

Telšių lūžio paleoįtampų rekonstrukcija Vakarų Lietuvoje

Saulius Šliaupa,
Valentas Katinas,
Gintautas Vosylius,
Rasa Šliaupienė,
Irma Vėjelytė

Šliaupa S., Katinas V., Vosylius G., Šliaupienė R., Vėjelytė I. Reconstruction of the palaeostress regime of the Telšiai fault zone, West Lithuania. *Geologija*. Vilnius. 2002. No. 38. P. 12–23. ISSN 1392–110X.

The Telšiai fault represents the main tectonic feature of the sedimentary cover of Lithuania, its amplitude reaching 200 m. Furthermore, a number of important oil fields are confined to the associating local uplifts. The reservoir bodies are comprised by Cambrian quartz sandstones. The quality of this dual reservoir is controlled by porosity and fracturing. The knowledge of the latter is important for oil field engineering. The fracturing of the reservoir took place throughout a long time and caused changes in the stress field and movements along the Telšiai fault. The stress field was reconstructed from the variations in strata thickness across the fault, taking into consideration industrial seismic data. The fracture system was measured in inclined wells that enabled orientation of the samples. Four main fracture systems were defined and attributed to synthetic and antithetic Riedel and synthetic and antithetic P-fractures. The anisotropy of magnetic susceptibility of Cambrian and Devonian samples was measured in inclined wells that provided reconstruction of the main directions of deformation. Two dominant systems were defined, pointing to NW-SE and NE-SW compression. The latter is related to the Variscan events, while the former might be related to either the Caledonian or post-Variscan tectonic processes.

Received: 19 March 2002, accepted 22 April 2002.

Keywords: magnetic anisotropy, fracturing, Telšiai fault, stress regime

S. Šliaupa, V. Katinas, G. Vosylius, R. Šliaupienė, I. Vėjelytė. Institute of Geology and Geography, T. Šenčenkos 13, LT-2600 Vilnius, Lithuania. E-mail: sliaupa@geologin.lt

ĮVADAS

Telšių lūžis yra stambiausias nuosėdinėje dangoje nustatytas disjunktyvas Lietuvos teritorijoje. Pagrindinė lūžio susidarymo fazė siejama su kaledoninio tektoninio etapo pabaiga (Stirpeika, 1999; Žvirblis, 1995). Tačiau išsami struktūrinė analizė rodo, jog lūžio aktyvizacijos požymiai atsirado jau kambro metu, aktyvus jis buvo ir pokaledoniniame etape. Telšių lūžių zona kristaliniame pamate susidarė ankstyvajame prekambre. Tad šios zonos istorija siekia beveik du milijardus metų.

Su Telšių lūžiu susijusias naftingas struktūras, jų formavimąsi ir evoliuciją veikė lūžio aktyvumas. Pagrindinis struktūrų formavimosi etapas siejamas su kaledoninio etapo pabaiga. Per daugiau kaip 400 mln. m.

jis patyrė ženkliai modifikacijas: kito tiek struktūrų geometrija, tiek ir jų vidinis struktūrinis karkasas (plyšiai, diagenetiniai pakitimai ir t. t.). Šios modifikacijos siejamos su kintančiu tektoninių įtampų lauku, kuris nebuvo stabilus ir priklausė nuo regioninės geodinaminės situacijos (Šliaupa, 1999; Šliaupa et al., 2000). Minėtų procesų rekonstrukcija svarbi sprendžiant ne tik mokslines problemas, bet ir praktinius naftos telkinių inžinerijos klausimus.

METODAI

Telšių lūžio ir su juo susijusių struktūrų evoliucijos analizei buvo panaudoti gręžinių duomenys apie atskirų sluoksnių storius. Iš viso išanalizuota 52 gręžinių stratigrafinė medžiaga.

Svarbią informaciją apie tektoninių įtampų pobūdį suteikia plyšių orientacija. Tiriant Telšių zonos kinematiką, nuosėdinėse uolienose išmatuoti plyšių orientacijos elementai 6 gręžiniuose (Girkalių-1,5, Kretingos-1, Genčių-1,8,11), kurių kamienai pakankamai iškreivinti, kad būtų galima orientuoti kerną pagal sluoksnių polinkį. Matuojant plyšių padėties elementus pavyzdžiai orientuoti sluoksnių kritimo kryptimi (sąlyginai šiaurine), vėliau ji koreguota pagal gręžinio išsikreivinimo azimutą. Matuotos kambro uolienos, tirti atskiri pavyzdžiai iš silūro ir devono sluoksnių. Pagal matavimų rezultatus sudarytos plyšių orientacijos stereogramos.

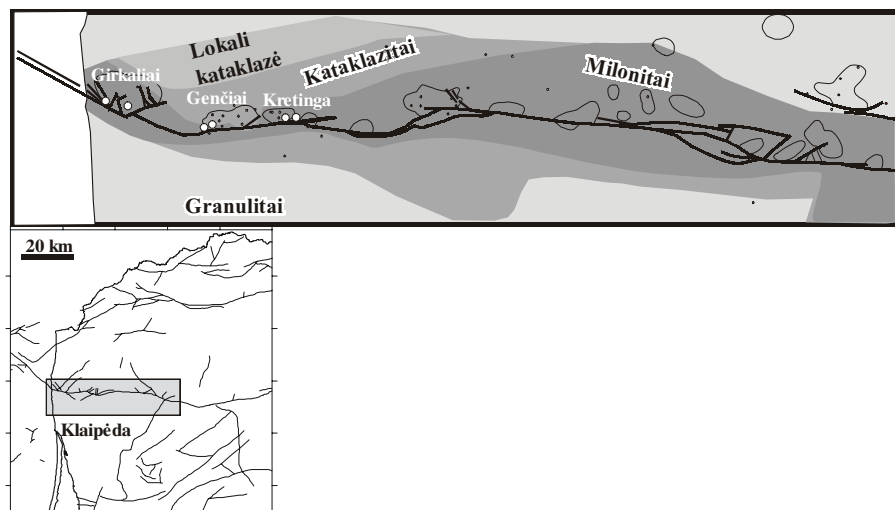
Paleoįtampoms nustatyti buvo panaudoti minėtų palinkusių gręžinių kerno paleomagnetiniai tyrimai. Matuota magnetinio imlumo anizotropija (Tarling & Hrouda, 1993; Scheepers, Langereis, 1994). Išmatuotos trys elipsoido ašys (K_{max} – maksimali, arba ilgoji, ašis, K_{int} – vidutinė ašis ir K_{min} – minimali, arba trumpoji, ašis). Anizotropijos laipsnis aprašomas $P = K_{max}/K_{min}$ lygtimi. Kiti parametrai – L ir F apibūdina anizotropijos elipsoido formą. L yra magnetinis linijiškumas, apskaičiuojamas taip: $L = K_{max}/K_{int}$. F – magnetinis skalūnuotumas yra apskaičiuojamas pagal $F = K_{int}/K_{min}$ lygtį (Jelenska, Každiško-Hofmokr, 1990). Trumpoji ašis K_{min} paprastai yra statmena sluoksniuotumui, o ilgoji ašis K_{max} – statmena pagrindinei spaudimo kryptčiai, ir tai leidžia išryškinti tektoninės kompresijos orientaciją. Reikia pabrėžti, jog esant ilgalaikiai uolienos diagenезei, joje galimos kelios spaudimo fazės, kurių metu formavosi mineralai – įmagnetinimo nešėjai.

Magnetinei anizotropijai nustatyti buvo paimti pavyzdžiai iš Genčių-8, Genčių-11, Kretingos-1, Kretingos-2, Girkalių-1 ir Girkalių-5 gręžinių. Pavyzdžiai orientuoti pagal gręžinių inklinometrijos duomenis. Iš kiekvieno pavyzdžio paruošta po kelis 2,5 cm diametro ir 2,0 cm aukščio cilindro formos bandinius. Iš viso ištirti 72 bandiniai. Magnetinė anizotropija matuota Lenkijos geologijos instituto Paleomagnetinių tyrimų laboratorijoje. Naudotas mažo intensyvumo magnetinio imlumo matavimo prietaisas KLY-2. Bandiniai išanalizuoti pagal 15 pozicijų, duomenys apdoroti ANIZO kompiuterine programa (Jelinek, 1977).

TELŠIŲ LŪŽIO ZONOS KRISTALINIO PAMATO YPATUMAI

Telšių lūžis sutampa su gravitacinio ir magnetinio lauko minimumo subplatumine juosta, kuri atspindi reikšmingus kristalinio pamato sudėties pokyčius (Šliaupa, Popov, 1998). Gręžinių duomenimis, kristalinio pamato uolienos intensyviai milonitizuotos ir kataklazuotos; milonitizacija pasireiškė granulinėje facijoje (G. Motuzos komentaras), tad zonos amžius yra ankstyvasis prekambras. Gravitacinio ir magnetinio lauko minimumo juostos plotis – 5–8 kilometrai. Magnetinio lauko žemėlapyje matyti, kad prekambro tektonitų zona yra perstumta į pietus apie 10 km išilgai Gargždų lūžio. Vakaruose Telšių lūžio zonos (TLZ) minimumo juosta „užgęsta“ Tolių-1 gręžinio rajone, kur ji atsiremia į ŠV–PR krypties tektoninę zoną. Tačiau, pažvelgę į lokalių anomalijų žemėlapius, matysime, jog ši zona, nors ir ne tokia intensyvi, toliau tęsiasi į vakarus. Girkalių zonoje ją galutinai užgožia stambi ŠV–PR krypties tektoninė zona, gimininga piečiau esančiai Nemuno sistemai. Baltijos jūroje platuminės Telšių zonos nebematyti, išskyrus nedidelį platuminį geofizinį lineamentą.

