcinių monconitų, granodioritų ir granitų (2A pav.). Storumę kerta pegmatitinės gyslos. Iš uolienų slūgsojimo sąlygų, mineralinės ir cheminės

sudėties (2A,B, C ir 3A, B pav.) galima spręsti, kad storumę sudaro AMČG komplekso uolienos ir talpinantys metamorfizmuoti granodioritai bei gabroidai. AMČG uolienoms būdingi šarminis-kalcinis ir subšarminis magmos diferenciacijos trendai (uolienos pavaizduotos pilkos spalvos simboliais, 2A pav.), aukšti nesuderinamų mikroelementų kiekiai (pilkos spalvos linijos, 2B pav.), dideli lengvųjų ir sunkiųjų retųjų žemių elementų (RŽE) kiekiai (pilkos spalvos linijos, 2C pav.). Diskriminacinėse diagramose matome, kad šios uolienos patenka į plokščių vidurio (WPG) ir post-kolizinių (post-COLG) granitoidų laukus. Du granodioritų pavyzdžiai (Lz16/542,2 ir Lz16/669,2) išsiskiria mažesniais suderinamų ir nesuderinamų mikroelementų kiekiais (punktyrinės linijos 2B pav.), labai neigiama Ta anomalija, mažesniais nei AMČG uolienos RŽE kiekiais be EU anomalijos (punktyrinės linijos, 2C pav.). Diskriminacinėse diagramose jie patenka į susidūrimo (kolizijos) metu susidarantių uolienų (syn-COLG) ir vulkaninių arkų granitų (VAG) laukus (3A, B pav.). Šios uolienos nepriklauso AMČG kompleksui. Jų deformacijos lygis ir cheminė sudėtis liudija, kad tai senesnės, AMČG kompleksą talpinančios uolienos.

Pavyzdžio ir tyrimų metodikos aprašymas. Geochronologiniams tyrimams pasirinkti šiame gręžinyje vyraujantys kvarciniai moncodioritai ir kvarciniai monconitai (4 pav., Lz16/523,6). Monconitas sudarytas iš porfyriško plagioklazo ir kalio feldšpato, apsupto smulkesniais raginukės, biotito, rūdinių mineralų, apatito suaugimais. Pavyzdys amžiaus nustatymui Lz16/628 paimtas iš analogiškos uolienos. Cirkono grūdai įaugę feldšpatuose arba randami biotito, kvarco,



1 pav. Šiaurinės Lenkijos ir Pietų Lietuvos kristalinio pamato schema (pagal Wiszniewska, Korabliovą, Šliaupą ir Skridlaite). Intarpe: Rytų Europos kratono prekambro geologija pagal S. Bogdanovą. Stačiakampiu parodytas tyrimų plotas.



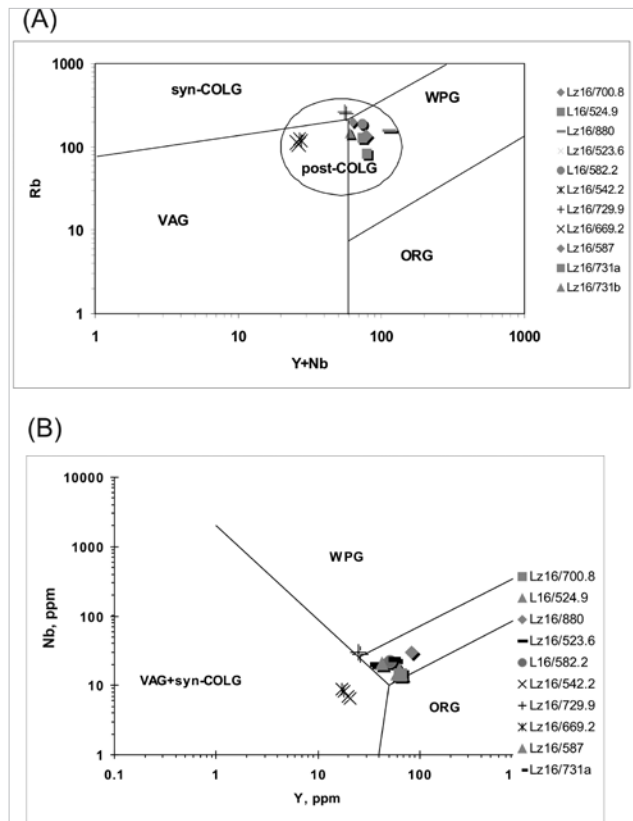
2 pav. Lz 16 grėžinio uolienų klasifikacinės diagramos: (A) – P-Q diagrama (Debon, Le Fort, 1983), suskirstanti uolienas į grupes pagal pagrindinių cheminių elementų kiekius.

gr- granitas, gd – granodioritas, to – tonalitas, qdr – kvarcinis dioritas, qmzdr – kvarcinis moncodioritas, qmz – kvarcinis monconitas, qs – kvarcinis sienitas, go/di – gąbro/dioritas, mzd- moncodioritas, mz – monconitas, s - sienitas.

