

Vaida Šeirienė, Jonas Mažeika, Rimantas Petrošius, *Geologijos institutas,*
Meilutė Kabailienė, *Vilniaus universitetas,*
Jūratė Kasperovičienė, Ričardas Paškauskas, *Botanikos institutas*

EŽERŲ NUOSĖDOS – GAMTINIŲ IR ANTROPOGENINIŲ POKYČIŲ METRAŠTIS

Anotacija

Šeirienė V., Mažeika J., Petrošius R., Kabailienė M., Kasperovičienė J., Paškauskas R. Ežerų nuosėdos – gamtinių ir antropogeninių pokyčių metraštis // *Geologijos akiračiai*. ISSN 1392–0006, 2008, Nr. 2, 29–34 p.

Tiriant ežerų nuosėdas, buvo bandoma atkurti aplinkos gamtinių ir antropogeninių pokyčių raidą praityje, įvertinti ekologinių sąlygų pokyčių, antropogeninės eutrofizacijos priežastis ir tendencijas. Tam tikslui buvo taikytas kompleksas metodų (cheminė, pigmentų, geocheminė, titnaginių dumblių, sporų ir žiedadulkių analizės, radioizotopiniai tyrimai). Tyrimams buvo pasirinkti skirtingos antropogeninės apkrovos ežerai – Varėnis, Glebas, Baltys ir Lydekis. Detalių ir kompleksiškių radioizotopinių datavimo metodų taikymas leido nustatyti dabartinės ir ilgalaikės holoceno laikotarpio sedimentacijos parametrus (sedimentacijos modulį bei sausos ir drėgnos masės kaupimosi linijinį greitį), ežerų nuosėdų klostymosi chronologiją. Remiantis žiedadulkių ir sporų analizės duomenimis buvo atkurta vėlyvojo ledynmečio bei holoceno laikotarpių augalijos raida. Pagal titnagdumblių analizės duomenis buvo nustatytos paleobasėnų ekologinės sąlygos, o pagal cheminės bei pigmentų analizės duomenis – eutrofikacijos pobūdis bei tendencijos.

Abstract

Šeirienė V., Mažeika J., Petrošius R., M.Kabailienė, Kasperovičienė J., Paškauskas R. Lake sediments – a chronicle of natural and anthropogenic changes // *Geologijos akiračiai*. ISSN 1392–0006, 2008, No. 2, pp. 29–34.

The main aim of the studies was to identify natural and anthropogenic changes during the Late Glacial and Holocene. Four lakes with various pollution were chosen for investigations. Lake sediments were studied by the means of diatom, pollen, pigments, isotopes, chemical and geochemical analyses. The complex isotope studies allowed ascertaining the sedimentation parameters: sedimentation modulus ($\text{g}/\text{cm}^2/\text{years}$) and accumulation rate (mm/years) as well as chronologization of sedimentation. Vegetation history was reconstructed by the means of pollen analysis. Diatom analysis allowed establishing the ecological conditions of the palaeobasins. A chemical and pigment analysis serves for establishing of eutrophication level and tendencies.

Keywords: lake sediments, anthropogenic changes, complex studies, Late Glacial, Holocene.

Received 15 May 2008, accepted 3 June 2008.

