
Vėlyvojo landoverio ir venlokio graptolitų biostratigrafija ir sedimentacijos ypatumai pagal Kurtuvėnų-161 grėžinio (ŠV Lietuva) geocheminius duomenis

Donatas Kaminskas,

Juozas Paškevičius,

Sigitas Radzevičius

Kaminskas D., Paškevičius J., Radzevičius S. Graptolite biostratigraphy and peculiarities of depositional environments during Late Llandovery and Wenlock according to geochemical data from Kurtuvėnai-161 borehole (NW Lithuania). *Geologija*. Vilnius. 2006. No. 53. P. 1–7. ISSN 1392-110X

A detailed description of graptolite zones is provided in the article. The biostratigraphical studies enabled to establish 12 graptolite biozones. The new *parvus* biozone and *praedeubeli* and *deubeli* subzones in the Kurtuvėnai-161 borehole are described. Trace element Zr/Rb, Th/U, Sr(Zr + Th) ratios in total organic carbon (TOC) and graptolite fauna were examined in the Kurtuvėnai-161 borehole (NW Lithuania). The study showed that the mentioned trace element ratios could be used as indicators of the redox conditions (Th/U), grain size variation (Zr/Rb) and the siliclastics *versus* carbonate content variation ((Zr + Rb)/Sr). The combination of palaeontological and geochemical results could be used not only in the further graptolite ecological investigations, but also could provide information about the varying depositional conditions of the basin.

Key words: Silurian, Llandovery, Wenlock, geochemistry, graptolites, NW Lithuania

Received 10 October 2005, accepted 22 December 2006

Donatas Kaminskas, Juozas Paškevičius, Sigitas Radzevičius. Department of Geology and Mineralogy, Vilnius University, M. K. Čiurlionio str. 21/27, LT-03101 Vilnius, Lithuania. E-mail: donatas.kaminskas@gf.vu.lt, sigitas.radzevicius@gf.vu.lt

IVADAS

Pagrindinis darbo tikslas buvo patikslinti vėlyvojo landoverio ir venlokio (silūras) graptolitų biozonas bei jų ribas ir įvertinti jų sedimentacinio baseino aplinkos parametrų (granulometrija, oksidacija ir redukcija, karbonatinė ir terigeninė medžiaga) kaitą remiantis Kurtuvėnų-161 grėžinio geocheminiais duomenimis (1 pav.).

Kurtuvėnų-161 grėžinio silūro graptolitus tyrė J. Paškevičius (1997). Šiame grėžinyje jis pirmą kartą Lietuvoje išskyrė *lapworthi* biozoną. Viršutinio venlokio pristiograptidus nagrinėjo S. Radzevičius ir J. Paškevičius (2000), o šio grėžinio metabentonitus ir jų ryšį su graptolitų paplitimu – V. Motuza, S. Radzevičius,

J. Paškevičius (2002). Kurtuvėnų-161 grėžinio graptolitų kolekcija yra saugoma Vilniaus universiteto Geologijos ir mineralogijos katedroje, taip pat Geologijos ir geografijos instituto Geologijos muziejuje.

Nuodugnai ištyrus graptolitų fauną Kurtuvėnų-161 grėžinio pjūvis buvo suskaidytas į atskiras jų zonas. Remiantis geocheminiais duomenimis, pabandyta nustatyti oksidacinę-redukcinę aplinką bei granulimetrinės sudėties, karbonatinės ir terigeninės medžiagos kaitą. Tyrimams naudoti šie mikroelementai: Zr, Sr, Rb, Th, U. Daugiau informacijos apie geocheminius Kurtuvėnų-161 grėžinio uolienų ypatumus galima rasti literatūroje (Kaminskas, 2001, 2002). Kaip organinės medžiagos kiekį atspindintis komponentas buvo panaudotas bendras or-



1 pav. Tirta Kurtuvėnų-161 gręžinio vieta. Geografinės koordinatės (platuma, ilguma): 55°44'37"; 23°06'28"

Fig. 1. Location of the Kurtuvėnai-161 borehole (NW Lithuania). Coordinates (latitude, longitude): 55°44'37"; 23°06'28"

ganinės anglies kiekis (C_{org}). Mikroelementų Zr ir Rb santykis iš dalies atspindi uolienu granulimetrinę sudėtį, (Zr + Rb) ir Sr santykis rodo karbonatinės ir terigeninės medžiagos santykio kaitą, o iš Th ir U santykio galima spėti apie oksidacinės ir redukcinės aplinkos pokyčius sedimentacijos metu (Dypvik and Harris, 2001).