(B) – mikroelementų kiekiai, normalizuoti pagal vandenyno vidurio kalnagūbrių bazaltus (MORB).

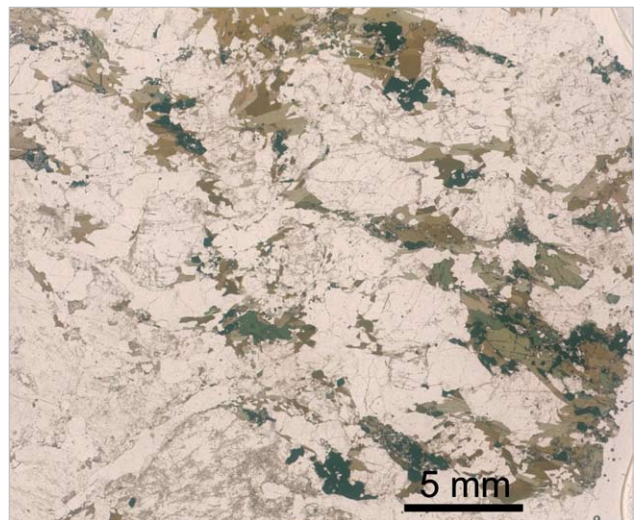
(C) – RŽE kiekiai, normalizuoti pagal chondrito kiekį (normalizavimo koeficientai pagal Boynton, 1984).

rūdinių mineralų suaugimuose. Lz16/628 pavyzdys buvo susmulkintas, išskirti keli šimtai 150-300 μm cirkono grūdėlių. U-Pb kiekiai šiuose cirkonuose tirti Cameca ims1270 antrinių jonų masės spektroskopijos aukštos rezoliucijos joniniu mikrozondu Švedijos gamtos muziejaus NORDSIM laboratorijoje. Analitinė procedūra pagal Whitehouse et al. (1999). U-Pb kiekių skaičiuoti juos lyginant su 1065 Ma cirkono standartu (Geostandards 91500; Wiedenbeck et al. 1995). Ten, kur ²⁰⁴Pb kiekis rodo esant įprastinio (common) švino, jis buvo kalibruotas naudojant Stacey ir Kramers (1975) šiuolaikinio švino sudėtį, priimant kad šis švinas – tai paviršinio švino priemaiša. Amžius skaičiuotas pagal Ludwig (1991) rekomendacijas. Visų cirkonų vidinė sandara tirta katodoluminescencinėje šviesoje HITACHI elektroniniu mikroskopu (5 pav.).

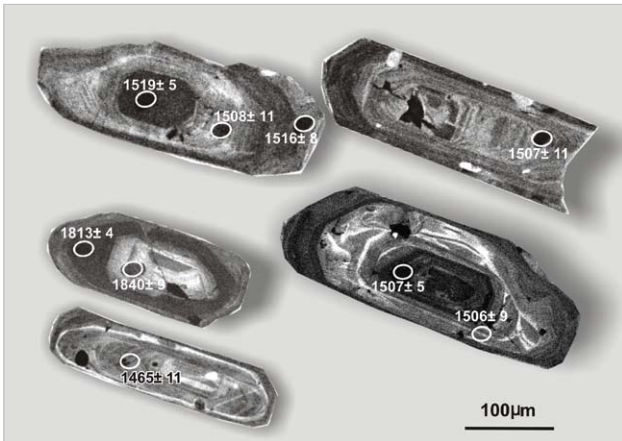


3 pav. Lz 16 grėžinio uolienų diskriminacinės diagramos: (A) – mikroelementų Rb ir Y+Nb, kur syn-COLG – sinkoliziniai granitai, post-COLG – pokoliziniai granitai, WPG – plokščių vidurio granitai, VAG – vulkaninių arkų granitai, ORG – orogeniniai granitai. (B) – mikroelementų Nb ir Y, kur WPG – plokščių vidurio granitai, ORG – orogeniniai granitai, VAG+syn-COLG – vulkaninių lankų ir sinkoliziniai granitai.

