
Organinių medžiagų mineralizacijos procesų kai kurių Lietuvos saugomų teritorijų ežerų dugno nuosėdose ypatumai

**Alina Krevš,
Alė Kučinskienė,
Ričardas Paškauskas**

*Botanikos institutas,
Hidrobotanikos laboratorija,
Žaliųjų ežerų g. 49,
LT-2021 Vilnius, Lietuva*

Straipsnyje nagrinėjami organinių medžiagų mineralizacijos procesų įvairių Lietuvos saugomų teritorijų ežerų dugno nuosėdose pobūdis ir intensyvumas. Bendras organinės anglies kiekis skirtingų ežerų dugno nuosėdose įvairavo nuo 11 iki 41% orasausio svorio, o suminės organinių medžiagų mineralizacijos intensyvumas buvo 186–1920 mg C/m² p.p. Nedidelės, gėlavandenių ekosistemų dugno nuosėdoms būdingos sulfatų koncentracijos nestabdė sulfatų redukcijos proceso intensyvumo, kuris kito nuo 0,13 iki 2,2 mg S²⁻/dm³ p.p. Sulfatų redukcijos ir suminės mineralizacijos intensyvumo įvairiuose ežeruose skirtumus lėmė fizikinės ir cheminės aplinkos sąlygos, organinių medžiagų kiekis bei struktūra.

Raktažodžiai: organinė medžiaga, aerobinė ir anaerobinė mineralizacija, sulfatų redukcija, Lietuvos ežerai

ĮVADAS

Organinių medžiagų produkcija bei jos mineralizacija iš esmės lemia anglies ir kitų biogeninių elementų apytakos procesų visumą vandens ekosistemose. Pirminių producentų naujai suformuotas bei iš aplinkos į vandens telkinį patekusias organines medžiagas nuosekliai skaido aerobiniai ir anaerobiniai mikroorganizmai. Transformuojant ir mineralizuojant nuosėdines medžiagas dalyvauja bentosiniai mikroorganizmai. Literatūros šaltiniuose nurodomi įvairūs veiksniai (organinių medžiagų struktūra, oksidacinės redukcinės sąlygos, temperatūra ir kt.), sąlygojantys bentosinių mikroorganizmų aktyvumą ir kartu mineralizacijos procesų intensyvumą [1–3, 11, 20]. Yra žinoma, kad terminalinių anaerobinės destrukcijos procesų pobūdį – metanogenezę arba sulfatų redukciją – daugiausia sąlygoja sulfato jonų gausa aplinkoje. Tačiau, net ir esant pakankamam sulfatų kiekiui, disimiliacinės sulfatų redukcijos intensyvumą lemia lengvai pasisavinamų organinių medžiagų kiekis [4, 17].

Daugiametiai tyrimai, atlikti didžiuosiuose Lietuvos vandens telkiniuose (Drūkšių ežeras, Kuršių marios), leido įvertinti šiluminės bei cheminės taršos poveikį organinių medžiagų kaupimuisi ir mikrobiologinių mineralizacijos procesų eigai šių hidroekosistemų dugno nuosėdose [5–8, 22]. Tačiau organinių medžiagų destrukcijos procesų pobūdis ir intensyvumas nedideliuose Lietuvos ežeruose, pastebimai besiskiriančiuose produktyvumu, bet nepatiriančiuose

žymesnio antropogeninio poveikio, iki šiol beveik neįtirtinėti.

Šio darbo tikslas – nustatyti bendros (aerobinės ir anaerobinės) mineralizacijos bei sulfatų redukcijos procesų intensyvumo mastus, taip pat įvertinti šių procesų ypatumus bei priklausomybę nuo organinių medžiagų struktūros ir ekologinių sąlygų specifiškumo įvairių Lietuvos saugomų teritorijų ežerų dugno nuosėdose.

METODIKA

Medžiaga tyrimams paimta 1998–1999 m. vasaros stagnacijos laikotarpiais Akmenos (Trakų istorinis nacionalinis parkas), Baluošo, Baltelės (Aukštaitijos nacionalinis parkas), Lynežerio, Bedugnio (Dzūkijos nacionalinis parkas), Ešerinio (Čepkelių valstybinis rezervatas), Ilgio, Beržoro (Žemaitijos nacionalinis parkas), Kalotės ir Placio (Pajūrio regioninis parkas) ežeruose.