Institute of Geology and Geography,

tel. +370 5 2104700, e-mail: sciriene@geo.lt

Įvadas

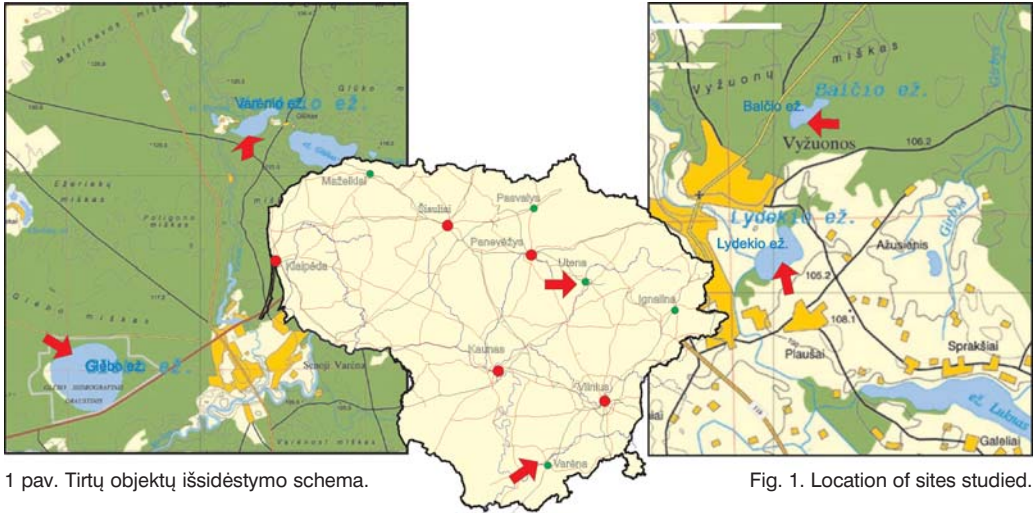
Lietuvoje, kurios teritorija patenka į pleistoceno kontinentinių apledėjimų zoną, ežerai yra ypatinga landšafto ir ekosistemos dalis su jiems būdinga bioįvairove. Ežerų bei kitų giminingų vandens ekosistemų išsaugojimo ir racionalaus vandens išteklių panaudojimo svarba akivaizdi: jie reikšmingi kaip vandens rezervuarai, hidroenergijos šaltiniai, drėkinimo sistemos. Tai – bioįvairovės centrai, praityje vykusių bei dabartinių pokyčių archyvai, aplinkos taršos kaupėjai.

Paskutiniaisiais amžiais dėl intensyvėjančios žmogaus veiklos į vandens telkinius patenka vis didesnė mineralinių ir organinių medžiagų kiekiai. Siekiant įgyvendinti ežerų išteklių racionalaus panaudojimo strategiją būtina išsiaiškinti,

kaip jie kito ir vystėsi laike, atskirų laikotarpių metu. Žmogaus veiklos nulemti pokyčiai apima terpes bei procesus, kurie dažnai labai panašūs į gamtinius. Šių procesų priežasčių identifikavimas yra itin svarbus. Būtina įvertinti, kokiu mastu ežerai pasikeitė, keičiasi bei keisis ateityje natūraliai ir dėl žmogaus veiklos. Norint išspręsti šiuos klausimus, taikomas kompleksas ežerų nuosėdų bei vandens tyrimo metodų ir atitinkamas procesų modeliavimas.

Tyrimo objektai ir metodai

Tyrimams buvo pasirinkti Varėnio, Glebo, Balčio ir Lydekio ežerai, esantys rytinėje Lietuvos dalyje (1 pav.). Ežerų nuosėdų kolonėlėms paimti buvo sukonstruoti dviejų tipų pontoniniai



1 pav. Tirtų objektų išsidėstymo schema.

Fig. 1. Location of sites studied.



2. pav. Tyrimuose naudotas plaustas bei grąžtas.

Fig. 2. A raft and a drill used during the investigations.

plaustai (2 pav.), taip pat buvo dirbama nuo ledo. Paviršinis nuosėdų sluoksnis (iki 40 cm) buvo imamas stratometro tipo gravitaciniu vamzdžiu (3 pav.), gilesni sluoksniai tirti naudojant patobulintos konstrukcijos durpių grąžtą. Buvo parengta ir pirmą kartą Lietuvoje panaudota kompleksinė ežerų nuosėdų datavimo metodika, taikant tris *radioizotopinius metodus*: jausniausiems sluoksniams (nuo 1950 m. iki dabar) tirti – technogeninio ^{137}Cs , senesniems sluoksniams (nuo 1800 m. iki dabar) – antropogeninės sklaidos ^{210}Pb , vėlyvojo ledynmečio ir holoceno laikotarpio nuosėdoms (per 10000 metų) – kosmogeninės ^{14}C . Šių metodų kompleksinis taikymas leido ne tik gana detalai atkurti gamtinių bei antropogeninių pokyčių chronologiją, bet ir nustatyti sedimentacijos parametrus.