Tyrimo rezultatai. Aštuoniolikoje taškų vienuolikoje cirkono grūdų išmatuoti U ir Pb izotopų kiekiai ir nustatytas amžius. Trijų labai diskordiškų taškų duomenys neįtraukti į amžiaus skaičiavimus.



4 pav. Lz16/523,6 m kvarcinis moncodioritas, sudarytas iš porfyriškų plagioklazo, K-feldšpatu ir kvarco grūdų (baltų), raginukės (žalios), biotito (rudo) su juodais rūdinių mineralų suaugimais.



5 pav. Lz16/628 monzodiorito cirkonai katodoliuminescencinėje šviesoje. Balti ovalai rodo analizės taško vietą. Šalia parašytas amžius su paklaida pagal 1 sigma.

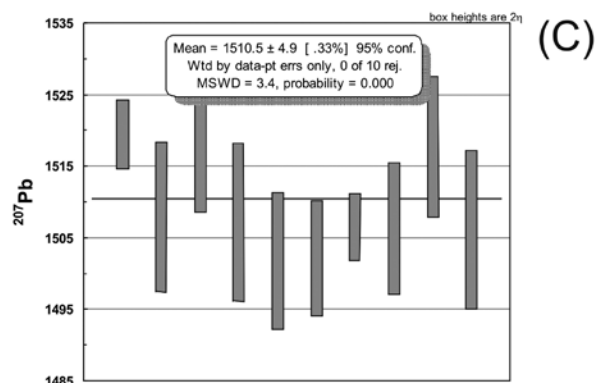
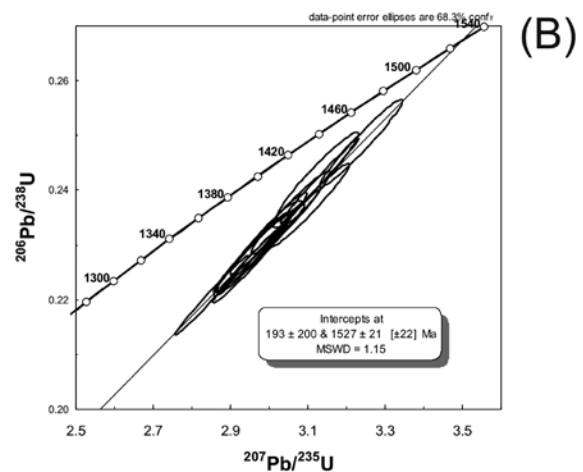
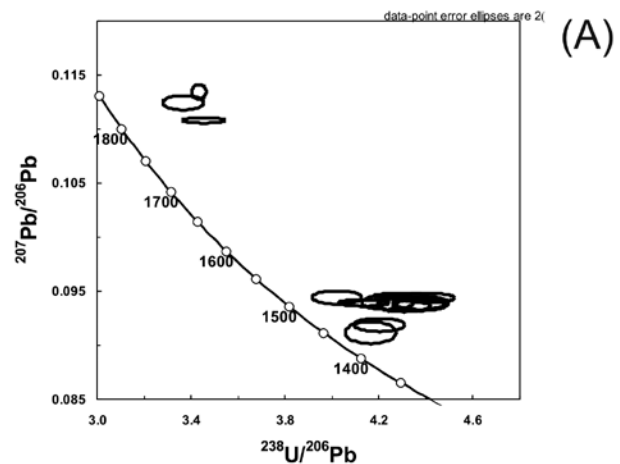
Tera-Wasserburg diagramoje (6A pav.) matyti, kad amžiaus nustatymo duomenys pasiskirsto į tris grupes. Dešimtyje pailgų, prizmatiškų, taisyklingos formos, 200-300 μm dydžio cirkonų su vidiniu osciliaciniu (magminio augimo) zoniškumu amžius, apskaičiuotas pagal diskordijos linijos susikirtimą su konkordija siekia 1527 ± 21 mln.m (6B pav.). Jis artimas vidurkiniam (weighted average) 1511 ± 5 milijonų metų amžiui (6C pav.). Šviesus ovalo formos 150 μm cirkono branduolys yra 1840 ± 9 mln. m., o pilkas apaugimas - 1813 ± 4 mln.m. senumo (5 pav.). Tai, kad grūdėlis smulkesnis už kitus grūdus, užapvalinti kampai ir amžius byloja, kad šis cirkonas paveldėtas iš motininių uolienų, iš kurių AMČG komplekso uolienos išsilydė. 150 μm dydžio, ištempto stačiakampio formos cirkonas su aiškiais osciliaciniu augimo linijomis jaunesnis - 1465 ± 11 Ma (5 ir 6A pav.). Tai liudytų, kad buvo dar vienas jaunesnis įvykis.