Išskirtų graptolitų biostratigrafinių zonų sedimentacijos sąlygas pabandyta nustatyti pagal šiuos geocheminius rodiklius: Zr ir Rb, Th ir U, (Zr + Rb) ir Sr ir C_{org} . Makroelementai glaudžiai siejasi su molinga ar karbonatinga uolienos komponente, tačiau juos sunku pritaikyti kalbant apie pirminę oksidacinę-redukcinę aplinką. Smulkių frakcijų (molingos ir aleuritingos) nustatymas yra gana ilgas ir daug kantrybės reikalaujantis procesas, be to, metodiškai gana sudėtingas. Geocheminiai rodikliai šią problemą iš dalies padeda išspręsti, tačiau dažnai cheminiai elementai, esantys vienokiuose ar kitokiuose mineraluose, yra nevienodai atsparūs vėlesniems diagenetiniams procesams.

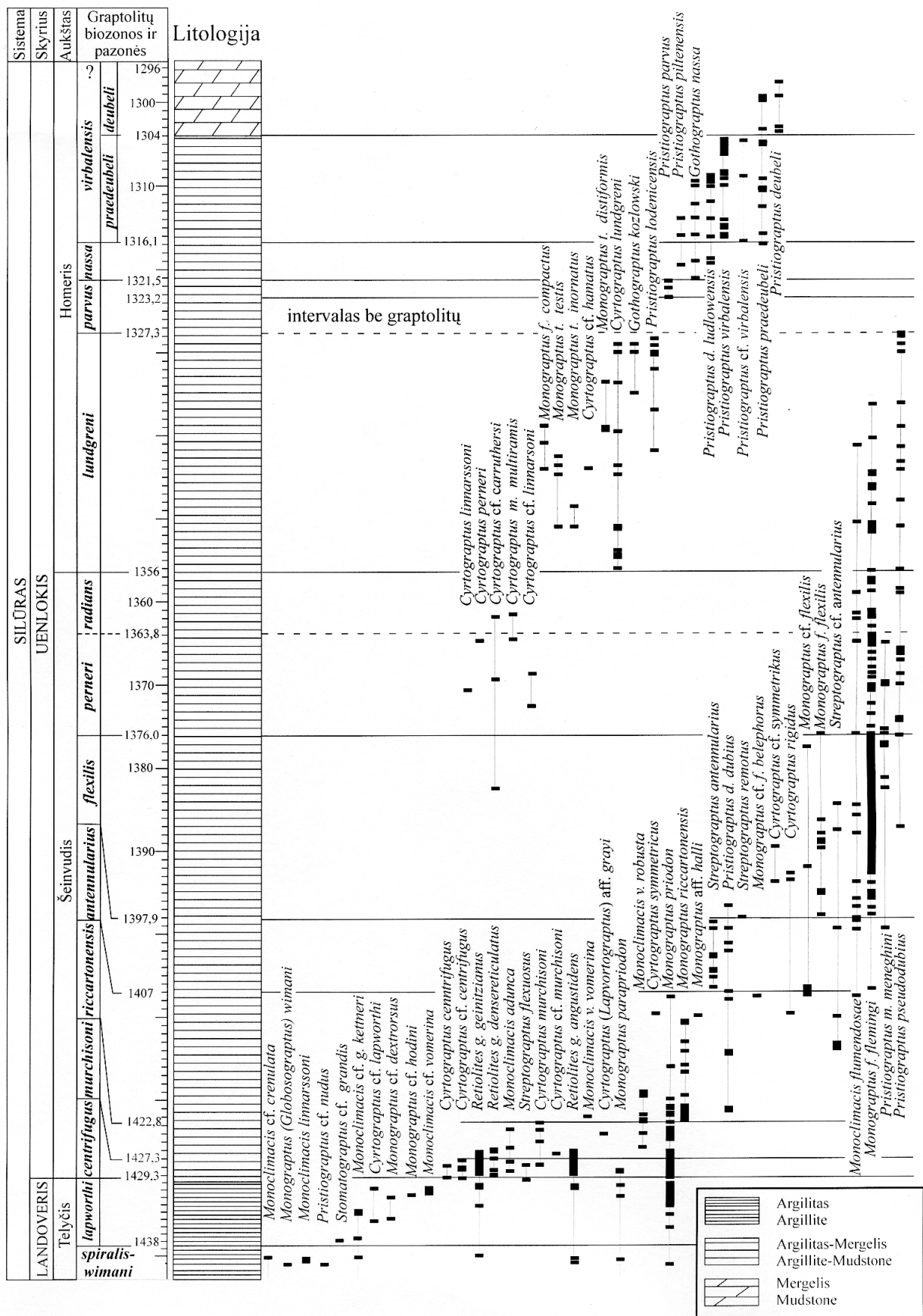
Geocheminiai rodikliai Zr ir Rb, Th ir U, (Zr + Rb) ir Sr. Cirkonis (Zr) yra dažnas sunkiųjų mineralų frakcijoje (Fralick ir Kronberg, 1997). Jo santykinai yra daugiau stambesnėje frakcijoje. Rubidis (Rb) būdingas molio (pelitinei) frakcijai (Taylor, 1965; Fralick ir Kronberg, 1997). Iš Zr ir Rb santykio galime apytikriai spręsti apie stambesnės ir smulkesnės frakcijų kaitą. Santykio mažėjimas rodo, kad frakcija smulkėja, ir atvirkščiai. Stroncis karbonatuose dažnai izomorfiškai keičia kalcį, todėl didesnis Sr kiekis paprastai yra būdingas karbonatais praturtintoms uolienoms. (Zr + Rb) ir Sr santykis atspindi karbonatinės ir terigeninės medžiagos santykį. Mažesnis santykis yra būdingas karbonatais labiau praturtintoms uolienoms. Mikroelementų Th ir U santykis leidžia iš dalies spręsti apie oksidacinę ir redukcinę aplinką. Mažesnė nei 1 šio santykio vertė gali būti interpretuojama kaip redukcinė aplinka (Adams ir We-