Eutrofikacijos tendencijoms įvertinti bei ežero produktyvumo pokyčiams nustatyti buvo at-



3 pav. Gravitacinio tipo stratometras paviršinio nuosėdų sluoksnio mėginimams paimti.

Fig. 3. Gravitational stratometer for sampling bottom surface sediments.

liekama *cheminė analizė*, t.y. buvo nustatomi organinės anglies (C_{org}), bendro fosforo ($\text{P}_{\text{bendr.}}$), bendro azoto ($\text{N}_{\text{bendr.}}$) kiekiai bei bendro azoto ir bendro fosforo (N/P) santykis. Pagal azoto kiekį organinėje medžiagoje (C/N) buvo bandoma nustatyti organinės medžiagos prigimtį.

Ežerų trofiniam statusui įvertinti pirmą kartą panaudoti *pigmentų* tyrimų rezultatai. Chlorofilo degradacijos produktai (feofitainai ir feoforbidai) yra atsparūs tolesniam mikrobiologiniam ir cheminiam irimui, todėl pagal pigmentų kiekybinės analizės duomenis ir jų pasiskirstymą dugno nuosėdose galima įvertinti ežero pirminę produkciją (t.y. nustatyti organinės medžiagos kiekį, kurį susintetina dumbliai per tam tikrą laikotarpį) įvairiais jo raidos etapais. *Sporų žiedadulkių* bei *titnagdumblių tyrimai* leido nu-

statyti augalijos vystymosi eiga, atkurti paleoežero raidos etapus bei paleoekologines sąlygas, atlikti santykinę sedimentacijos chronologizaciją.

Tyrimo rezultatų apžvalga

Sedimentacijos kiekybiniai parametrai.

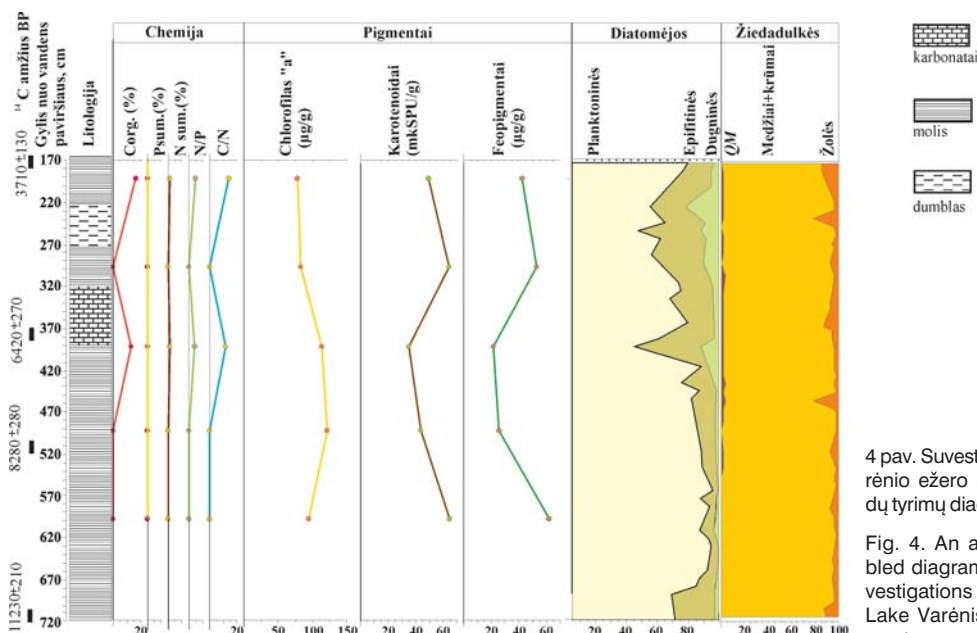
Nagrinėti keli sedimentacijos procesus apibūdinantys parametrai – sedimentacijos modulis ($\text{g}/\text{cm}^2/\text{metai}$) bei sausos ir drėgnos masės kaupimosi linijiniai greičiai (mm/metai). Dabartinės sedimentacijos modulis ežeruose pagal ^{210}Pb ir ^{137}Cs tyrimus yra: Balčio ežere – $0,05\text{--}0,07 \text{ g}/\text{cm}^2/\text{metai}$; Lydekio ežere – daugiau kaip $0,5 \text{ g}/\text{cm}^2/\text{metai}$; Glėbo ežere – $0,05 \text{ g}/\text{cm}^2/\text{metai}$; Varėnio ežere – daugiau kaip $0,5 \text{ g}/\text{cm}^2/\text{metai}$. Priklausomai nuo nuosėdų medžiagos tankio bei drėgmės kinta ir kiti sedimentacijos procesą apibūdinantys parametrai, t.y. linijiniai greičiai.