Vandens ir dugno nuosėdų (0,0–2,0 cm) mėginiai paimti pelaginės zonos giluminėse dalyse. Paviršinių ir giluminių vandens sluoksnių temperatūra (t °C) išmatuota gyvsidabrio termometrais, vandens dujinis režimas ir kiti abiotinių aplinkos sąlygų įvertinimo rodikliai nustatyti standartiniais ir hidrobiologinių tyrimų praktikoje plačiai taikomais metodais [10].

Bendras ($C_{org.b.}$) ir ištirpusių ($C_{tirp.}$) organinių medžiagų kiekis dugno nuosėdose nustatytas bichromatinės oksidacijos metodu [24]. Lakiųjų (karboksi) orga-

ninių rūgščių analizė atlikta hidrodistiliacijos ir dujinės-skystinės chromatografijos metodu „Cvet 500 M“ chromatografu [sorbentas „Porapac“ (Sigma, USA), kolonėlės ilgis 1 m, termostato temperatūra 180°C, dujos nešėjos – argonas, 40 ml/min.] [13].

Vandenilio sulfidas ir rūgštyje tirpūs sulfidai [mg/dm³ natūralaus grunto (n.g.)] nustatytas I. Volkovo [18] pasiūlytu metodu. Grunto pavyzdžiai imami į 100 ml buteliukus su gerai priglundančiais kamščiais ir fiksuojami ZnSO₄ + Na₂CO₃ tirpalu. Tolesnė mėginių analizė buvo atliekama specialiai sukonstruotame prietaise, dujiniu azotu išstumiant vandenilio sulfidą į sugėrėją (šarminis kadmio acetato tirpalas) nedeguoņėje aplinkoje. Sulfidai nustatyti titravimo metodu. Sulfatų koncentracijos vandenyje ir dugno nuosėdose nustatytos kolorimetriiniu metodu [15].

Organinių medžiagų suminės mineralizacijos intensyvumas dugno nuosėdose nustatytas izoliuotų kolonėlių metodu [21]. Nesuardytos struktūros dugno nuosėdų mėginiai (5 cm) imami į stiklines kolonėles. Kolonėlės su dugno nuosėdomis (mėginys) ir be dugno nuosėdų (kontrolė) sifonu pripildomos priedugnio vandens ir inkubuojamos jų ėmimo vietoje vieną parą. Po inkubacijos mėginiuose nustatoma deguonies koncentracija Vinklero metodu ir neorganinės anglies koncentracija – titruojant 0,05 N HCl tirpalu. Dugno nuosėdų deguonies sunaudojimo [mg O₂/m² natūralaus grunto (n.g.) per parą (p.p.)] ir neorganinės anglies išsiskyrimo (mg C/m² n.g. p.p.) intensyvumas nustatomas pagal jų kiekio skirtumus mėginio ir kontrolės variantuose.

Sulfatų redukcijos proceso intensyvumas (mg S²⁻/dm³ n.g. p.p.) buvo vertinamas naudojant žymėtą sieros atomą (Na₂³⁵SO₄) [21, 25]. Analizuojamasis gruntas imamas į stiklinius vamzdelius, į kuriuos švirkštu įleidžiamas minėto junginio žinomo aktyvumo tirpalas. Mėginiai eksponuojami vieną parą temperatūroje, artimoje *in situ*, o po to fiksuojami natrio molibdato tirpalu. Bandyto eigoje susidariusi sulfidinė siera analizuojama panašiai kaip ir anksčiau aprašyti sulfidai, tik čia sugėrėjas – pašarminas kalio permanganato tirpalas. Toliau mainų reakcijų pagalba susidariusios Ba³⁵SO₄ nuosėdos sutelkiamos ant membraninių filtrų ir jų aktyvumas nustatomas scintiliaciniu skaitikliu (Beckman Instruments Inc.). Sulfatus redukuojančios bakterijos buvo auginamos J. Postgeito [12] pasiūlytoje terpėje.

Sulfatų redukcijos proceso intensyvumas (mg S²⁻/dm³ n.g. p.p.) buvo vertinamas naudojant žymėtą sieros atomą (Na₂³⁵SO₄) [21, 25]. Analizuojamasis gruntas imamas į stiklinius vamzdelius, į kuriuos švirkštu įleidžiamas minėto junginio žinomo aktyvumo tirpalas. Mėginiai eksponuojami vieną parą temperatūroje, artimoje *in situ*, o po to fiksuojami natrio molibdato tirpalu. Bandyto eigoje susidariusi sulfidinė siera analizuojama panašiai kaip ir anksčiau aprašyti sulfidai, tik čia sugėrėjas – pašarminas kalio permanganato tirpalas. Toliau mainų reakcijų pagalba susidariusios Ba³⁵SO₄ nuosėdos sutelkiamos ant membraninių filtrų ir jų aktyvumas nustatomas scintiliaciniu skaitikliu (Beckman Instruments Inc.). Sulfatus redukuojančios bakterijos buvo auginamos J. Postgeito [12] pasiūlytoje terpėje.

REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Vandens telkinio biologinis produktyvumas dažniausiai yra viena pagrindinių sąlygų, lemiančių organi-

1 lentelė. Kai kurių Lietuvos saugomų teritorijų ežerų morfometriniai, fizikiniai ir cheminiai parametrai, 1998–1999 m. birželis–liepa

Table 1. Morphometric and physical-chemical parameters of the lakes in some preserved territories of Lithuania, June–July, 1998–1999

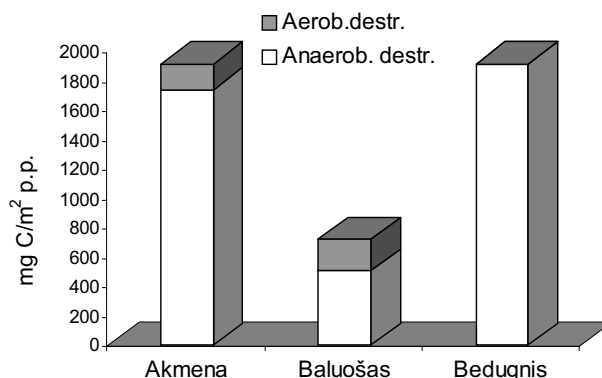
Ežeras	Plotas ha	Stoties gylis m	T °C	pH	O ₂ mg/l	Dugno nuosėdos				
						Drėgmė %	C _{org.b.} %	C _{tirp.} % nuo C _{org.b.}	S/SO ₄ ²⁻ mg/dm ³	H ₂ S + HS ⁻ mg/dm ³
Akmena	276,5	25,0	23,0 9,0	8,30 7,0	11,5 4,3	97,0	20,2	1,7	26,0	256,0
Baluošas	427,3	21,0	24,0 8,6	8,7 7,5	10,0 3,3	84,6	11,1	0,7	20,0	104,0
Bedugnīs	5,2	11,0	23,0 7,0	7,7 6,5	11,0 1,0	94,0	17,2	2,6	13,3	72,0
Baltelė	n.d.	6,5	23,8 15,0	8,35 n.d.	10,5 3,2	91,2	19,4	–	20,0	88,0
Beržoras	52	5,8	21,2 17,1	8,13 7,3	9,2 4,3	84,0	11,1	0,7	13,3	276,0
Ešerinis	14,5	4,0	23,0 n.d.	3,38 3,70	9,3 9,8	90,0	41,0	0,1	21,0	56,0
Ilgis	114	4,5	22,5 21,2	7,9 7,84	9,8 8,8	85,0	18,9	0,6	21,3	80,0
Kalotė	1,4	1,2	18,0	n.d.	11,8	86	16,8	0,3	n.d.	n.d.
Lynežeris	18,5	2,0	25,0 23,0	8,6	12,0 10,3	92,0	28,0	0,4	41,3	173,0
Placis	3,5	1,0	18,2	n.d.	12,0 12,0	85	21,0	0,5	n.d.	n.d.

Skaitiklyje – paviršiniame vandens sluoksnyje, vardiklyje – priedugniniame vandens sluoksnyje, n.d. – nėra duomenų.

nių medžiagų susikaupimą ir jų mineralizacijos intensyvumą dugno nuosėdose [23]. Tačiau kiekviename konkrečiame telkinyje šių procesų vyksmui nemažą įtaką turi vandens apytakos ypatumai, įvairūs morfometriniai parametrai, iš kurių svarbiausi yra gylis bei dubens forma. Šiame darbe ištirtieji ežerai, išsidėstę gana skirtinguose Lietuvos regionuose ir landšaftuose, taip pat pastebimai skyrėsi pagrindiniais morfometriniais, fizikiniais bei cheminiais parametrais (1 lentelė).