aver, 1958; Jones ir Manding, 1994; Dypvik ir Harris, 2001). Th^{4+} ir U^{4+} jonai yra panašaus dydžio bei krūvio, todėl ir jų geocheminės savybės panašios, tačiau U dažnai gali būti ir +2, ir +6 formos. Labai tirpaus vandenyje uranilo jono (UO_2^{2+}) susidarymas yra itin svarbus, nes esant redukcinei aplinkai jis iškrenta į nuosėdas arba yra sorbuojamas organinės medžiagos. Pagal literatūrą, U kiekio padidėjimas dažnai yra siejamas su organinės anglies pagausėjimu (Hammer et al., 1990; Jones and Manding, 1994).

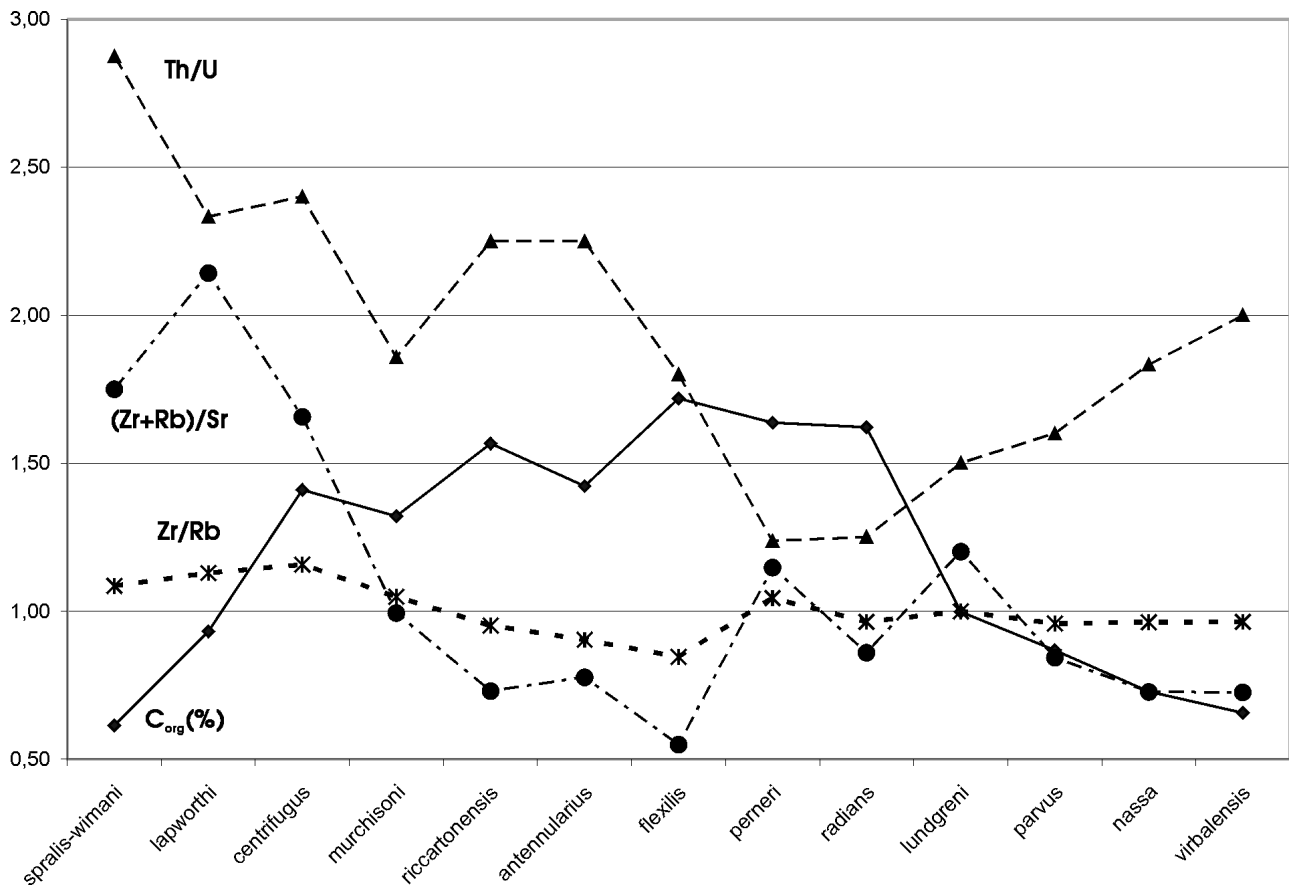
MEDŽIAGA IR TYRIMŲ METODIKA

Paleontologiniai tyrimai. Iš Kurtuvėnų-161 gręžinio 1441–1296 m gylio intervalo buvo paimta 200 ėminių graptolitų faunos tyrimams. Iš viso apibūdintos 65 graptolitų rūšys ir porūšiai. Remiantis šiais tyrimais, minėtame intervale buvo išskirta 12 graptolitų biozonų: telyčyje (viršutinis landoveris) – *spiralis-wimani* biozono viršutinė dalis ir *lapworthi*, šeinvudyje (venlokis) – *centrifugus*, *murchisoni*, *riccartonensis*, *antennularius*, *flexilis*, *perneri*, o hoperyje (venlokis) – *radians*, *lundgreni*, *parvus*, *nassa*, *virbalensis* su *praedeubeli* ir *deubeli* pazonėmis. Išskirtos biozonos pagrįstos rūšiniais indeksais ir šių biozonų graptolitų kompleksais (2 pav.).