Nagrinėjant ne tik viršutinę nuosėdų dalį, bet ir visą storymę bei datuojant ^{14}C metodu, minėtų ežerų nuosėdų susiklostymo vidutinis greitis Balčio ežere yra $1,1 \text{ mm}/\text{metai}$, Lydekio ežere – $1,5$, Glėbo ežere – $1,6$, Varėnio ežere – $0,8 \text{ mm}/\text{metai}$.

Augalijos raidos ypatumai. Varėnio ežero žiedadulkių diagramose atsekama augalijos raida nuo senojo drieso iki subatlačio laikotarpio (4 pav.). Pjūvyje vyrauja medžių žiedadulkės (iki 99 %), tarp jų – pušies, yra ir eglės žiedadulkių,

bet jų procentinis kiekis nedidelis. Ypač mažai beržo ir alksnio žiedadulkių. Šilumamėgių medžių žiedadulkių labai nedaug net klimato optimumo metu susidariusiose nuosėdose. Daugiausia (iki 1,5 %) rasta liepos žiedadulkių, guobos – kai kur apie 1 %, o *Quercus* rastos tik pavienės žiedadulkės. Nedaug ir lazdyno žiedadulkių. Iš žolių daugiausia varpinių (*Poaceae*) – iki 6 %, kiečio (*Artemisia*) – iki 12 %, tačiau jo žiedadulkių kreivė nėra ištisinė. Viršutinėje pjūvio dalyje (subborealyje) rastos pavienės kviečio (*Triticum*), rugio (*Secale*), kitų kultūrinių javų ir kanapės (*Cannabis*) žiedadulkės, rodančios žmogaus ūkinės veiklos poveikį augmenijai.

Glėbo ežero nuosėdų pjūvio žiedadulkių diagramose atsekama augalijos raida nuo jaunojo drieso iki subatlačio (Kabailienė, 2006). Vėlyvojo ledynmečio metu vyrauja žolės, tarp kurių dominuoja *Poaceae* ir *Artemisia*, rodančios menką to meto augaliją ir nesusiformavusį dirvožemį. Taip pat daug žolių žiedadulkių vėlyvojo subborealo ir ankstyvojo subatlačio nuosėdose. Beržų žiedadulkių nedaug net ankstyvajame holocene. Jų padaugėjo tik holoceno klimato optimumo nuosėdose. Čia taip pat daugiau ir alksnio (iki 12 %) žiedadulkių. Analogiškai kaip ir Varėnio ežero diagramose, šilumamėgių medžių žiedadulkių mažai net holoceno klimato optimumo nuosėdose (apie 8 %). Tarp jų daugiausia *Quercus* žiedadulkių. Žmogaus ūkinės veiklos požymiai atsekami nuo atlačio



4 pav. Suvestinė Varėnio ežero nuosėdų tyrimų diagrama.

Fig. 4. An assembled diagram of investigations on the Lake Varėnis sediments.

pradžios: žolių žiedadulkių padidėja iki 6 %, randa ma viršių (*Calluna*) ir kitų viržinių šeimos (*Ericaceae*) atstovų, paprastai plintančių buvusių gaisraviečių plotuose, žiedadulkių. Aptikta ir pavienių pievų bei ganyklų žolių žiedadulkių

Lydekio ežero pjūvio nuosėdose augalijos raida atsekama subborealo ir subatlančio laikotarpiams. Rasta labai mažai šilumamėgių medžių ir *Corylus*, bet gana daug žolių žiedadulkių. Žolių sudėtis įvairi. Rasti nedideli kiekiai ir kultūrinių bei vandens augalų žiedadulkių. Tarp sporų visame nuosėdų pjūvyje vyrauja *Bryales* (10–12 %), *Polypodiaceae* (1–2 %).