IŠVADOS

Lazdijų (Veisiejų) AMČG kompleksas Lietuvoje įsiskverbė į 1,86-1,81 mlrd. m. senumo magmines uolienas, daugiausiai gabrinės-dioritinės-granodioritinės sudėties. Iš šių uolienų ir išsilydė didžioji AMČG komplekso dalis. Apie tai byloja 1,85-1,81 mlrd. m. senumo cirkono branduolys tirtose Lz16 gręžinio uolienose.

AMČG komplekso kvarciniai moncodioritai susidarė prieš 1511 ± 5 milijonų metų (vidurkinis statistinis amžius). Diskordijos linijos susikirtimo su konkordija 1527 ± 21 mln. m. amžius yra paklaidos ribose. Šis amžius patenka į 1,53-1,50 mlrd. m. intervalą, nustatytą Mazūrų Lenkijoje ir Veisiejų Lietuvoje kompleksams (Skridlaite *et al.* 2003a).

Po maždaug 50 mln. m., t.y. prieš 1465 ± 11 Ma Lz16 gręžinio uolienos patyrė dar vieną perdurbimo etapą, susijusį su nauju magmos įsiskverbimu arba vietiniu lydymusi. Šis įvykis nustatytas $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ metodu (Bogdanova *et al.* 2001; Skridlaite *et al.* 2006) Lazdijų uolienose ir kitur bei U-Pb metodais kitose Lietuvos vietose. Jis gali būti siejamas su Dano-Po-



6 pav. Lz16/628 pavyzdžio amžiaus nustatymai: (A) - Tera-Wasserberg konkordijos diagrama su visais analizių taškais, (B) - konkordijos diagrama su 1,5 mlrd. m. analizių taškais, (C) - vidurkių diagrama.

lonijos orogeniniais procesais, vykusiais vakaruose (Bogdanova *et al.* 2008).

Perspektyvios yra mineralų, uolienų, įvairių natūralių ir dirbtinių kietų junginių sudėties ir susidarymo sąlygų tyrimų kryptys, ypač dabar Institutui įsigijus QUANTA elektroninį skenuojantį mikroskopą su mikroanalizatoriumi. Tai palengvins ir izotopinius amžiaus nustatymus, nes katodoliuminescenciniu detektoriumi galima tirti cirkonų ir monacitų mineralų vidinę struktūrą.