Geocheminiai tyrimai. Geocheminei analizei buvo paimti 78 ėminiai. Kiekvieno ėminio masė siekė apie 1 kg. Mikroelementų Rb, Sr, Zr, Th ir U koncentracijos nustatytos rentgeno fluorescencijos spektrometru Philips PW-2400. Šios analizės jautrumas visiems paminėtiems mikroelementams buvo 1 mg/kg, o tikslumas (mg/kg) – Rb (± 11), Sr (± 64), Zr (± 15), Th (± 1), U (± 1). Organinė anglis buvo nustatyta infraraudonoju CR-412 anglies analizatoriumi. Detaliau apie šiuos analitinius geocheminius tyrimus galima rasti literatūroje (Kaminskas 2001; 2002). Geocheminės analizės buvo atliktos Oslo universiteto Geologijos instituto Geochemijos laboratorijoje (Norvegija).



2 pav. Kurtuvėnų-161 gręžinio litologinis-stratigrafinis pjūvis ir graptolitų paplitimas
Fig. 2. Lithology and stratigraphy of Kurtuvėnai-161 borehole and graptolite distribution



3 pav. Geocheminių rodiklių kaita ir graptolitų biozonos Kurtuvėnų-161 gręžinyje (ŠV Lietuva)
Fig. 3. Variation of geochemical indices and graptolite biozones in Kurtuvėnai-161 borehole

REZULTATAI

Biostratigrafija. Apatinio silūro viršutinio landoverio telyčio aukšte, Kurtuvėnų-161 gręžinio tirtame intervale, buvo išskirtos dvi biozonos *spiralis-wimani* ir *lapworthi*. Pirmoji biozona sudaro tik viršutinę *spiralis-wimani* biozonos dalį. Jos kraigas yra 1438 m gylyje. Šioje biozonos dalyje yra toks graptolitinis kompleksas: *Retiolites geinitzianus geinitzianus* Barrande, *R. g. angustidens* (Elles et Wood), *Monograptus parapriodon* Bouček, *M. priodon* (Bronn) *Monograptus (Glogosograptus) wimani* (Bouček), *Pristiograptus cf. nudus* (Lapworth), *Monoclimacis cf. crenulata* (Törquist), *M. cf. griestonensis kettneri* (Bouček), *M. linnarsoni* (Tullberg).