Telšių lūžis nuosėdinėje dangoje, lyginant su gravitacinio ir magnetinio lauko minimumo ašimi, 1–2 km pasislinkęs į šiaurę. Galimi du tokio santykio paaiškinimai: 1) maksimaliai tektonizuota ankstyvojo proterozojaus zona yra „užgydyta“ granitoidais,



1 pav. Telšių zonos kristalinio pamato tektonitų schema. Juodos storos linijos rodo Telšių lūžio padėtį nuosėdinėje dangoje, plonos linijos apibrėžia lokalias struktūras, pažymėta analizuotų plotų padėtis, taškais nurodoma gręžinių padėtis, apskritimais – tirti gręžiniai. Apačioje pateikiama lūžių Vakarų Lietuvos nuosėdinėje dangoje schema, pilkas poligonas apibrėžia tyrimų plotą

Fig. 1. Tectonites of Telšiai shear zone of crystalline basement. Bold lines indicate Telšiai fault in sedimentary cover. Thin lines delineate local structures, three oilfields studied are named. Dots indicate location of deep wells, circles show position of six wells studied. Lower figure depicts the fault system of sedimentary cover of Western Lithuania, rectangle is the study area

todėl trūko jos pakraštys; 2) šiaurinio sparno pakilimas lemia geofizinę pakopą, kuri užgožia maksimaliai tektonizuotos zonos gravitacinį efektą (atitinkamai pakelto sparno link pasislenka ir gravitacinė pakopa).

Dauguma išilgai Telšių lūžio išgręžtų gręžinių yra milonitų juostoje (1 pav.). Svarbi riba nustatyta tarp Kretingos ir Genčių plotų: pirmajame paplitę milonitai, antrajame – kataklazitai, išskyrus pačią pietinę telkinio dalį. Girkalių plotas taip pat patenka į milonitų juostą. Vydmantų-1,2 gręžiniai žymi šiaurinės zonos ribą (vyrauja masyvūs granulitai su atskiromis kataklazitų zonomis). Vėlaičių-1,2 gręžiniai taip pat yra milonitų juostoje, tuo tarpu Vėlaičių-3 gręžinys yra už tektonizacijos kontūro. Eitučių-1 gręžinys išgręžtas intensyvios milonitizacijos zonoje, Mamių-1 gręžinys yra jos periferinėje dalyje (silpna milonitizacija). Potencialių laukų duomenimis, riba tarp intensyvios ir silpnės milonitizacijos prognozuojama apie 500 metrų į šiaurę nuo Eitučių-1 gręžinio. Plungės plotas yra už tektonitų zonos, išskyrus Plungės-3 gręžinį. Telšių zonos giluminį struktūrinį anizotropiškumą patvirtino giluminiai magnetiniai telūriniai tyrimai (Ritter et al., 2000).

Pietinė tektonitų juostos riba yra mažiau aiški dėl reto gręžinių tinklo. Tolių-1,2 gręžiniuose fiksuojami tik silpnos kataklazės pėdsakai (tektonitų juostos pakraštys). Silpnai kataklazuoti Mikoliškių-1 gręžinio granulitai. Laužų-1 gręžinys patenka į milonitų zoną, kuri išilgai Gargždų lūžio yra perstumta apie 10 km į pietus.

Skiriamos kelios tektonitų sistemos. Nausėdžio ploto ir Eitučių-1 gręžiniuose skalūnuotumo kampas yra nedidelis – 15–35°. Šis požymis būdingas tektoninėms zonoms, susidariusioms dideliuose gyliuose. Vakarinėje dalyje (Kretingos, Girkalių, Genčių plotai) išryškėjo dvi skalūnuotumo sistemos: jau minėta nuožulni, palinkusi 20–30° kampu, ir statesnė – 50–60°. Kol kas neaišku, kuri iš jų buvo aktyvuota formuojantis Telšių lūžiui nuosėdinėje dangoje.

Milonitai susiformavo tektonizuojant granato-biotito (Gr-Bi) granulitų substratą (Girkalių, Genčių, Plungės plotai, Eitučių-1, Tolių-2 gręžiniai). Pirokseniniai enderbitai retesni. Genčių plotas padalytas į dvi dalis: vakaruose vyrauja Gr-Bi, rytuose – pirokseniniai (Px) granulitai. Pastaruosius rytuose riboja meridianinis lūžis, kuris skiria juos nuo Kretingos Gr-Bi granulitų. Px granulitų masyvas išryškėja gravitacinio ir magnetinio lauko lokaliu maksimumu. Su meridianiniu lūžiu susijęs smulkus bazitų kūnas, kurį kirto Nausėdžio-3 gręžinys (lokali anomalija apima ir Nausėdžio-6,7 gręžinius). Šis lūžis dalija Nausėdžio plotą į dvi dalis rytuose ir vakaruose. Vėlaičių-1,3 gręžiniuose taip pat aptikta bazitų kūnų, lokali gravitacinio ir magnetinio lauko

anomalija išstūsi meridianine kryptimi, taigi galima numanyti „kontroliuojantį“ kristalinio pamato meridianinį lūžį.

TELŠIŲ LŪŽIO GEOMETRIJA NUOSĖDINĖJE DANGOJE

Telšių lūžis yra stambiausias Lietuvos nuosėdinėje dangoje. Jis tęsiasi nuo Baltijos jūros pakrantės iš vakarų į rytus iki šiaurinės Lietuvos sienos. Lūžis kerta kambro – apatinio devono Gargždų serijos storumę toje vietoje, kur šiaurinis sparnas užstumtas ant pietinio vidutiniškai 200 metrų. Lūžio kampas kinta nuo 80° iki 60°. Jo morfologija kaiti: atskiruose intervaluose vyrauja viena lūžio plokštuma, kituose ji susiskaido į kelias aikšteles, neretai būdinga gelės struktūra. Devono sluoksniuose Telšių lūžis dažniausiai išreikštas keliasdešimties metrų amplitudės fleksūra, tik retais atvejais sluoksniai nutraukti. Seisminiais duomenimis, apatinio ir viršutinio paleozojaus sluoksniuose lūžis yra transpresinio (t. y. įžambaus spaudimo) tipo. Permo ir triaso sluoksniuose lūžis vietomis pasireiškia kaip tempimo sprūdis.

TELŠIŲ LŪŽIO TEKTONINIŲ ĮTAMPU REKONSTRUKCIJA SLUOKSNIŲ STORIŲ ANALIZĖS DUOMENIMIS

Kambros. Telšių volas pasireiškia sumažėjusiu kambro storiu, santykinė amplitudė yra apie 10 metrų. Labiausiai diferencijuotas yra Girkalių plotas, ir tai nulėmė jo sinsedimentacinę litofacinę kaitą ir atitinkamai kolektorines kambro sluoksnio savybes. Šiaurinio sparno tektoninė evoliucija buvo sudėtinga: 1) prieš kambro sedimentaciją Mamių–Plungės juostoje formavosi tempimo struktūros, susijusios su Baltijos byrėjimu vėdo pabaigoje – kambro pradžioje; 2) ankstyvojo kambro sedimentacijos metu Telšių lūžis buvo neišraiškingas, kai kur netgi buvo santykinai pakilęs pietinis sparnas; 3) Deimenos storis rodo šiaurinio sparno santykinę kilimą; lyginant su pietinio sparno pjūviais, vietomis trūksta viršutinės Deimenos svitos dalies, o tai atspindi posedimentacinį lūžio ir susijusių struktūrų aktyvumą.

Ordovikas. Ordoviko storis į šiaurę palaipsniui didėja (Jelgavos įlinkio link). Čia irgi pasireiškia Telšių zonos įtaka – su ja susijusi aiški storių gradientinė zona.

Silūras. Pjūvių analizė skirtinguose Telšių lūžio sparnuose rodo, kad lūžis nuosėdinėje dangoje pradėjo formotis antroje silūro pusėje, ir tai siejama su padidėjusiu kompresiniu režimu. Regioninės analizės duomenimis, kompresijos šaltinis buvo Skandinavijos kaledonidai, tektoninio spaudimo kryptis – ŠV–PR (Šliaupa, 1999; Šliaupa et al., 2000). Akty-

viausiai Telšių zonoje vystėsi Genčių, Nausėdžio atkarpos, kuriose amplitudė siekia 110–170 metrų, kitose atkarpose – apie 50 metrų. Girkalių ploto tektoninė fragmentacija įvyko vėliau.