Balčio ežero nuosėdose augalijos raida atsekama nuo senojo drieso iki subatlančio (5 pav.). Vyrauja medžių žiedadulkės, tarp jų daugiausia *Pinus* (iki 80–90 %). Atlancio laikotarpio nuosėdose padidėjęs lapuočių medžių, tarp jų – ir šilumamėgių bei krūmų žiedadulkių kiekis. Žolių žiedadulkių nedaug. Jų daugiau tik vėlyvojo ledynmečio nuosėdose. Iš žolių vyrauja *Poaceae* žiedadulkės (iki 25 %). Sporų palyginti nedaug. Vyrauja *Bryales* ir *Polypodiaceae*. Vėlyvojo ledynmečio nuosėdose rasta pavienių šalto klimato sąlygomis augančių augalų sporų.

Paleobasėnų ekologinės sąlygos. Varėnio ežero visame pjūvyje vyraujančios planktoninės rūšys rodo gana aukštą ir stabilų vandens lygį paleobasėne (žr. 4 pav.). Nedidelis vandens lygio pažemėjimas buvo tik subborealo metu (padaugėjo apaugiminių rūšių). Padidėjęs dugninių rūšių skaičius byloja apie vandens skaidrumo padidėjimą. Pjūvyje vyraujančios *Aulacoseira* genties rūšys gana reiklios maisto medžiagoms ir būdingos mezotrofiniams–eutrofiniams baseinams. Rūšis *Aulacoseira granulata* ypač reikli Si ir P kiekiams (Lotter, 1997). Subborealo metu vyravusi rūšis *Cyclostephanus dubius* – padidėjusios eutrofizacijos indikatorius (Bradbury, 2000). Tą patvirtina ir rūšių skaičiaus bei įvairovės padidėjimas. Visame pjūvyje randa reofilinių, t.y. mėgstančių vandens tėkmes ir pratekančius baseinus, rūšių. Tai rodo, kad baseinas buvo pratakus. Subborealo nuosėdose rasta edafinė (dirvožeminė) rūšis *Hantzschia amphioxys* nėra reiklia augimo sąlygoms ir, matyt, į baseiną pateko dėl dirvožemio erozijos.

Glebo ežero pjūvyje vyrauja epifitinės rūšys, kurios kai kur sudaro net iki 95 %. Tai rodo buvus žemą paleobasėno vandens lygį. Stebimi ir keli vandens lygio pakilimai vėlyvojo ledynmečio bei subatlančio metu, bet didžiausias – atlancio metu. Nuosėdose vyraujanti rūšis *Fra-*

gilaria construens ir jos porūšiai būdingi šarmi-niams vandenims, turintiems ištirpusių mineralinių medžiagų bei deguonies.

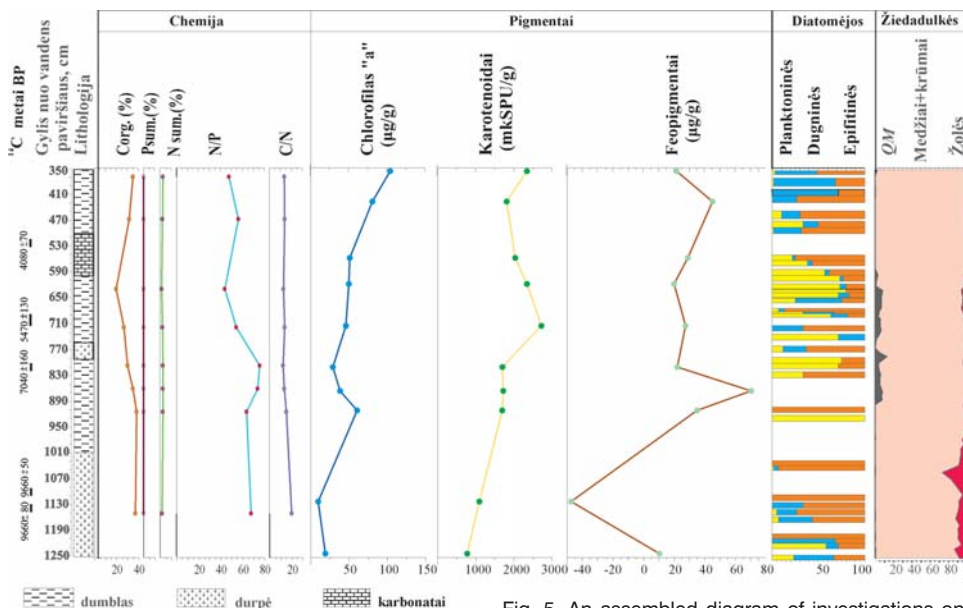
Balčio ežero nuosėdų pjūvyje dumblių koncentracija labai kaiti. Pjūvyje vyrauja apaugiminės bei dugninės rūšys. Vėlyvojo atlancio metu vandens lygis buvo gana aukštas, o subborealo periodu stebimas ryškus jo pažemėjimas.