Lapworthi biozona pirmą kartą Lietuvoje buvo išskirta J. Paškevičiaus (1997) Kurtuvėnų-161 gręžinyje. Aizpute-41 gręžinyje (Latvija) analogišką zoną vėliau išskyrė ir D. Loydelas (Loydell et al, 2003). Anksčiau šios biozonos intervalas buvo priskiriamas *spiralis* biozonai. *Lapworthi* biozona yra išskirta tarp landoverio *spiralis-wimani* ir venlokio *centrifugus* biozonų. Kurtuvėnų-161 gręžinyje tipiško rūšies indekso *Cyrtograptus lapworthi* Tullberg nerasta, todėl šio intervalo priskyrimas *lapworthi* biozonai yra santykinis. Biozonos intervalas yra 1438–1429,3 m gylyje. Jos graptolitinis kompleksas panašus į *spiralis-wimani* biozonos kom-

pleksą: *R. g. geinitzianus*, *R. g. angustidens*, *M. parapriodon*, *M. priodon*, *M. cf. g. kettneri*. Pirmosios trys rūšys yra randamos ir aukščiau esančioje *centrifugus* biozonoje, o *M. cf. g. kettneri* išnyksta biozonos viduryje. Šioje biozonoje atsiranda ir naujos rūšys: *Stomatograptus cf. grandis* (Suess), *Cyrtograptus cf. lapworthi*, *Monograptus cf. dextrorsus* Linnarson, *M. cf. hodi-ni* Bouček, *Monoclimacis cf. vomerina* (Nicholson). Viršutinė biozonos riba žymima atsiradus naujai *Cyrtograptus centrifugus* Bouček rūšiai-indeksui.

Apatinio silūro venlokio šeinudžio aukšte išskirtos *centrifugus*, *murchisoni*, *riccartonensis*, *antennularius*, *flexilis*, *perneri* ir *radians* biozonos.

Centrifugus biozonos apatinę ribą žymi *C. centrifugus* rūšies-indeksas atsiradimas. Be šios rūšies, šioje biozonoje dar nustatyti landoveriui būdingi graptolitai: *R. g. geinitzianus*, *R. g. angustidens*, *M. priodon*, *M. parapriodon*. Paskutiniai išnyksta *centrifugus* biozonos viršutinėje dalyje. Šioje biozonoje atsiranda naujų rūšių: *Retiolites g. densereticulatus* Bouček, *Monoclimacis adunca* Bouček, *Streptograptus flexuosus* (Tullberg). Biozonos intervalas yra 1429,3–1427,3 m. Viršutinę ribą žymi atsiradusi nauja *Cyrtograptus murchisoni* (Car-ruthers).

Murchisoni biozona išskirta atsiradus *C. murchisoni* rūšiai-indeksui. Šioje biozonoje dar randamos *R. g. geinitzianus*, *R. g. angustidens*, *R. g. densereticulatus*

Lentelė, Kurtuvėnų-161 gręžinyje išskirtųjų graptolitų zonų organinės anglies, mikroelementų ir jų rodiklių medianiniai iverčiai

Table, Median values of organic carbon, trace elements and their ratios for established graptolite zones in Kurtuvėnai-161 borehole

Graptolitų zona	C _{org} *	Rb**	Sr	Zr	Th	U	Zr ir Rb	(Zr + Rb) ir Sr	Th ir U
<i>virbalensis</i>	0,66	136	383	136	9	4	0,96	0,73	2,00
<i>nassa</i>	0,73	136	372	131	10	6	0,96	0,73	1,83
<i>parvus</i>	0,87	121	288	116	8	5	0,96	0,84	1,60
<i>lundgreni</i>	1,00	145	234	145	11	7	1,00	1,20	1,50
<i>radians</i>	1,62	140	320	135	10	8	0,96	0,86	1,25
<i>perneri</i>	1,64	144	298	151	11	9	1,05	1,15	1,24
<i>flexilis</i>	1,72	139	491	120	9	5	0,85	0,55	1,80
<i>antennularius</i>	1,42	138	357	127	10	4	0,90	0,78	2,25
<i>riccartonensis</i>	1,57	135	375	132	9	4	0,95	0,73	2,25
<i>murchisoni</i>	1,32	146	295	152	12	7	1,05	0,99	1,86
<i>centrifugus</i>	1,41	152	198	176	12	5	1,16	1,66	2,40
<i>lapworthi</i>	0,93	162	169	188	14	6	1,13	2,14	2,33
<i>spralis-wimani</i>	0,61	140	340	137	10	5	0,96	0,78	2,00

* – organinės anglies kiekis %; ** – mikroelementų koncentracijos mg/kg.