Ankstyvasis devonas. *Gargždų laikotarpiu* pasireiškė pagrindinė lūžio tektonikos fazė Vakarų Lietuvoje. Telšių lūžio šiaurinis sparnas buvo užstumtas 100–140 metrų į pietus, veikiant tektoniniam spaudimui iš šiaurės vakarų. *Kemerių* regioninio aukšto storių pasiskirstymas yra nevienareikšmiškas, dažnai netgi priešingas Gargždų sluoksniams; kai kurios lokalsios struktūros patyrė struktūrinę inversiją. Tai susiję su tektoninio spaudimo susilpnėjimu, o gal net ir tektoninio tempimo poveikiu (Šliaupa, 1999).

Vidurinio devono pirmoji pusė (Piarnu–Narvos laikotarpis). Vidurinio devono pirmojoje pusėje Telšių volo struktūros patyrė ryškų santykinį kilimą, leidžiantį prognozuoti tektoninio spaudimo atsinaujinimą. Galimi keli įtampų šaltiniai: Skandinavijos kaledonidai (ŠV) ir Vakarų Europos variscidai (PV). Atsižvelgiant į Gargždų lūžio būklę – vakarinis sparnas patyrė santykinį grimzdimą, lyginant su rytiniu, labiau tikėtinas antrasis variantas. Tad, skirtingai nei Telšių lūžiui, jam būdingos tempimo (arba relaksacijos) charakteristikos. Toks derinys (spaudimas išilgai platuminių lūžių ir tempimas išilgai ŠR–PV lūžių) galimas esant bendram PV–ŠR krypties tektoniniam spaudimui, tad deformacijų šaltinis sietinas su Vakarų Europos variscidais. ŠR–PV tektoninių įtampų kryptis išliko visą devono laikotarpį.

Vidurinio devono pabaiga – vėlyvasis devonas. *Upninkų–Šventosios* uolienų storio pasiskirstymas rodo vėl iš esmės pakitusią tektoninę situaciją: lyginant su Narvos storiu, konstatuojama struktūrinė inversija (Nausėdžio, Kretingos, Vėžaičių ir kt.), būdinga pakitus tektoninių įtampų ženklui. Telšių lūžio šiaurinis sparnas santykinai grimzdo. Prognozuojamas tektoninis režimas – gerokai susilpnėjusi kompresija arba tempimas. Šie įvykiai atitinka pirmąją devono živečio riftingo fazę Rytų Europos platformoje, taip pat kai kurių magminių uolienų Baltijos baseine ir Mozūrijos anteklizėje 370 mln. m. amžių. *Pliavinio–Istro* laikotarpiu spaudimas vėl atsinaujino, tačiau jis buvo ne toks intensyvus kaip Narvos. *Pamūšio* metu tektoninis spaudimas ypač suintensyvėjo – tai pati stipriausia po Gargždų laikotarpio Telšių lūžio kompresinė aktyvizacija; santykinė šiaurinio sparno užstūmimo amplitudė siekia 30–40 metrų. Labai suaktyvėjo ir šiaurinis Telšių volas. *Franio pabaigoje* tektoninis režimas sušvelnėjo, nors spaudimo tendencija išliko – su Telšių lūžiu susijusi nedidelės amplitudės fleksūra, bet Telšių volas beveik nebesi-reiškė, išskyrus nedidelį lokalių struktūrų aktyvumą. *Famenio pradžioje (Šiaulių–Mūrių laikotarpis)* tektoninės sąlygos išliko analogiškos franio pabaigai. Ak-

tyvizavosi Plungės ir Girkalių struktūros. *Famenio pabaigos* tektoninis režimas nėra aiškus, kadangi ant viršutinio famenio uolienų su didele stratigrafine pertrauka slūgso permo karbonatai. Sprendžiant iš Žagarės–Ketlerių uolienų storio pasiskirstymo, tam tikru laiku reiškesi tektoninis spaudimas – tą patvirtina ryškus Telšių volas ir ribojanti fleksūra (10–20 metrų amplitudė).

Vėlyvasis permas. Viršutinio permo uolienų storis praktiškai nereaguoja į Telšių lūžį, nerodo aktyvumo ir Gargždų zona, tad tektoninis režimas nebuvo intensyvus. Į rytus nuo Juodeikių-1 grėžinio Telšių lūžis kerta permo uolienas, lūžio geometrija aiškiai rodo jo aktyvumą veikiant tempimui.

Ankstyvasis triasas. Ankstyvojo triaso metu Telšių lūžis buvo nedaug aktyvus, su juo susiję izopachičių orientacijos pokyčiai. Lūžio tektonikos aktyvumą tuo metu padeda prognozuoti ženklios fleksūrų (ir lūžių) amplitudės, nustatytos Vakarų Lietuvos pietinėje ir šiaurinėje dalyje.

Jura–kainozojus. Juros uolienas Telšių zonoje tiesiogiai dengia kvartero storumė, tad apie šio laikotarpio tektoninių judesių pobūdį spręsti sunku.

Neotektoninis etapas. Neotektoniniame etape aktyvizavosi daugelis kaledoninių lokalių struktūrų, todėl galima neotektoninius metodus efektyviai panaudoti naftingų struktūrų paieškoms. Tai siejama su panašiu tektoniniu režimu kaledoninio etapo pabaigoje ir neotektoniniame etape – panašios įtampos sukėlė analogišką struktūrinę aktyvizaciją (Šliaupa, Šliaupa, 1999). Šias prielaidas patvirtina ir kol kas negausūs šiuolaikinių tektoninių įtampų instrumentiniai tyrimai (Šliaupa, Zakarevičius, 2000).

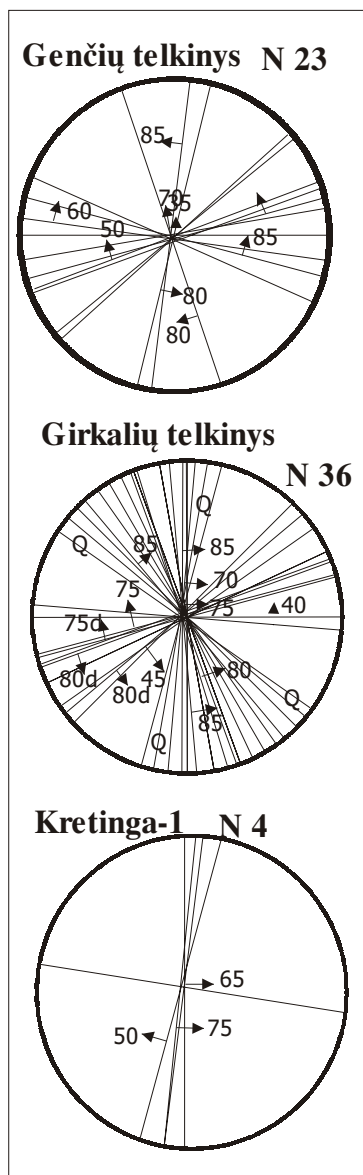
PLYŠIŲ TINKLO ANALIZĖ

1. Plyšių sistema

Kretingos-1 grėžinyje išmatuoti plyšiai sudaro dviejų tarp savęs beveik statmenų ortogonalų (truputį pasuktų pagal laikrodžio rodyklę) sistemų porą (2 pav.). Keturi išmatuoti plyšiai yra submeridianinės krypties (azimutas 0–10°), vienas plyšys su horizontalaus slysmo žymėmis yra artimas Telšių lūžio tįsai (azimutas 280°).

Genčių plote vyrauja subplatuminės krypties plyšiai, nedaug nukrypstantys į šiaurę ir pietus (azimutas 70–90° ir 270–285°), kiti plyšiai yra submeridianinės ir ŠR krypties. Nors Genčių-1 grėžinys yra nuleistame pietiniame bloke, plyšių kryptys jame labai panašios į Genčių-8 grėžinio.

Girkalių-1 ir Girkalių-5 grėžiniuose išmatuota daugiausiai plyšių (atitinkamai 16 ir 20). Vyrauja submeridianiniai plyšiai: Girkalių-1 grėžinyje dažniausi ŠŠR (185–190°), Girkalių-5 grėžinyje – ŠŠV (160–170° azimutas).



2 pav. Plyšių orientacijos rožės-diagramos. Rodyklės rodo plyšio grimzdimo kryptį, skaičiai žymi jų polinkio kampą
Fig. 2. Orientation of fractures measured in the wells of the Telšiai zone. The arrows and numbers indicate inclination of fractures

2. Duomenų interpretacija

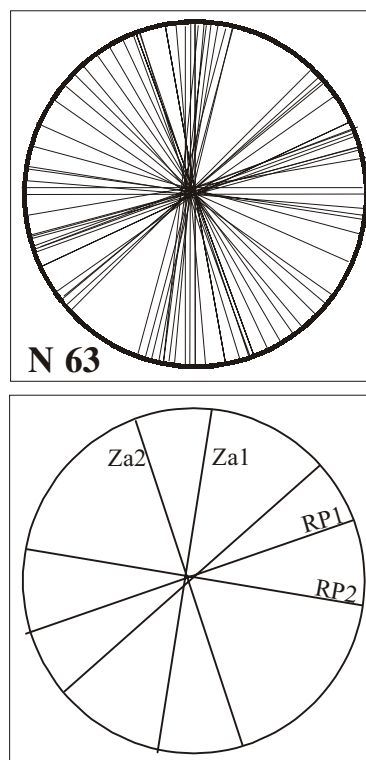
Kambro uolienose fiksuojami plyšiai nėra senesni už vėlyvąjį devoną, kadangi nuo vėlyvojo devono prasidėjo intensyvus smiltainio kvarcėjimas (Šliaupa et al., 2001), kuris užpildė anksčiau susidariusius plyšius. Plyšiai formavosi įvairiu laiku kintant geodinaminiam režimui, ir tai lėmė sudėtingą jų tinklą.