Lydekio ežere gausiausia flora rasta viršutiniame nuosėdų sluoksnyje, subatlančio nuosėdose. Čia gausu senų (eoceno laikotarpio), šiuo metu nebegyvenančių titnagdumblių rūšių (*Paralia sulcata*, *Distephanus*, *Dictyocha*, *Hemiaulus* ir kt.). Viršutiniame nuosėdų sluoksnyje jie sudaro net iki 50 %. Nuosėdų pjūvyje dažnos rūšys, augančios tekančiame vandenyje. Tai *Meridion circulare*, *Rhoicosphenia curvata*, *Gomphonema genties* atstovai ir pan. Matyt, senos (išnykusios) titnagdumblių rūšys į nuosėdas pateko Vyžuonos upeliu, jam ardant senesnes nuogulas, atsidengiančias upelio pakrantėse. Aukščiausias vandens lygis čia galėjo būti subatlančio metu, nes nuosėdose vyrauja planktoninės rūšys, o tarp jų – *Aulacoseira granulata*.

Produktyvumo kaita šiuolaikiniame etape.

Varėnio ežero dugno nuosėdos nėra turtingos organinės medžiagos (žr. 4 pav.). Pratakiame ežere dėl greitos vandens masių apykaitos vyksta intensyvus apsivalymas, o tai lėtina antropogeninės eutrofikacijos procesus. Nuosėdų pjūvyje užfiksuota bendro azoto ($N_{\text{bendr.}}$) kiekio bei azoto kiekio organinėje medžiagoje (C/N) didėjimo tendencija paviršiaus link. C/N reikšmės leidžia manyti, kad organinė medžiaga, susikaupusi dugno nuosėdose, yra intensyvaus fitoplanktono bei kitų pirminių producentų vystymosi išdava. Bendro fosforo ($P_{\text{bendr.}}$) kiekis gerokai (daugiau nei 2 kartus) mažesnis ežero paviršinėse nuosėdose, lyginant su gilesnėmis (žr. 4 pav.). Galima daryti prielaidą, kad ežero paviršinėse nuosėdose $P_{\text{bendr.}}$ yra labilus, o priedugniniuose vandens sluoksniuose, esant žemam oksidaciniam-redukciniam potencialui, yra intensyviai organizmų suvartojamas. Nustatyta ir pigmentų kiekio didėjimo tendencija paviršinėse nuosėdose. Tai rodo produktyvumo didėjimą ežere.

Glebo ežero dugno nuosėdose nustatyti dideli organinės anglies ($C_{\text{org.}}$) ir bendro azoto ($N_{\text{bendr.}}$) kiekiai. Tačiau bendro fosforo ($P_{\text{bendr.}}$) kiekis nedidelis. Ryški $P_{\text{bendr.}}$ kiekio didėjimo bei N/P santykio mažėjimo tendencija, – visa tai rodo intensyvėjančius eutrofizacijos procesus ežere. Šiame ežere stebimos ir palankios sąlygos pig-



5 pav. Suvestinė Balčio ežero nuosėdų tyrimų diagrama.