Literatūra

- Baginski, B., Skridlaite, G., 2008. Monazites as a tracer of metamorphic events in migmatitic granulites of south-western Lithuania. *Mineralogia, Special papers* 32, p. 39.
- Bogdanova, S., Gorbatshev, R., Grad, M., Lanik, T., Guterch, A., Kozlovskaya, E., Motuza, G., Skridlaite, G., Starostenko, V., Taran, L. & EUROBRIDGE and POLONAISE working groups, 2006. EUROBRIDGE: new insight into the geodynamic evolution of the East European Craton. In D. G. Gee, R. A. Stephenson (eds), *European Lithosphere Dynamics. Geological Society, London, Memoirs* 32, 599–625.
- Bogdanova, S.V., Bingen, B., Gorbatshev, R., Kheraskova, T.N., Kozlov, V.I., Puchkov, V.N., Volozh, Yu.A., 2008. The East European Craton (Baltica) before and during the assembly of Rodinia. *Precambrian Research* 160, 23–45.
- Bogdanova, S.V., Page, L.M., Skridlaite, G., Taran, L.N., 2001. Proterozoic tectonothermal history in the western part of the East European Craton: 40Ar/39Ar geochronological constraints. *Tectonophysics* 339 (1–2), 39–66.
- Boynton, W.V., 1984. Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In P. Henderson (ed.), *Rare Earth Element Geochemistry*, Elsevier, Amsterdam, 63–114.
- Claesson, S., Bogdanova, S.V., Bibikova, E.V., Gorbatshev, R., 2001. Isotopic evidence for Paleoproterozoic accretion in the basement of the East European Craton. *Tectonophysics* 339, 1–18.
- Debon, F., Le Fort, P., 1983. A chemical classification of common plutonic rocks and associations. *Earth Sciences* 73, 135–149.
- Gailius, R., 1988. *Lietuvos meteoritiniai krateriai*. Vilnius, Mokslas, 100 pp.
- Gailius, R., Grigelis, A., Jankauskas, T., Kadūnas, V., 1994. *Archėjus. Proterozojus. Kn. Lietuvos geologija*. Vilnius, Mokslas, 447 pp.
- Grad, M., Janik, T., Guterch, A., Roda, P., Czuba, W., Jacyna, J., Korabliova, L., Motuza-Matuzevičius, G., Nasedkin, V., Šečkus R., 2006. Lithospheric structure of the western part of the East European Craton investigated by deep seismic profiles. *Geological Quarterly* 50 (1), 9–22.
- Kepežinskas, K., 1997a. Pabaltijo prekambro tektoninė sandara. *Geologija* 21, 5–11
- Kepežinskas, K., 1997b. Vakarų Lietuvos granulitų diaforezė, jos poveikis pirminei mineralų sudėčiai ir galimos pasekmės geologinei interpretacijai. *Litosfera* 1, 11–14.
- Kepežinskas, K., Rasteniėnė, V., Suveizdis, P., 1996. *Vakarų Lietuvos geoterminė anomalija*. Vilnius, Geologijos institutas, 68 pp.
- Krzeminska, E., Wiszniewska, J., Skridlaite, G., Williams, I. S., 2009. Evidence of Late Svecofennian sedimentary basins in the crystalline basement of NE Poland and adjacent areas of Lithuania and Belarus: ages, major detritus sources and correlations. *Geological Quarterly* 53 (3), 255–272.
- Lietuvos tektoninė sandara*, 2003 (red. P. Suveizdis). Vilnius, Geologijos ir geografijos institutas, 160 pp.
- Ludwig, K.R., 1991. ISOPLOT, a plotting and regression program for radiogenic data. *USGS Open-file Report*, 91–445.
- Mansfeld, J., 2001. Age and εNd constraints on the Palaeoproterozoic tectonic evolution in the Baltic-Sea region. *Tectonophysics* 339, 135–151.
- Mansfeld, J., Beunk, F.F., Barling, J., 2005. 1.83-1.82 Ga formation of a juvenile volcanic arc: implications from U-Pb and Sm-Nd analyses of the Oskarshamn–Jönköping Belt, southeastern Sweden. *GFF* 127, 149–157.
- Morkūnas, V., 2001. *Baltijos regiono kristalinio pamato paleogeodinaminės rekonstrukcijos*. Daktaro disertacija, Vilnius, Geologijos ir geografijos institutas, 79 pp.
- Motuza, G., 2004. Viršutinės plutos (kristalinio pamato) sandara ir raida. Kn. *Lietuvos Žemės gelmių raida ir ištekliai* (atsak. red. V. Baltrūnas), Vilnius, 17–40.
- Motuza, G., Skridlaitė, G., 1999. Lietuvos gilieji litosferos sluoksniai. Kn. *Lietuvos mokslas. Geomokslai* (red. A. Liekis ir A. Grigelis), Vilnius, 63–80.
- Motuza-Matuzevičius, G., Čečys, A., Kotov, A., Salnikova E., 2006. The Žemaičių Naumiestis granitoids: new evidences for Mesoproterozoic magmatism in western Lithuania. *GFF* 128 (3), 243–254.
- Rasteniėnė, V., Sliupa, S., Skridlaite G., 1998. The geothermal field in Lithuania. In Proceedings of the International Conference “The Earth’s thermal field and related research methods”, Moscow, Russia, 230–235.
- Rimsa, A., Bogdanova, S., Skridlaite, G., Bibikova E., 2001. The Randamonys TTG-intrusion in Southern Lithuania: Evidence of an 1.84 Ga Island arc. EUG XI, Strasbourg – France, 8 April – 12 April, *Journal of Conference Abstracts*, 6 (1). Web source: www.campublic.co.uk
- Skridlaitė, G., Whitehouse, M., Rimša, A., 2007c. Evidence for a pulse of 1.45 Ga anorthosite-mangerite-charnockite-granite (AMCG) plutonism in Lithuania: implications for the Mesoproterozoic evolution of the East European Craton. *Terra Nova* 19 (4), 294–301.
- Skridlaite, G., 1994. The metamorphism of metapelitic granulites from West Lithuania. *Geologija* 16, 21–28.
- Skridlaite, G., Motuza, G., 2001. Precambrian domains in Lithuania: evidence of the terrane tectonics, 2001. *Tectonophysics* 339 (1–2), 113–133.
- Skridlaite, G., Baginski, B., Whitehouse, M., 2008. Significance of c. 1.5 Ga zircon and monazite ages from charnockites in southern Lithuania and NE Poland. *Gondwana Research* 14, 663–674.
- Skridlaite, G., Baginski, B., Dzierzanowski, P., 2010. Monazite dating of Precambrian metamorphic events in the western East European Craton (Lithuania). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 74, (11), Supplement 1 (June