Plyšių sistemos analizė paprastai sėkmingai naudojama rekonstruojant tektoninių įtampų laukus. Analizuojant Telšių lūžį reikia turėti omenyje, jog čia netinka homogeninės sistemos procedūros. Interpretacija yra efektyvi taikant seno kristalinio pa-

mato lūžio, aktyvuoto po nuosėdine danga, dėsnius.

Trečiame paveikslėlyje pateikta išmatuotų plyšių apibendrinta schema, kurioje išryškėja keturios sistemos. Gausiausia yra submeridianinė ŠSR krypties Za1 sistema, jai kiek nusileidžia kita submeridianinė Za2 grupė, orientuota į ŠŠV. Kaip rodo išsamūs kitų regionų geologiniai tyrimai (Ahlgren, 2001), tai yra pagrindinė plyšių sistema, kuri formuojasi stūmio-antstūmio zonoje. Jai priskiriami antitetiniai R' plyšiai, dar vadinami Z plyšiais, kurie susidaro kaip tempimo formos. Šiems plyšiams būdingas beveik status (70–90°) kampas su pagrindine tektonine zona. Pjūvyje jie taip pat yra status (dažnai sigmoidiniai). Za1 sistemos orientacija rodo, jog ji formavosi kairiojo stūmio režime (pvz., hercininis laikotarpis – PV spaudimas). Antroji (silpnesnė) susidarė dešiniojo stūmio (ŠV spaudimas) sąlygomis (pvz., neotektoninis etapas).

Kita stipriai išreikšta yra subplatinė RP1 plyšių sistema, orientuota į RŠR apie 15° azimutu. Ji priskiriama Ridelio arba P tipo plyšiams priklausomai nuo dešiniojo ar kairiojo stūmio režimo (vien iš orientacijos sunku spręsti, koks konkrečiai vyravo režimas). Kadangi ši sistema yra daug stipresnė už



3 pav. Viršuje – Telšių zonos gręžiniuose matuotų plyšių apibendrinta rožė-diagrama. Apačioje – plyšių sistemos klasifikacijos schema

Fig. 3. Combined plot of orientation of measured fractures in the Telšiai zone (above). Classified systems of the fractures measured in the Telšiai zone are presented below.

RP2 (Ridelio ir P tipo plyšių kombinacijos), galima manyti, kad ją sudaro daugiausia Ridelio tipo plyšiai, kurie formavosi kairiojo stūmio režime ir yra genetiškai susiję su Za1 plyšių sistema (hercinine). Tačiau dalis jų galėjo formuotis ir kaip P tipo plyšiai dešiniojo stūmio atveju (pavyzdžiui, neotektoniniame etape). Panaši situacija, matyt, buvo būdinga ir PR2 sistemai.

Galimi du Za tipo plyšių formavimosi modeliai: 1) tempiant – Za plyšiai yra orientuoti mažesniu nei 45° kampu pagrindinio lūžio atžvilgiu; 2) spaudžiant – Za plyšiai orientuoti didesniu nei 45° kampu pagrindinio lūžio atžvilgiu. Šie plyšiai Telšių zonoje yra gana statuso kampo (vidutiniškai 80°), tad prognozuojamas spaudimo režimas. Tačiau reikia pažymėti, jog patys Za plyšiai yra tempimo (transtempimo) formos. Taigi kol kas jų formavimosi mechanizmas nėra vienareikšmiškai nustatytas (Davis et al., 2000).

Reikia pabrėžti, jog submeridianinių plyšių gausa Girkalių plote gali būti susijusi ir su kristalinio pamato smulkių lūžių sistemos, kuri neseniai buvo nustatyta seisminiais duomenimis, aktyvizacija. Pagal plyšių orientaciją Girkalių-1 grėžinyje vyrauja plyšiai, kuriuos suformavo ŠR–PV spaudimas (hercininis), o Girkalių-5 grėžinyje daugiau ŠV–PR spaudimo plyšių.

Kambro uolienose buvo užfiksuoti ir kitos krypties plyšiai, kurie atspindi daug silpniau išplėtotas sistemas.

Kambre plyšiai daugiausia matuoti smiltainyje. Dažniausiai jie užgęsta molio ir smiltainio kontaktuose, nors kai kurie plyšiai kerta ir molio sluoksnius. Plyšio geba kirsti molingą sluoksnį (kartu ir rezervuaro vertikalus atvirumas) priklauso nuo kelių veiksnių: plyšio ilgio gretimo smiltainio sluoksnyje (stori smiltainio sluoksniai yra teigiamas veiksnys), molio sluoksnio storio ir tektoninių įtampų intensyvumo (Rijken, Cooke, 2001).

Atsižvelgiant į plyšių sistemą kambro uolienose, rekomenduojama Š–P ir R–V horizontalaus grėžimo kryptis.

UOLIENŲ DEFORMACIJA MAGNETINĖS ANIZOTROPIJOS DUOMENIMIS

Palinkusiuose grėžiniuose buvo nustatyta uolienu magnetinio imlumo anizotropija. Ankstyvojoje sedimentacijos stadijoje magnetinė anizotropija siejama su nuogulų klostymosi sąlygomis ir atspindi povandeninių srovių, dugno nelygumų poveikį. Tačiau vykstant litifikacijai ir veikiant tektoninėms jėgoms, įmagnetintų dalelių magnetinės savybės keičiasi persiorientuodamos pagal veikiančių jėgų kryptis. Deformacijos metu ilgoji magnetinė ašis orientuojasi statmenai maksimalaus spaudimo kryptčiai, vidutinė – iš-

ilgai jos, o minimali magnetinė ašis yra statmena sluoksniui. Esant labai intensyviai deformacijai, maksimali ašis gali būti vertikali, tempimo atveju minimali ašis bus horizontali.

Kadangi kambro uolienos patyrė ilgalaikę tektoninę ir diagenetinę raidą, jose užfiksuoti ne vieno, o kelių įvykių pėdsakai.

1. Girkalių plotas

Girkalių plote išmatuoti 21 kambro ir 4 devono uolienu bandinių pavyzdžiai iš Girkalių-1 grėžinio bei 5 kambro pavyzdžiai iš Girkalių-5 grėžinio. Anizotropijos laipsnis kaitus. Reikšmės kinta nuo 1,002 iki 3,018 (1 lentelė). Mažiausiomis anizotropijos reikšmėmis pasižymi molis (1970,3 m gylyje). Maksimalus anizotropiškumas pastebėtas labiausiai sukvarcėjusiame smiltainyje. Minimalios magnetinės ašys tirtuose pavyzdžiuose yra subvertikalios orientacijos, o tai būdinga nedidelei deformacijai. Ilgoji ir vidutinė ašis yra subhorizontali. Priklausomai nuo anizotropijos lygio išskirtos trys patikimumo klasės. Ketvirtame paveikslėlyje pateikiamos ilgųjų ir trumpųjų ašių orientacijos stereogramos. Aiški ŠV–PR sistema (18 matavimų) vyrauja tiek Girkalių-1, tiek ir Girkalių-5 grėžiniuose. Vieno pavyzdžio ilgoji ašis yra subvertikali (56°), ir tai gali būti siejama su intensyvia jo deformacija. Girkalių-1 grėžinio apatinėje dalyje išmatuota persidengianti submeridianinė (VPV–RŠR) sistema (5 matavimai). Ši sistema dažniausiai pasireiškia pavyzdžiuose, kuriuose yra daug stilolitų (A4b, d bandiniai). Tokia skirtinga magnetinė orientacija siejama su įvairių diagenetinių mineralų, įmagnetinimo nešėjų, vyravimu. Stilolitizuotoje uolienoje galima numanyti muskovito naujadaro kontroliuojantį vaidmenį. Pagrindinė stilolitizacija kambro uolienose pasireiškė veikiant ŠVŠ–PRP tektoniniam spaudimui. Girkalių-5 grėžinyje magnetinės ilgosios ašys yra labai palinkusios. Antros ir trečios (aukščiausios) patikimumo klasės pavyzdžiuose matomos tos pačios dvi – ŠV–PR ir submeridianinė – magnetinės anizotropijos sistemos.

Devono sluoksniuose išmatuoti 4 smiltainio pavyzdžiai iš Girkalių-1 grėžinio rodo tik vieną ŠV–PR ilgųjų ašių magnetinę sistemą.