* – organic carbon quantity %; ** – trace element concentration mg/kg.

rūšys; jos išnyksta biozonos apatinėje dalyje. Minėtoje biozonoje nustatyta ir yra paplitusi *M. priodon*, taip pat rasta *M. adunca*, kuri anksčiau buvo priskirta *centrifugus* biozonai. **Murchisoni** biozonoje atsiranda nauja *Cyrtograptus (Lapwortograptus) aff. grayi* (Lapworth), *Monoclimacis vomerina robusta* (Bouček). Pastaroji nustatyta nuo vidurinės biozonos dalies. Biozona apima 1427,3–1422,8 m intervalą. Viršutinę biozonos ribą žymi *Monograptus riccantonensis* Lapworth atsiradimas.

Riccantonensis biozona išskiriama atsiradus *M. riccantonensis* rūšiai-indeksui (itin dažnai aptinkama šioje biozonoje) ir šiai biozonai būdingam graptolitų kompleksui. Iš žemiau esančios **murchisoni** į šią biozoną pereina *M. priodon* ir *M. v. robusta*. **Riccantonensis** biozonoje atsiranda nauja *Pristiograptus dubius dubius* (Suess) rūšis, kuri davė pradžią naujiems *dubius* tipo pristiograptidams. Biozonos intervalas yra 1422,8–1407 m. Viršutinę biozonos ribą žymi atsiradusi nauja *Streptograptus antennularius* (Meneghini) rūšis-indeksas.

Antennularius biozonoje yra *P. d. dubius* rūšis, kuri išnyksta biozonos viršutinėje dalyje. **Antennularius** biozonoje jau iš esmės kinta graptolitų kompleksas: *Monograptus aff. halli* (Barrande), *M. cf. flexilis becephorus* (Meneghini), *Cyrtograptus symmetricus* Elles, *C. rigidus* Tullberg. Biozonos vidurinėje dalyje atsiranda *Monograptus flemingi flemingi* (Salter) ir *Monoclimacis flumendosae* (Gortani). **Antennularius** biozona yra 1407–1399,8 m intervale. Viršutinę biozonos ribą žymi *Monograptus flexilis flexilis* Elles.

Flexilis biozona išskirta remiantis rūšies-indeksu atsiradimu ir būdingu graptolitų kompleksu: *Streptograptus remotus* (Elles et Wood), *Cyrtograptus rigidus* Tullberg ir *C. cf. symmetricus* Elles. Pastarosios dvi rūšys randamos ir žemiau esančioje **antennularius** biozonoje. Ypač gausūs *M. f. flemingi* radiniai. Biozonoje suranda-

mi nauji *dubius* tipo pristiograptidai: *Pristiograptus meneghini meneghini* (Gorthani) apatinėje dalyje ir *P. pseudodubius* (Bouček) vidurinėje dalyje. Biozona yra 1379,8–1376 m intervale.

Perneri biozona išskiriama pagal graptolitų kompleksą, nes rūšis-indeksas *Cyrtograptus perneri* Bouček retas, taip pat remiantis aukščiau ir žemiau esančiomis biozonomis. Biozonoje rasta paprastos formos monograptidų, paplitusių žemiau ir aukščiau nustatytoje biozonoje: *M. f. flemingi*, *P. m. meneghini*, *P. pseudodubius*, *M. flumendosae*; taip pat yra rasti ir tirti *Cyrtograptus linnarsoni* Lapworth, *C. perneri*, *C. cf. carruthersi* Lapworth, *Cyrtograptus multiramis multiramis* Törquist, *C. linnarsoni* Lapworth. Reikia pažymėti, kad cirtograptidų radiniai yra reti ir negausūs. Biozona yra 1376–1363,8 m intervale.

Radians biozona išskirta pagal graptolitų kompleksą, esantį tarp **perneri** ir **lundgreni** biozonų. Šioje biozonoje yra apibūdinti *M. f. flemingi*, *P. pseudodubius*, *M. flumendosae*, kurie yra rasti ir žemiau esančioje biozonoje, taip pat ir *C. cf. carruthersi*, *C. m. multiramis*. **Radians** biozonos graptolitinis kompleksas mažai skiriasi nuo žemiau esančios **perneri** biozonos graptolitinio komplekso, čia taip pat vyrauja paprastos formos monograptidai, o cirtograptidai yra reti. Biozona yra 1363,8–1356 m intervale. Viršutinę biozonos ribą žymi atsiradusi *C. lundgreni* Tullberg, apatinė riba yra santykinė.