Fig. 5. An assembled diagram of investigations on the Lake Baltys sediments.

mentams kauptis. Maksimalus chlorofilo a ir karotenoidų kiekis nustatytas paviršinėse dugno nuosėdose, – šie tyrimų rezultatai rodo produktyvumo didėjimą ežere.

Balčio ežero nuosėdos turtingos organinės medžiagos (C_{org}), – jos kiekis visame nuosėdų pjūvyje svyruoja nedidelėse ribose. Bendro azoto ($N_{bendr.}$) kiekis didėja ir viršija 3% viršutinėje nuosėdų dalyje. Pjūvyje (iš apačios į viršų) C/N santykis mažėja nuo 20 iki 9 ir rodo skirtingą organinės medžiagos prigimtį. Bendro fosforo ($P_{bendr.}$) kiekis ženkliai (iki 6 kartų) didėja ežero paviršinėse nuosėdose, – tai liudija eutrofikacijos procesų intensyvėjimą. Šią išvadą patvirtina ir azoto bei fosforo (N/P) santykio reikšmių paviršinėse nuosėdose mažėjimas, lyginant su gilesnėmis (5 pav.).

Nuosėdose matoma ryški pigmentų kiekio kaita (žr. 5 pav.): chlorofilų kiekiai labai maži apatinėje pjūvio dalyje (jie čia kito mažai), paviršinėse nuosėdose jų gerokai daugiau. Tuo tarpu karotenoidų daugiau gilesniuose sluoksniuose. Taigi pigmentų kiekio pasiskirstymas rodo akivaizdų ežero produktyvumo didėjimą bei skirtingų taksonominių grupių dumblių vyrimą įvairiais ežero gyvavimo laikotarpiais. Apatinėje nuosėdų pjūvio dalyje nustatytas chlorofilo a kiekis yra iki 18 kartų mažesnis nei viršutinėje, – šie duomenys rodo ežero produktyvumo lygio augimą. Tai patvirtina ir titnaginių dumblių šarvelių gausa viršutiniuose nuosėdų sluoksniuose. Pigmentus tiriant skenuojančiu spektrofotometru, buvo nustatytos melsvabakterės, o tai rodo ežero trofiškumo lygio padidėjimą.

Lydekio ežero dugno nuosėdose nustatyti gerokai mažesni (iki 4 kartų) organinės anglies (C_{org}) ir bendro azoto ($N_{bendr.}$) kiekiai, lyginant su Balčio ežeru. Tačiau ryški $P_{bendr.}$ kiekio didėjimo bei N/P santykio mažėjimo tendencija. Pastarieji duomenys rodo, kad Lydekio ežere intensyveja eutrofikacijos procesai. Skenuojančiu spektrofotometru tiriant pigmentus nustatyta, kad ežero vandenyje vystėsi chlorofilo a turintys dumbliai ir melsvabakterės. Absorbicijos spektrų intensyvumo didėjimas viršutiniuose sluoksniuose patvirtina ežero produktyvumo augimą.

Išvados

Senajo driaso metu augalija buvo skurdi, vyravo žolės. Paleobaseinai buvo oligotrofinio–mezotrofinio tipo, turtingi maisto medžiagų, o vandens lygis juose buvo gana aukštas. Alerode žolių sumažėjo, išplito pušų retmiškiai. Šiek tiek pažemėjo paleobaseinų vandens lygis. Jau nojo driaso metu klimatui atšalus, vėl išplito žolių bendrijos. Preborealio laikotarpiu vėl ima plisti medžiai, padaugėjo beržynų, bet ryškesnių paleobaseinų ekologinių sąlygų pokyčių neužfiksuota. Nuo borealio įsivyravo pušynai. Atlantyje padaugėjo alksnių, liepų, guobų, ažuolų ir lazdynų, tačiau jų nebuvo daug. Žemas vandens lygis pastarųjų dviejų laikotarpių metu bu-

vo Glebo ir Balčio ežeruose, skirtingai nei Varėnio, kur jis buvo gana aukštas. Vėlyvajame atlanteje visų tirtų paleobasėnų vandens lygis pakilo, paspartėjo eutrofizacijos procesai.