2. Genčių plotas

Genčių plote išmatuotas 21 kambro pavyzdys iš Genčių-8 ir 4 pavyzdžiai iš Genčių-11 grėžinio (2 lentelė). Anizotropijos linijškumas kinta nuo 1,009 iki 1,727, dviejuose pavyzdžiuose $L > 3$. Didžiausios reikšmės užfiksuotos Genčių-8 grėžinio viršutinėje dalyje, kuriai būdingas stiprus sukvarcėjimas. Maksimalaus magnetinio linijškumo bandiniuose stebimas

1 lentelė. Magnetinio imlumo anizotropijos duomenys. Girkalių struktūra
Table 1. Anisotropy parameters of magnetic susceptibility. Girkaliai structure

Plotas	Gręžinio pavadinimas	Gylis m	Anizotropijos veiksniai			Anizotropijos kryptys °						Band. indeksas	Uoliena
						Ilgoji ašis		Vidutinė ašis		Trumpoji ašis			
			L	F	P	D	I	D	I	D	I		
GIRKALIAI	Girkaliai-1	1112,0	1,035	1,007	1,043	313	3	46	41	220	49	G1c	smiltainis
	Girkaliai-1	1112,0	1,022	1,022	1,044	139	59	353	27	256	15	G1b	smiltainis
	Girkaliai-1	1112,0	1,020	1,081	1,103	135	5	44	9	251	80	G1a	smiltainis
	Girkaliai-1	1112,0	1,047	1,265	1,324	295	0	25	13	205	77	Gi1a	smiltainis
	Girkaliai-1	1970,3	1,001	1,015	1,016	291	1	21	11	193	79	G2e	molis
	Girkaliai-1	1970,3	1,002	1,004	1,006	110	0	200	5	20	85	G2d	molis
	Girkaliai-1	1970,3	1,001	1,015	1,016	76	10	345	1	248	80	G2c	molis
	Girkaliai-1	1970,3	1,002	1,014	1,016	312	1	42	9	217	81	G2b	molis
	Girkaliai-1	1970,3	1,002	1,005	1,007	130	3	40	0	302	87	G2a	molis
	Girkaliai-1	1974,5				328	7	59	8	198	80	A5c	smiltainis
	Girkaliai-1	1974,5				134	0	44	7	224	83	A5b	smiltainis
	Girkaliai-1	1974,5	1,453	4,986	7,246	331	10	62	5	178	79	A5a	smiltainis
	Girkaliai-1	1980,9				308	0	38	6	216	84	A6c	smiltainis
	Girkaliai-1	1980,9	1,772	1,140	2,020	85	5	355	1	250	85	A6b	smiltainis
	Girkaliai-1	1980,9	2,318	1,481	3,433	292	0	22	4	199	86	A6a	smiltainis
	Girkaliai-1	1983,9	3,018	205,45	619,987	306	2	36	8	201	81	C2c	smiltainis
	Girkaliai-1	1983,9	1,363	1,184	1,614	133	2	43	6	240	83	C2b	smiltainis
	Girkaliai-1	1983,9	1,100	1,127	1,240	288	0	18	35	197	55	C2a	smiltainis
	Girkaliai-1	1887,4				109	3	18	9	219	81	A2c	smiltainis
	Girkaliai-1	1887,4				345	8	76	7	205	79	A2b	smiltainis
	Girkaliai-1	1887,4	2,014	2,569	5,174	79	6	348	5	217	83	A2a	smiltainis
	Girkaliai-1	1994,9	1,268	1,752	2,222	78	31	326	31	202	43	A4d	smiltainis
	Girkaliai-1	1994,9	1,107	1,197	1,325	325	21	56	3	153	69	A4c	smiltainis
	Girkaliai-1	1994,9	1,059	1,184	1,253	82	7	350	10	205	78	A4b	smiltainis
	Girkaliai-1	1994,9	1,052	1,282	1,349	323	11	232	4	121	78	A4a	smiltainis
	Girkaliai-5	?	1,924	1,257	2,420	140	11	41	41	242	47	S1d	smiltainis
	Girkaliai-5	?	1,135	1,139	1,293	149	19	44	35	262	49	S1b	smiltainis
	Girkaliai-5	?	1,265	1,171	1,482	105	37	6	12	262	50	S1c	smiltainis
	Girkaliai-5	?	1,078	1,076	1,160	94	38	347	21	234	45	S1a	smiltainis

padidintas piritio kiekis, kuris yra įmagnetinimo nešėjas kvarciniame smiltainyje. Minimaliu anizotropiškumu, kaip ir Girkalių plote, pasižymi molis. Ilgosios magnetinės ašys yra subhorizontalios, jų orientacija gana išsklaidyta. Genčių-8 gręžinyje aiškiausia ŠR–PV krypties sistema, kurią dengia mažiau ryški ŠV–PR grupė (4 pav.). Nedidelės šiaurės–pietų ir vakarų–rytų sistemos. Antros ir trečios klasės pavyzdžiuose meridianinė sistema išnyksta, o trečios klasės duomenys rodo tik dvi ŠV–PR ir ŠR–PV sistemas. Genčių-11 gręžinyje ryški VPV–RŠR orientacija, kurią kerta submeridianinė sistema.

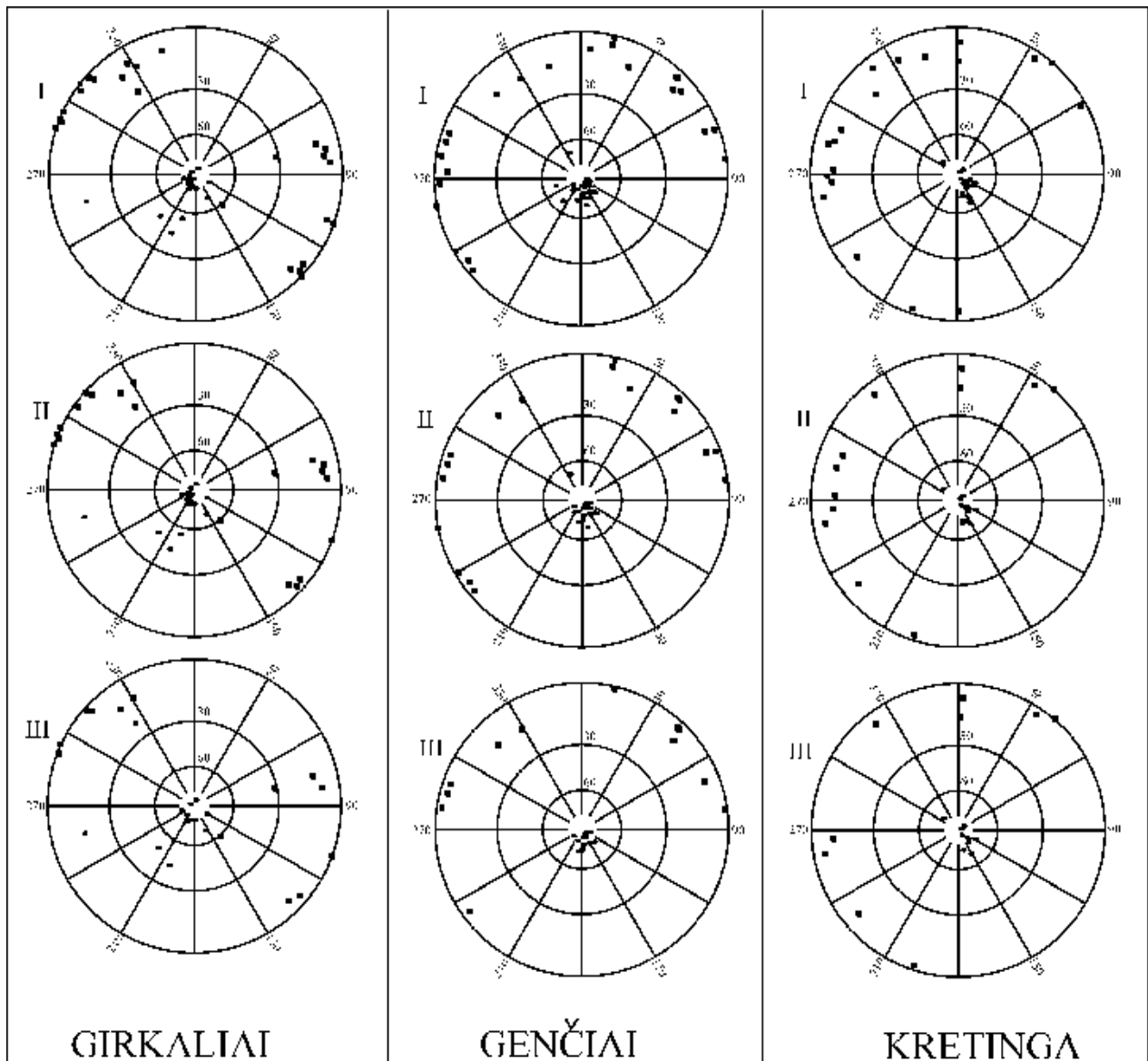
Didžiausia magnetinių ašių orientacijos įvairovė pasižymi smiltainis, kuriam dėl netolygios molingos-aleuritinės medžiagos priemaišos ir sukvarcėjimo būdinga smulkiai dėmėta tekstūra. Tai galėjo lemti skir-

tingų diagenetinių mineralų – įmagnetinimo nešėjų, susidariusių nevienodu laiku veikiant įvairioms tektoninėms jėgoms, koegzistavimą.