Apatinio silūro viršutinio venlokio aukšte yra išskirtos **lundgreni**, **parvus**, **nassa** biozonos ir **virbalensis** biozona su **praedeubeli**, **deubeli** pazonėmis.

Lundgreni biozona išskirta atsiradus *C. lundgreni* rūšiai-indeksui. Šioje biozonoje yra *M. f. flemingi*, *P. pseudodubius*, *M. flumendosae* rūšys, daug naujų graptolitų rūšių: *Gothograptus kozlowski* Kozłowska-Dawidziuk, *M. f. compactus* Elles et Wood, *M. t. testis* (Bar-

rande), *M. t. inornatus* Elles, *M. t. distiformis* Bouček, *Pristiograptus lodenicensis* Příbyl, *C. cf. hamatus* (Baily) pasirodo vėliau negu *C. lundgeni*. Palyginus su **perneri** ir **radians** biozonų graptolitinių kompleksais, **lundgreni** kompleksas yra kur kas gausesnis. Biozona yra 1365–1327,3 m intervale. Viršutinę biozonos ribą žymi visų jau minėtų graptolitų išnykimas. Šiame lygyje išnyksta visi *Cyrtograptus*, *Monoclimacis* genčių atstovai, visi venlokio būdingi *Monograptus* genties atstovai, *P. pseudodubius* ir *P. lodenicensis*. Intervale tarp paskutinių *P. pseudodubius*, *P. lodenicensis* *C. lundgreni* graptolitų ir pirmojo *Pristiograptus parvus* Ulst graptolitų nėra. Šis intervalas be graptolitų sudaro tarpinę zoną tarp **lundgreni** ir **parvus** biozonų ir sąlyginai priskiriamas **parvus** biozonai.

Parvus biozonai tenka intervalas be graptolitų tarp paskutinių *P. pseudodubius*, *C. lundgreni* ir pirmojo *P. parvus*, jo gylis 1327,3–1323,2 m. Pirmasis *P. parvus* atsiranda 1323,2 m gylyje. **Parvus** biozonos graptolitų kompleksas yra labai skurdus – jį sudaro tik dvi rūšys: *Gothograptus nassa* (Holm) ir *P. parvus*. Abiejų rūšių atstovų radosomos yra smulkios ir nepakankamai išsivysčiusios, lyginant su aukščiau ir žemiau **parvus** biozonų randamais graptolituais. **Parvus** biozona yra 1327,3–1321,5 m intervale. 1327,3–1323,2 m intervale graptolitų nėra. Viršutinę biozonos ribą žymi atsiradusi *G. nassa* ir išnykusi *P. parvus*.

Nassa biozonos apatinę ribą žymi išnykusi *P. parvus*. Kurtuvėnų-161 grežinyje išnykus *P. parvus* atsiranda *G. nassa*, o kituose grežinių pjūviuose *G. nassa* atsiranda kartu su *P. parvus* (Radzevičius, 2004). Šios biozonos graptolitinis kompleksas taip pat yra skurdus: *G. nassa* ir *P. d. ludlowensis* (Bouček), *P. piltenensis* Koren et Ulst. Reikia pažymėti, kad **nassa** biozonos pristiograptidai yra daug stambesni už *P. parvus*. Biozona yra 1321,5–1316,1 m intervale. Viršutinę biozonos ribą žymi *P. praedeubeli* (Jaeger) ir *P. virbalensis* Paškevičius rūšys ir naujas graptolitų kompleksas.

Virbalensis biozona yra dalijama į dvi pazines: **praedeubeli** ir **deubeli**. **Praedeubeli** pazonėje, be rūšies-indekso, dar randama *P. virbalensis* ir **nassa** biozonoje jau buvusios *P. piltenensis* ir *G. nassa*, pastarosios išnyksta **praedeubeli** pazonės vidurinėje dalyje. Viršutinę pazonės ribą žymi atsiradusi *Pristiograptus deubeli* (Jaeger). **Deubeli** pazonės apatinę ribą žymi *P. deubeli* radiniai. Šioje biozonoje, be rūšies-indekso, randama tik *P. praedeubeli*, perėjusi iš **praedeubeli** pazonės. **Deubeli** biozonos viršutinės ribos nustatyti nepavyko.