- 2010), p. A970. Earth, Energy, and the Environment, Knoxville Tennessee, USA, 13–18 June 2010.
- Skridlaite, G., Baginski, B., Whitehouse, M., 2007a. New evidence for c.1.7-1.6 Ga metamorphism in western East European Craton from zircon and monazite study. *Geophysical Research Abstracts* 9, EGU General Assembly 2007.
- Skridlaite, G., Bogdanova, S., Page, L., 2006. Mesoproterozoic events in Eastern and Central Lithuania as recorded by $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages. *Baltica* 19 (2), 91–98.
- Skridlaite, G., Krzemińska, E., Wiszniewska, J., 2007b. Proterozoiczny luk wysp—interpretacja osadowo-wulkanicznej formacji skal z podłoża krystalicznego południowej Litwy i północno-wschodniej Polski. *Przegląd Geologiczny* 55(4), 305–306.
- Skridlaite, G., Motuza, G., 1994. Vydmantų–I gręžinio charakteristika. Kn. *Lietuvos Žemės gelmių tyrimų, panaudojimo ir apsaugos problemos*, Vilnius, Geologijos institutas, 69–73.
- Skridlaite, G., Smilgienė, Z., 2004. Metamorfizmo raida ir tektoninės sąlygos. Kn.: *Lietuvos Žemės gelmių raida ir ištekliai* (atsak. red. V. Baltrūnas), Vilnius, 40–45.
- Skridlaite, G., Taran, L., Bogdanova, S., 2000. Metamorphic evolution in the Proterozoic along the western and central parts of the EUROBRIDGE profile. *Geophysical Journal* 4(22), 127–128.
- Skridlaite, G., Taran, L., Bogdanova, S., Whitehouse, M., Rimsa, A., Smilgiene, Z., 2004. New evidence for the 1.8 Ga collisional/accretionary event in the west of the East European Craton. *32nd International Geological Congress*, Abstracts Volume, Pt. 1, 241.
- Skridlaite, G., Willingshofer, E., Stephenson R., 2003b. P-T-t modelling of Proterozoic terranes in Lithuania: geodynamic implications for accretion of southwestern Fennoscandia. *GFF* 125, 201–211.
- Skridlaite, G., Wiszniewska, J., Duchesne, J.-C., 2003a. Ferro-potassic A-type granites and related rocks in NE Poland and S Lithuania: west of the East European Craton. *Precambrian Research* 124/2-4, 305–326.
- Stacey, J.S., Kramers, J.D., 1975. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model. *Earth and Planetary Science Letters* 2, 207–221.
- Stein, H. J., Sundblad, K., Markey, R. J., Morgan, J. W., Motuza, G., 1998. Re-Os ages for Archean molybdenite and pyrite, Kuittila-Kivisuo, Finland and Proterozoic molybdenite, Kabeliai, Lithuania: testing the chronometer in a metamorphic and metasomatic setting. *Mineralium Deposita* 33, 329–345.
- Sundblad, K., Mansfeld, J., Motuza, G., Ahl M., Claesson S., 1994. Geology, geochemistry and age of a Cu-Mo-bearing granite at Kabeliai, southern Lithuania. *Mineralogy and Petrology* 50 (1–3), 47–53.
- Šliaupa, S., Motuza, G., Korabliova, L., Motuza, V., Zaludienė, G., 2005. Hot granites of southwest western Lithuania: new geothermal prospects. *Technika Poszukiwan Geologicznych, Geosinoptika i Geotermia* 3, 10–23.
- Whitehouse, M.J., Kamber, B., Moorbath, S., 1999. Age significance of U-Th-Pb zircon data from early Archean rocks of west Greenland - a reassessment based on combined ion-microprobe and imaging studies. *Chemical Geology* 160, 201–224.