3. Kretingos plotas

Kretingos plote išmatuotų 18 kambro pavyzdžių (6 pavyzdžiai iš Kretingos-1 ir 12 iš Kretingos-2 gręžinio) ilgosios ašys yra subhorizontalios; labiau palinkusios Kretingos-2 gręžinyje (2 lentelė). Didžiausia anizotropija pasižymi sukvarcėjęs kvarcinis smiltainis, ypač su piritu.

Pagal orientaciją duomenys pasiskirstė į tris sistemas: ŠV–PR, ŠR–PV ir meridianinę. Antro ir trečio lygio duomenyse atsispindi tik dvi pastarosios, tuo tarpu ŠV–PR sistema išnyksta. Maksimalaus pa-



4 pav. Atskirų telkinių magnetinės anizotropijos stereografinės projekcijos. I, II ir III – duomenų patikimumo laipsnis. Kvadratas – ilgosios magnetinės ašies orientacija, taškas – minimalios magnetinės ašies orientacija

Fig. 4. Equal area projection of K_{\max} (squares) and K_{\min} (circles) of the ellipsoid of the anisotropy of magnetic susceptibility of individual samples from three different structures. I, II and III denote the accuracy of data (III shows the highest quality)

tikimumo imtyje išlikusi tik ŠR–PV kryptis (4 pav.). Kretingos-1 grėžinyje aiškiausia ŠR–PV ilgųjų ašių kryptis (4 iš 6), o Kretingos-2 grėžinyje, priešingai, dažniausia VŠV–RPR orientacija, išskyrus apatinį pavyzdį, kuriame išmatuota submeridianinė magnetinė anizotropija. Anizotropijos laipsnis Kretingos plote, lyginant su kitais, yra padidėjęs.

Magnetinės orientacijos variacijos glaudžiai susijusios su antriniais uolienu pokyčiais. Kretingos-1 grėžinyje iš 1871,1 m gylio paimtų trijų pavyzdžių dviejų ilgiosios ašys orientuotos į ŠR–PV, vieno – į ŠV–PR. Pastarajame rasti piritio lizdai, kurių nėra pirmuosiuose dviejuose bandiniuose. Daroma išvada,

kad piritas susidarė ŠR–PV spaudimo sąlygomis. Kretingos-2 grėžinio 1897,8 m gylio imtyje išsiskiria K3a bandinys, kuriame, skirtingai nuo kitų bandinių, užfiksuotas ŠV–PR spaudimas. Šiame pavyzdyje aptikti stilolitai, kurių diagenetinė asociacija ir nulėmė magnetinę anizotropiją. Įdomu, jog šis kryptingumas identiškas minėtam Girkalių-1 grėžinio A4b, d stilolitizuotam smiltainiui. K3a bandinyje minimali magnetinė ašis yra pakrypusi 66° . Analogiška ŠV–PR kompresija nustatyta ir Kretingos-2 grėžinio smiltainyje iš 1901,9 m gylio. Čia minimali ašis irgi labai palinkusi (69°), o K1a smiltainyje ji beveik horizontali – tai intensyvios deformacijos požymis.

2 lentelė. Magnetinio imlumo anizotropijos duomenys. Genčių ir Kretingos struktūros
Table 2. Anisotropy parameters of magnetic susceptibility. Genčiai and Kretinga structures

Plotas	Gręžinio pavadinimas	Gylis m	Anizotropijos veiksniai			Anizotropijos kryptys °						Band. indeksas	Uoliena
						Ilgoji ašis		Vidutinė ašis		Trumpoji ašis			
			L	F	P	D	I	D	I	D	I		
GENČIAI	Genčiai-8	1847,4	1,379	3,726	5,139	13	1	283	7	107	83	C4a	smiltainis
	Genčiai-8	1847,4	1,167	2,083	2,432	46	8	136	1	231	82	C4b	smiltainis
	Genčiai-8	1847,4	1,176	21,034	24,745	285	3	15	2	136	86	C4c	smiltainis
	Genčiai-8	1852,3	3,650	1,217	4,440	23	11	113	2	213	79	A3a	smiltainis
	Genčiai-8	1852,3	3,334	2,859	9,532	240	1	330	7	140	83	A3b	smiltainis
	Genčiai-8	1852,3	1,540	1,672	2,574	230	2	321	15	134	75	A3c	smiltainis
	Genčiai-8	1852,3				49	6	318	15	160	74	A3d	smiltainis
	Genčiai-8	1871,8	1,049	1,234	1,295	329	13	60	7	177	75	C5a	smiltainis
	Genčiai-8	1871,8				268	2	359	11	167	79	C5b	smiltainis
	Genčiai-8	1871,8	1,028	1,075	1,105	43	3	312	6	155	83	C5c	smiltainis
	Genčiai-8	1875,0	1,001	1,076	1,077	279	2	10	17	184	73	G4a	molis
	Genčiai-8	1875,0	1,009	1,095	1,105	289	3	20	16	189	73	G4b	molis
	Genčiai-8	1878,0	1,009	1,059	1,068	69	6	338	7	199	81	G3a	molis
	Genčiai-8	1975,1	1,018	1,060	1,079	44	3	314	5	169	84	C1a	molis
	Genčiai-8	1975,1	1,028	1,258	1,293	315	12	45	3	151	78	C1b	molis
	Genčiai-8	1975,1	1,056	1,088	1,149	82	1	352	12	174	78	C1c	molis
	Genčiai-8	1975,1	1,010	1,068	1,079	234	3	325	14	134	76	C1d	molis
	Genčiai-8	1975,1	1,015	1,244	1,262	12	5	282	6	143	82	C1e	molis
	Genčiai-8	1984,3				273	5	183	0	90	85	C3a	smiltainis
	Genčiai-8	1984,3				4	7	96	18	253	70	C3b	smiltainis
	Genčiai-8	1984,3				344	13	78	17	219	68	C3c	smiltainis
	Genčiai-11	1896,2	1,055	1,040	1,097	13	4	283	8	132	81	A1a	smiltainis
	Genčiai-11	1896,2	1,131	1,610	1,820	70	2	161	22	336	68	A1b	smiltainis
	Genčiai-11	1896,2	1,226	1,107	1,357	259	0	349	21	168	69	A1c	smiltainis
Genčiai-11	1896,2	1,727	1,301	2,247	355	17	264	3	166	72	A1d	smiltainis	
KRETINGA	Kretinga-1	1871,1	1,431	3,543	5,069	34	3	303	11	137	78	K2c	smiltainis
	Kretinga-1	1871,1	1,322	1,384	1,830	260	5	170	2	55	84	K2b	smiltainis
	Kretinga-1	1871,1	1,079	3,022	3,262	322	5	232	0	140	85	K2a	smiltainis
	Kretinga-1	1876,8	1,122	1,229	1,379	41	0	131	14	310	76	K4c	smiltainis
	Kretinga-1	1876,8	1,062	1,196	1,270	230	7	322	14	116	74	K4b	smiltainis
	Kretinga-1	1876,8	1,037	1,272	1,319	2	6	271	8	128	81	K4a	smiltainis
	Kretinga-2	1897,8	2,726	1,148	3,128	291	10	24	15	167	72	K3e	smiltainis
	Kretinga-2	1897,8	1,287	1,101	1,418	272	10	5	17	153	71	K3d	smiltainis
	Kretinga-2	1897,8				345	11	254	6	139	77	K3c	smiltainis
	Kretinga-2	1897,8				315	15	224	2	125	75	K3b	smiltainis
	Kretinga-2	1897,8				61	2	331	24	155	66	K3a	smiltainis
	Kretinga-2	1897,8	1,265	1,155	1,461	285	9	15	3	123	81	K3f	smiltainis
	Kretinga-2	1898,8	1,264	2,398	3,030	1	15	270	4	165	74	K5c	smiltainis
	Kretinga-2	1898,8				333	8	242	8	110	79	K5b	smiltainis
	Kretinga-2	1898,8				282	6	13	6	145	81	K5a	smiltainis
	Kretinga-2	1901,9	1,133	1,653	1,872	266	9	359	19	151	69	K1c	smiltainis
	Kretinga-2	1901,9	1,045	2,411	2,519	198	2	288	2	59	87	K1b	smiltainis
Kretinga-2	1901,9				179	4	58	82	269	7	K1a	smiltainis	

Santrumpos: L – anizotropijos elipsoido linijiškumas, F – anizotropijos elipsoido skalūnuotumas, P – pilnas anizotropijos laipsnis, D – anizotropijos deklinacija (kryptis), I – anizotropijos inklinacija (polinkis).

IŠVADOS

Telšių lūžis susijęs su kristalinio pamato tektonitų zona, kuri susidarė ankstyvajame prekambre, o akty-

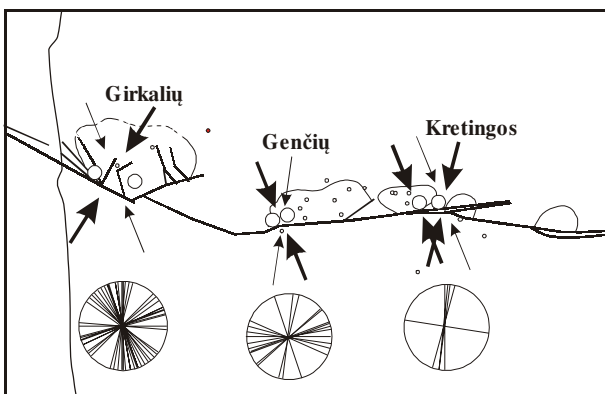
vizavosi jau kambro metu esant tempimo režimui. Aktyvumu Telšių lūžis pasižymėjo ir ordoviko metu. Pagrindinė lūžio fazė pasireiškė kaledoninio etapo

pabaigoje veikiant ŠV–PR kompresijai. Vidurinio-vėlyvojo devono metu tektoninis režimas buvo kaitus, vyravo ŠR–PV kompresija, kuri labai susilpnėjo arba netgi perėjo į tempimą živečio metu. Alpinių laikotarpiu tektoninės įtamos taip pat buvo nepastovios.