Sedimentacinio baseino ypatumai remiantis geocheminiais duomenimis. Sedimentacinės aplinkos oksidacijos-redukcijos, nuosėdų frakcijų ir karbonatinių terigeninių komponentų santykio kaitai nustatyti buvo panaudoti jau minėti mikroelementų Zr ir Rb, Th ir U, (Zr + Rb) ir Sr santykiai. Pastarieji buvo apskaičiuoti visose išskirtose graptolitų zonose.

Daugiausia organinės anglies (1,72%) ir Sr (491 mg/kg) nustatyta *flexilis* zonoje. Mažiausia organinės an-

glies – *spiralis-wimani* (0,61%), o Sr (169 mg/kg) – *lapworthi* graptolitinėje zonoje. Didžiausi medianiniai Rb (162 mg/kg), Zr (188 mg/kg) ir Th (14 mg/kg) kiekiai buvo nustatyti *lapworthi* graptolitinėje zonoje. Daugiausia U (9 mg/kg) buvo *perneri*, o mažiausia (4 mg/kg) – *antennularius*, *riccartonensis* ir *virbalensis* zonose.

Kaip matyti iš 3 paveikslų, Zr ir Rb santykis mažėja, t. y. uolienos smulkėja nuo *lapworthi* (1,13) iki *flexilis* (0,85) laikotarpio. Vėliau iki *perneri* laikotarpio frakcijos stambėja; dar vėliau minėtas santykis tampa daugmaž pastovus (lentelė ir 3 pav.). Taigi galima teigti, kad nuo *lapworthi* iki *flexilis* laikotarpio uolienų granulimetrinė sudėtis smulkėjo, t. y. sedimentacinis baseinas gilėjo, mažėjo terigeninės medžiagos prietaka. Baseino gilėjimo tendenciją patvirtina nuolat didėjantis organinės anglies kiekis ir labiau pasireiškianti redukcinė (mažėjantis Th ir U santykis) aplinka (3 pav.). Įdomu tai, kad palyginus Zr ir Rb bei (Zr + Rb) ir Sr santykių kaitą, išryškėja tiesioginė priklausomybė: smulkėjant terigeninės medžiagos frakcijai uolienose, didėja jų karbonatingumas, ir atvirkščiai.

Stebint bendro organinės medžiagos kiekio (C_{org}) kaitą, matyti, kad pradedant *spiralis-wimani* graptolitų zona jis nuolat didėja, kol pasiekia maksimumą (1,72%) *flexilis* laikotarpiu. Panašus C_{org} kiekis yra ir *perneri* bei *radians* zonose (3 pav. ir lentelė), vėliau jis nuolat mažėja iki *virbalensis* laikotarpio (0,66%).

Th ir U santykis visose zonose yra didesnis už vieneta, ir tai rodo, kad buvo oksidacinė aplinka. Nustatyta, kad šio santykio kaita glaudžiai susijusi su C_{org} kiekio pasiskirstymu uolienoje. Bendra Th ir U santykio mažėjimo, o kartu redukcinės aplinkos vyravimo tendencija stebima nuo *spiralis-wimani* iki *perneri* ir *radians* laikotarpių. Nuo *lundgreni* iki *virbalensis* laikotarpių šis santykis didėja, bet C_{org} kiekis mažėja. Akivaizdu, kad Th ir U santykis yra glaudžiai susijęs su organinės anglies kaupimusi (3 pav.). Dažniausiai padidėjęs organinės anglies kiekis nulemia redukcinę aplinką.

IŠVADOS

Ištyrę iš Kurtuvėnų-161 grežinio kerno surinktus viršutinio landoverio ir venlokio graptolitus, galime išskirti šias biozonas: **spiralis-wimani**, **lapworthi** (viršutinis landoveris), **centrifugus**, **murchisoni**, **riccartonensis**, **antennularius**, **flexilis**, **perneri**, **radians**, **lundgreni**, **parvus**, **nassa** ir **virbalensis** su **praedeubeli**, **deubeli** pazonėmis (venlokis).

Pagal Th ir U santykį ir didžiausią organinės anglies (C_{org}) medianinį kiekį ryškiausios redukcinės sąlygos buvo *perneri*, *radians* ir *flexilis* laikotarpiais. Smulkiausia nuosėdų frakcija pagal Zr ir Rb santykį klostėsi *flexilis* laikotarpiu; tuo metu terigeninės medžiagos į baseiną buvo prinešama mažiausiai.

Mažiausias (Zr + Rb) ir Sr santykis ir didžiausias Sr medianinis kiekis *flexilis* laikotarpio uolienose rodo, kad tuo metu paleobaseine vyravo karbonatinė sedimentacija.