- Wiedenbeck, M., Alle, P., Corfu, F., Griffin, W.L., Meier, M., Oberli, F., von Quadt, A., Roddick, J.C., Spiegel, W., 1995. Three natural zircon standards for U-Th-Pb, Lu-Hf trace element and REE analysis. *Geostandards Newsletter* 19, 201–224
- Wiszniewska, J., Krzemińska, E., Skridlaite, G., Motuza, G., Williams, I., Whitehouse, M., 2005a. Metasedimentary and metavolcanic rocks from NE Poland and Lithuania: implications for Precambrian crustal evolution. *The 12th Meeting of the Petrology Group of the Mineralogical Society of Poland "Crystalline Rocks of the East-European Craton"*, Scientific Communications, 104–108.
- Wiszniewska, J., Krzemińska, E., Skridlaite, G., Williams, I., 2005b. Wiek i geneza skał krystalicznych rejonu Moniek w porównaniu z podobnymi kompleksami na Litwie. *Przegląd Geologiczny* 53 (4), 347–348.
- Белевцев, Я.Н. и др., 1988. Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. *Тектоника*. Киев, Наукова думка, 204 с.
- Васильев, В., 1969. Древние коры выветривания кристаллического фундамента Прибалтики. Вильнюс, Минтис, 172 с.
- Кепежинскас, К., Кепежинскас, П., Мотуза, Г., 1988. Геохимические аномалии ультрамафит-мафитовые породы докембрийского фундамента юго-востока Литвы. *Доклады Академии наук СССР* 301 (5), 1200–1203.
- Кепежинскас, К., Мотуза, Г., 1988. Зеленокаменные пояса юго-восточной Литвы, запада Австралий и некоторые общие проблемы их формирования. Kn. *Геология и метаморфизм архейских зеленокаменных поясов* (ред. С. И. Рыбаков, В. Н. Кожевников), Петрозаводск, 141–156.
- Клейн, В.М., Пуура, В.А., Биркис, А.П., Копелмаа, Х.Ю., Мотуза, Г.Б., Скридлайте, Г.В., 1990. Метаморфизм докембрийских комплексов Прибалтики. Kn. *Геология и геохронология докембрия Восточно-Европейской платформы*, Сборник научных трудов, Наука, Ленинградское отделение, 146–154.
- Мотуза, Г.Б., Бушмин, С.А., Сууроя, К., 1987. Сопоставление структурно-вещественных комплексов погребенного докембрийского фундамента Южной Литвы и Олиокминской гранит-зеленокаменной области Алданского щита. Kn. *Геология и перспективы рудоносности фундамента древних платформ*, Ленинград, Наука, 231–239.
- Мотуза, Г.Б., Марфинас, С., Скридлайте, Г.В., Скрипкина, Т., 1989. Метасоматические породы Варенской железорудной зоны в Южной Литве. Kn. *Метасоматиты докембрия и их рудоносность*, Сборник научных трудов, Москва, Наука, 169–176.

- Мотуза, Г.Б., Пап, А.М., 1986. *Архей. Геологическая карта СССР. Лист N-(34), (35), Вильнюс.* Ленинград, 7–14.
- Мотуза, Г.Б., Пап, А.М., Пашкявичене, Л.Т., Пискун, Л.В., Шкурагов, В.И., 1986. *Протерозой. Геологическая карта СССР. Лист N-(34), (35), Вильнюс.* Ленинград, 14–25.
- Сакалаускас, К., 1968. *Тектоника и нефтегазоносность Юго-Западной Прибалтики.* Тр. Ин-та геологии, Вильнюс, Минтис, Вып. 4, 189 с.
- Скридлайте, Г., 1993а. Геохимические особенности Варенской железорудной зоны Южной Литвы. *Записки Всероссийского минералогического общества 1*, 81–87.
- Скридлайте, Г., 1993б. *Метасоматоз в Варенской железорудной зоне Южной Литвы.* Дисс. докт. естеств. наук, Ин-т геологии, Вильнюс.
- Сувейздис, П. И., 1982. *История геологического развития Прибалтики.* Автореф. докт. дисс., Ленинград, 48 с.