Dabartinės sedimentacijos modulis ežeruose kito nuo 0,05 iki 0,16 g/cm²/metai. Nukrypimus nuo vidutinių verčių lėmė baseinų teritorijose vykę hidrologinių sąlygų pokyčiai. Vidutinės vertės atitinka linijinį natūralios būklės nuosėdų kaupimosi greitį nuo 0,9 iki 2,3 cm/metai. Vidutinis nuosėdų klostymosi greitis ežeruose holoceno laikotarpiu pagal ¹⁴C duomenis buvo gerokai mažesnis už dabartinį ir kito nuo 0,8 iki

1,6 mm/metai.

Remiantis keliais nustatytais rodikliais, viuose tirtuose ežeruose akivaizdus eutrofizacijos procesų intensyvėjimas: organinės anglies kiekio koncentracijos padidėjimas; bendro azoto ir bendro fosforo santykio mažėjimas; fotosintetinių pigmentų (chlorofilo *a* ir karotenoidų) kiekio didėjimas. Šie duomenys rodo ežerų produktyvumo augimą. Tai taip pat patvirtina ir titnagdumblių rūšių įvairovės bei kiekio kaitos nuosėdose tyrimų rezultatai.

Padėka. Tyrimus rėmė Lietuvos valstybinio mokslo ir studijų fondas (Nr. K-027).

Literatūra

- Bradbury, J. P. Limnological history of Lago de Patzcuaro, Michoacan, Mexico for the past 48,000 years: impacts of climate and man // PALAEO 163, – P. 69–95.
- Kabailienė, M. Gamtinės aplinkos raida Lietuvoje per 14000 metų. – Vilnius, 2006, – 471 p.
- Lotter, A. F. The recent eutrophication of Baldeggersee (Switzerland) as assessed by fossil diatom assemblages // The Holocene 8/4. – 1997. – P. 395–405.

Summary

Lake Sediments – a Chronicle of Natural and Anthropogenic Changes

Our multidisciplinary study was undertaken to better understand the long-term environmental changes and supplement the existing post-glacial environmental change models with new important data.

The identified pollen composition indicates that during the Older Dryas the upland vegetation probably consisted of sparse shrub and herb/grass communities on barren and unstable soils. Diatoms infer that sedimentation took place in cold oligotrophic palaeobasins rich in oxygen and nutrients and high water level. Low pigment concentrations point on low lakes productivity.

A change in pollen composition from an assemblage with a high amount of herbs to one dominated by *Pinus* shows forestation of the area during the Allerod. Nevertheless the lakes remained rather cold water and oligotrophic.

The decrease in number of trees, especially *Pinus*, suggests the decline of pine-birch forest and the formation of open herb-grass-shrub vegetation with tundra elements during the Younger Dryas period. A decline of epiphytic diatom species and predominance of representatives of plankton indicate the rising water level in the lakes. The slight rise in number and variety of

diatoms implies a beginning of an increase in organic productivity.

Overall, the changes in upland vegetation indicate the slight improvement in climate conditions during the Preboreal. Tundra and forest-tundra vegetation declined and tree vegetation experienced significant proliferation. *Betula* forest, however not dense, with admixture of pine (*Pinus*) and spruce (*Picea*) trees dominated. No significant changes of ecological conditions in the palaeobasins appeared.

From the Boreal time Pine forests spread in the investigated area.

Significant environmental changes appeared during the Holocene climatic optimum (Atlantic). Differentiation of forests was growingly manifested. *Alnus*, *Corylus*, *Quercus*, *Ulmus* appeared in the territory. A significant increase in diatom diversity, diatom and pigment concentrations and decrease in C/N ration clearly indicate the growing productivity in the lakes and most favorable climatic conditions during the period studied. At the end of the period eutrophication processes intensified in all the lakes.

The complex isotope studies allowed ascertaining the sedimentation parameters. Recent sedimentation modulus varies from 0.05 to 0.16 g/cm²/years. The mean values correspond to linear accumulation rate from 0.9 to 2.3 cm/year. The mean sedimentation rate during were lesser than recent and fluctuated from 0.8 mm/year to 1.6 mm/year.