Kintančios tektoninės sąlygos nulėmė sudėtingą plyšių sistemą. Palinkusiuose gręžiniuose išmatuotos plyšių sistemos geriausiai paaiškinamos kaičios ŠV–PR ir ŠR–PV kompresijos poveikiu senam pamato lūžiui.

Genčių ploto kambro uolienose stipriausiai užsifiksavo ŠV–PR (kaledoninė ir pohercininė) spaudimo fazė – vyraujanti magnetinių ilgųjų ašių orientacija yra ŠR–PV (6 pav.). Atitinkamai labiausiai išplėta kompresinė RŠR–VPV krypties plyšių sistema. Sistemos plyšiai subvertikalūs arba palinkę į šiaurę 50–70° kampu. Jie priskirtini prie P tipo plyšių, susiformavusių veikiant ŠV–PR spaudimui. Antitetinė plyšių sistema Genčių plote neišsiplėtojusi (5 pav.). Kambro uolienos buvo paveiktos ir ŠR–PV spaudimo, tačiau ši fazė užsifiksavo silpnai.

Priešingai, Girkalių ploto uolienose ryškiausias ŠR–PV krypties (hercininis) spaudimas – magnetinės ilgosios ašys dažniausiai orientuotos ŠV–PR kryptimi. Ši kryptis būdinga ne tik kambro, bet ir apatinio devono uolienoms. Hercininės sistemos vyravimas susijęs su ypatinga Girkalių ploto struktūrine padėtimi: jis yra prie ŠV–PR Telšių lūžio atsišakojimo, kuris, sprendžiant iš jo orientacijos, daugiausia susidarė hercininiame etape veikiant ŠR–PV kompresijai. Jos poveikis nulėmė Za1 antitetinių „hercininių“ plyšių gausą Girkalių-1 gręžinio kambro uolienose



5 pav. Telšių zonos struktūrinės analizės apibendrinta schema. Storos rodyklės rodo pagrindinę paleotektoninio spaudimo kryptį, nustatytą pagal magnetinės anizotropijos duomenis, plonos – silpniau išreikšto spaudimo kryptis. Apačioje pateiktos plyšiuotumo orientacijos rožės-diagramos Fig. 5. Scheme summarizing measurements of rock fractures (stereoplots below) and estimated tectonic compression (bold arrows) from magnetic anisotropy. Thin arrows indicate sub-ordinate compression direction

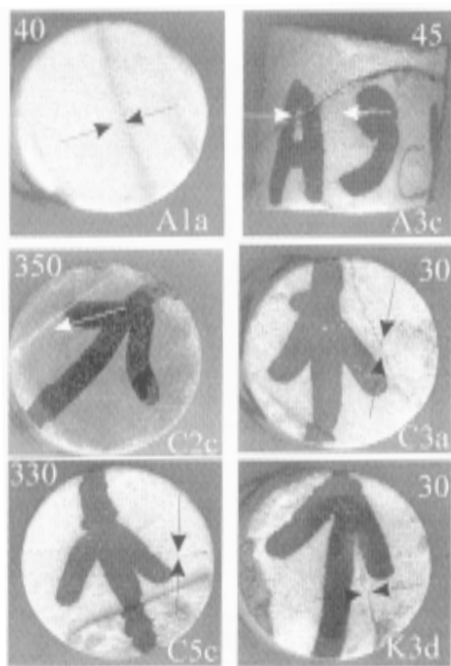
nose (5 pav.). Beje, šis gręžinys yra atskirame nuo kitų gręžinių bloke, kuris, kaip matyti iš gręžimo duomenų, atsiskyrė tik hercininiame etape. Tuo tarpu Girkalių-5 gręžinyje daugiausia Za2 plyšių, kurie formavosi veikiant ŠV–PR spaudimui. Tačiau ne tik tai nulėmė submeridianinių plyšių gausą Girkalių telkinyje. Naujausių seisminių darbų duomenimis, Girkalių plote gausu šios orientacijos lūžių, kertančių kambro sluoksnius. Jie neabejotinai buvo aktyvizuoti įvairiais laikotarpiais. Girkalių plote, be minėto vyraujančio ŠR–PV spaudimo, ryškūs ir ŠV–PR kompresijos požymiai, kurie koreliuojami su ŠR–PV orientacijos Ridelio plyšių gausa uolienose.

Kretingos plote magnetinė anizotropija, lyginant su Girkalių ir Genčių plotais, yra mažiau kryptinga, ir tai gali rodyti intensyvesnę telkinio tektonizaciją. Kretingos-1 gręžinyje aktyviausias buvo ŠV–PR spaudimas, o Kretingos-2 gręžinyje, priešingai, – ryškesnis ŠR–PV spaudimo poveikis.

Stilolitizuotas smiltainis skirtinguose plotuose rodo panašią kompresinio magnetinio anizotropiškumo orientaciją, kuri leidžia spėti, jog pagrindiniai stilolitizacijos procesai plėtojosi veikiant ŠV–PR spaudimui. Tai atitinka ir plyšių orientacijos analizės duomenis. Girkalių-5 gręžinyje pastebėta, kad tarpstilolitiniai plyšiai, kurie genetiškai susiję su stilolitizacijos procesu, dažniausiai orientuoti ŠSV kryptimi, o jų formavimasis siejamas su ŠV–PR kompresija.

Tų pačių bandinių magnetinio anizotropiškumo ir plyšiuotumo duomenys neblogai koreliuojami. Šeštame paveikslėlyje pateikiamos 6 matuotų bandinių fotografijos, kuriose matyti smulkūs plyšiai (pateiktas jų azimutas) ir nurodyta tektoninės kompresijos kryptis, išmatuota magnetinio imlumo anizotropijos metodu. A1a ir A3c bandiniai paimti atitinkamai iš Genčių-11 ir Genčių-8 gręžinio. Juose stebimi 30–40° azimuto plyšiai. Magnetinė anizotropija rodo, jog kompresija veikė statmenai plyšio orientacijai (kompresiniai plyšiai?). Plyšiams statmena kompresijos kryptis konstatuota ir C5c bei K3d smiltainyje (6 pav.), K5c bandinio 1° azimuto plyšys taip pat orientuotas statmenai kompresijai, kaip ir A1b, A1c (Girkalių-11 gręžinys) 70° azimuto plyšiai (RP2 sistema). Tik nedaugelyje bandinių pastebėtas įžambus plyšio ir kompresijos santykis. C3a bandinyje (Genčių-8 gręžinys) užfiksuota įžambi (30°) sistemos plyšiu ŠR–PV kompresija. Įžambų Za2 antitetinį plyšį C2c bandinyje (Girkalių-1 gręžinys) veikė ŠR–PV kompresija.

Gręžinių, kaip ir magnetinės deformacijos, orientacija glaudžiai susijusi su Telšių lūžio kryptimi. Girkalių plote 1-as ir 5-as gręžinys palinkęs į ŠŠR (azimutas 20–25°), tai yra statmenai Telšių lūžio tįšai šiame segmente. Statmenai lūžio tįšai orientuoti ir gręžiniai Kretingos bei Genčių plotuose (325 ir 340° ŠŠV). Atitinkamai magnetinis linijiš-



6 pav. Spaudimo (plonos rodyklės), išmatuoto magnetinio imlumo anizotropijos metodu, santykis su smulkiais plyšiais kambro smiltainyje (fotografijos). Storos rodyklės rodo gėžinio polinkio kryptį. Skaičiai dešiniajame fotografijų kampe nurodo bandinio numerį (žr. lentelę), viršutiniame kampe pateiktas plyšio azimutas

Fig. 6. Photographs illustrating relation of compression (arrows) measured by magnetic anisotropy and small fractures in Cambrian sandstones. Bold arrows indicate inclination of the well. Numbers at lower corners of the photographs are sample numbers (see Tables 1, 2). Numbers at upper corners show the azimuth of fractures

kumas lygiagretus Telšių lūžio tįsai, tai yra matuotuose bandiniuose užfiksuota kompresija, statmena lūžiui: Girkalių segmentą labiausiai paveikė hercininis ŠŠR–PPV spaudimas (struktūriniais duomenimis, jo fragmentacija taip pat buvo intensyviausia hercininio etapo metu), o Genčių–Kretingos plotą (P tipo segmentas) – ŠV–PR spaudimas (kaledoninis arba pohercininis).

Padėka

Dėkojame AB „Geonafta“ ir Lietuvos mokslo ir studijų fondui, finansavusiems darbą. Tyrimai vykdyti pagal Kompleksinės Vakarų Lietuvos baseinų analizės projektą. Ypač dėkojame J. Navrockiui už pagalbą atliekant magnetinius tyrimus Lenkijos geologijos institute.

Literatūra

Ahlgren S. G. 2001. The nucleation and evolution of Riedel shear zones as deformation bands in porous sandstone. *Journal of structural geology*. 23. 1203–1214.

- Davis G. H., Bump A. P., Garcia P. E., Ahlgren S. G. 2000. Conjugate Riedel deformation band shear zones. *Journal of Structural Geology*. 22. 169–190.
- Rijken P., Cooke M. L. 2001. Role of shale thickness on vertical connectivity of fractures: application of crack-bridging theory to the Austin Chalk, Texas. *Technophysics*. 337. 117–133.
- Jelenska M., Kądzialko-Hofmokr M., 1990 Dependence of anisotropy of magnetic susceptibility of rocks on temperature. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*. 62. 19–31.
- Jelinek V. 1977 The statistical theory of measuring anisotropy of magnetic susceptibility of some igneous and metamorphic rocks. *Geofyzika*. Brno. 1–88.
- Jelinek V. 1978 Statistical processing of anisotropy of magnetic susceptibility on groups of specimens. *Stud. Geophys. Geod.* 50–62.
- Ritter O., Sliupa S., Hoth P., Springer M. 2000. The electrical conductivity as an indirect measure of the geothermal field: A magnetotelluric sounding experiment in Lithuania. *Geophysical Research Abstracts*, 2, 2000, EGS 25th General Assembly. Nice.
- Scheepers P. J. J., Langereis C. G. 1994 Magnetic fabric of Pleistocene clays from the Tyrrhenian arc: A magnetic lineation induced in the final stage of the middle Pleistocene compressive event. *Tectonics*. 13(5). 1190–1200.
- Sliupa A., Sliupa S. 1999. Neogene-Quaternary tectonic history of the Baltic Syncline. *Technika Poszukiwan Geologicznych*. 6. Krakow. 101–104.
- Sliupa S. 1999. Far-field stress transmission indications in Early Palaeozoic structural evolution of the Baltic basin. *Romanian Journal of Tectonics and Regional Geology*. 77. P. 59.
- Sliupa S., Poprawa P., Jacyna J. 2000. Structural analysis of seismic data in the Baltic basin: evidences for Silurian-Early Devonian intra-plate compression in the foreland of Caledonian orogen. *Journal of the Czech Geological Society*. 45(3–4). 260–261.
- Sliupa S., Poprawa P., Jacyna J. 2000. Seismic evidences for late Caledonian compression in the Baltic basin. *Europrobe (TESZ) and PACE Workshop Abstracts Volume*. Warsaw. 77–78.
- Sliupa S., Zakarevicius A. 2000. Recent stress pattern in eastern part of the Baltic basin, Lithuania. *Europrobe (TESZ) and PACE Workshop Abstracts Volume*. Warsaw. 79.
- Sliupa S., Popov M. 1998. Linkage between basement and neotectonic linear structures in Lithuania. *Litosfera*. 2. Vilnius. 36–45.
- Sliupa S., Rasteniene V., Lashkova L., Shogenova A. 2001. Petrophysic properties of Cambrian deposits of central and western Lithuania. *Research in Petroleum Technology*. V. Denmark. 157–180.
- Sliupa A., Sliupa S. 1999. Neogene-Quaternary tectonic history of the Baltic Syncline. *Technika Poszukiwan Geologicznych*. 6. Krakow. 101–104.
- Stirpeika A. 1999. Tectonic Evolution of the Baltic Syncline and Local Structures in the South Baltic Region with Respect to their Petroleum Potential. Vilnius. 112 p.
- Žvirblis A. 1995. Kai kurie Telšių regioninio lūžio raidos ypatumai. *Geologijos akiračiai*. 1. 52–56.
- Tarling D. H. & Hrouda F. 1993 The magnetic anisotropy of rocks. London. 217 p.

Saulius Šliaupa, Valentas Katinas, Gintautas Vosylius,
Rasa Šliaupienė, Irma Vėjelytė

RECONSTRUCTION OF THE PALAEOSTRESS REGIME OF THE TELŠIAI FAULT, WEST LITHUANIA

S u m m a r y

The Telšiai fault is the largest tectonic feature in the sedimentary cover of Lithuania. Furthermore, it was established along the large-scale Early Precambrian shear zone showing an intense milonitization and cataklasis. The main faulting took place during the late Caledonian stage (latest Silurian – earliest Devonian). Still a detailed correlation of the borehole sections on the either flank of the fault combined to seismic profiles point to a reactivation of the fault during Cambrian time. It was active also during Ordovician time, manifested as a gentle flexure. The fault was recurrently activated during Devonian time, showing a maximum compression during Eifelian and middle Early Frasnian time. By contrast to Caledonian compression which was oriented NW–SE, the compression was directed NE–SW during Variscan stage. Two events of relaxation due to lowering of the compression or even extension are recognized during Praghian and Givetian times. The former followed the climax of Scandian deformations in Scandinavian Caledonides, while the latter correlates with the first Givetian rifting event in the East European platform. The extension is recognized also during the Upper Permian and Lower Triassic. The present stress field in Western Lithuania is governed by the NW–SE compression.

The variable stress field resulted in a complex fracturing of the Cambrian sandstones. Fractures were measured in six inclined wells along the Telšiai fault in Western Lithuania. This enabled to establish the geographical orientation of the fractures. Four dominant families were documented. The WNW–ESE and ENE–WSW fractures were attributed to synthetic Riedel-P1 and Riedel-P2 joints respectively, while the NNE and NNW systems were defined as antithetic Za1 and Za2 fractures developed respectively under NW–SE and NE–SW compression.

The study of the fracturing was combined to measurement of the anisotropy of the magnetic susceptibility of the Cambrian sandstones and shales. Four samples were measured in the Lower Devonian sandstones. The NW–SE compression controlled magnetic signatures of the Genčiai oil field, as it is suggested from dominant NE–SW orientation of the long magnetic axes. Accordingly, the compressive ENE–WSW system is most developed in the Genčiai Cambrian rocks. The fractures of this system are inclined to the north at 90–50°, they are attributed to the P-type fractures. The antithetic system is rather scarce. The Genčiai oil field was also affected by NE–SW compression, but it is much less pronounced in the magnetic anisotropy of Cambrian rocks.

By contrast, the Cambrian and Devonian rocks of the Girkliai oil field manifest distinct magnetic features of the NE–SW (Variscan) compression. The most numerous fractures are oriented NNW–SSE, which comes in concert with abundant basement faults cutting through the Cambrian as it is documented by a recent 3D seismic survey. Besides, the NW–SE compression is discernible.

The magnetic anisotropy is less regular in Cambrian rocks of the Kretinga oil field, which shows a more intense structuring. The NW–SE compression is more pronounced in the Cambrian rocks of the well Kretinga-1, whereas the well Kretinga-2 indicates distinct magnetic features of the NE–SW compression.

The samples containing abundant stilolites show preferable magnetic orientation related to the NW–SE compression. This is supported by the dominant NNW–SSE orientation of inter-stilolite fractures which developed under NW–SE compression.

The magnetic features and fractures measured in the same samples revealed the dominant normal orientation of the compression to the fracture strike. There might be two alternatives as to this regularity: (i) fractures are of compression nature, and (ii) fractures originated immediately after decompression.

The inclination of the wells is closely related to the orientation of the Telšiai fault. They are inclined normally to the fault strike (off the fault). This is associated with a regular distribution of the magnetic deformation features. The long magnetic axes are parallel to the fault. Following the structural data, the Girkliai segment was most fragmented during the Variscan stage, accordingly the magnetic anisotropy reflects the domination of the “Variscan” NE–SW compression. The Genčiai–Kretinga interval shows the predominant deformation under NW–SE compression.

Саулос Шляупа, Валентас Катинас,
Гинтаутас Восилюс, Раса Шляупене,
Ирма Веялите

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПАЛЕОНАПРЯЖЕНИЯ ТЕЛЬШЯЙСКОГО РАЗЛОМА В ЗАПАДНОЙ ЛИТВЕ

Р е з ю м е

Тельшяйский разлом является основной дислокацией в осадочном чехле Литвы. Он образовался по раннедокембрийской шовной зоне З–В ориентации. По данным изменения мощностей в скважинах и по сейсмическим данным была выявлена изменчивая эволюция разлома в осадочном чехле. Разлом проявился уже в венде–начале кембрия как зона растяжения. В конце кембрия эта зона была несколько активизирована в режиме сжатия. В ордовикских отложениях с ней связана флексура. Основная стадия разломообразования проявилась в конце силура–начале девона под воздействием СЗ–ЮВ сжатия.

В конце раннего девона отмечается проявление инверсий (ослабленное сжатие или даже растяжение). В девонское время преобладало ЮВ–СЗ сжатие, кроме живети, когда проявилось слабое растяжение. В начале альпийского времени существовал режим растяжения.

В наклонных скважинах измерялись система трещин и анизотропия магнитной восприимчивости, в результате чего выявлены два основных направления палеосжатия СЗ–ЮВ и СВ–ЮЗ.