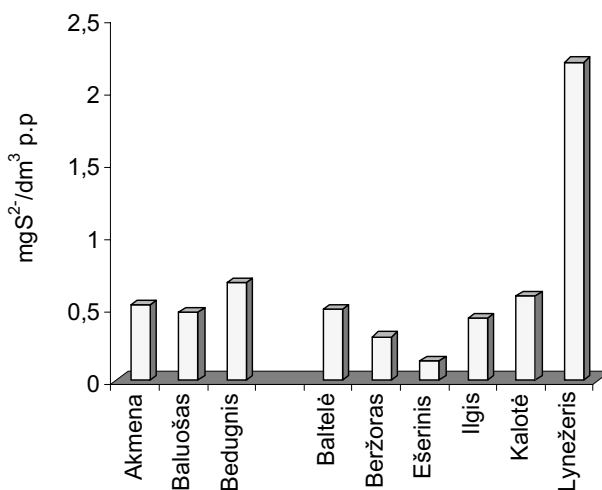
Gilesniuose stratifikuotuose ežeruose – Akmenoje ir Baluoše – nepaisant pirminės produkcijos procesų intensyvumo skirtumų [14], vasaros stagnacijos laikotarpiu beveik visa planktoninės kilmės organinė medžiaga suskaidoma vandens stovymėje ir nepasiekia dugno. Tai yra būdinga daugeliui stratifikuotų ežerų, turinčių storą hipolimniono sluoksnį [16]. Todėl dugno nuosėdų susiformavimą tokiuose ežeruose dažnai lemia ir kiti veiksniai.

Akmenoje, mėginių ėmimo vietoje, dugno nuosėdos sukauptė apie 2 kartus didesnę kiekį bendrąjį, tiek ištirpusių organinių medžiagų kiekį, palyginti su Baluošu, o suminės mineralizacijos procesai čia buvo 2,6 karto intensyvesni (1 lentelė, 1 pav.). Galima manyti, jog giliose Akmenos ežero vietose dugno nuosėdų susiformavimą daugiausia lėmė hidrodinaminiai procesai, dubens morfometrijos bei nuosėdų granulometrinės sudėties ypatumai, o tai kiek anksčiau buvo pažymėję ir kiti tyrinėtojai [9]. Didesnis ištirpusių organinių medžiagų kiekis Akmenos dugno nuosėdose galėjo nulėmti didelį bendros mineralizacijos procesų intensyvumą. Tačiau pagal vieną iš terminalinių anaerobinio skaidymo procesų – sulfatų redukcijos intensyvumą, sulfatus redukuojančių bakterijų (SRB) skaičių bei sulfatų koncentracijas šie ežerai tarpusavyje mažai skyrėsi (2 pav., 1 lentelė). Esant nedidelei sulfatų koncentracijai, gana intensyvių sulfatų redukcijos procesą ($0,47\text{--}0,52\text{ mg S}^{-2}/\text{dm}^3\text{ p.p.}$) šių gilesniųjų ežerų dugno nuosėdose sąlygojo



1 pav. Suminės organinių medžiagų mineralizacijos intensyvumas ($\text{mg C}/\text{m}^2\text{ p.p.}$) stratifikuotų ežerų dugno nuosėdose, 1998–1999 m. birželis–liepa

Fig. 1. The intensity of total organic matter mineralization ($\text{mg C}/\text{m}^2\text{ p.d.}$) in bottom sediments of stratified lakes, June–July, 1998–1999



2 pav. Sulfatų redukcijos intensyvumas ežerų dugno nuosėdose, 1998–1999 m. birželis–liepa

Fig. 2. The intensity of sulfate reduction in bottom sediments of lakes, June–July, 1998–1999

2 lentelė. Organinių (karboksini) rūgščių kiekis ($\text{mg C}/\text{kg n.g.}$) ežerų dugno nuosėdose, 1998–1999 m. birželis–liepa
Table 2. The amount of organic (carboxylic) acids ($\text{mg C}/\text{kg w.s.}$) in bottom sediments of lakes, June–July, 1998–1999

Ežeras	Rūgštis						
	acto	propiono	izosviesto	sviesto	izovalerijono	valerijono	iš viso
Akmena	21,2	3,6	0,0	15,6	0,0	1,7	42,1
Baluošas	27,6	4,4	3,0	1,2	7,2	0,6	44,0
Bedugnis	140,0	15,0	0,0	15,6	28,0	36,5	235,1
Baltelė	86,4	4,8	0,0	7,8	0,0	13,2	112,2
Beržoras	33,1	7,2	12,2	0,0	0,0	5,2	57,7
Ešerinis	10,6	5,8	0,0	3,2	0,0	0,0	19,6
Ilgis	28,6	5,9	7,3	0,0	0,0	6,0	47,8
Lynežeris	36,0	6,3	0,0	4,6	5,1	10,8	62,8

ne bendroji ar ištirpusių organinių medžiagų gausa, bet organinių (karboksi) rūgščių, kaip elektronų donorų bakterinei sulfatų redukcijai, kiekis ir jų struktūra (2 lentelė).

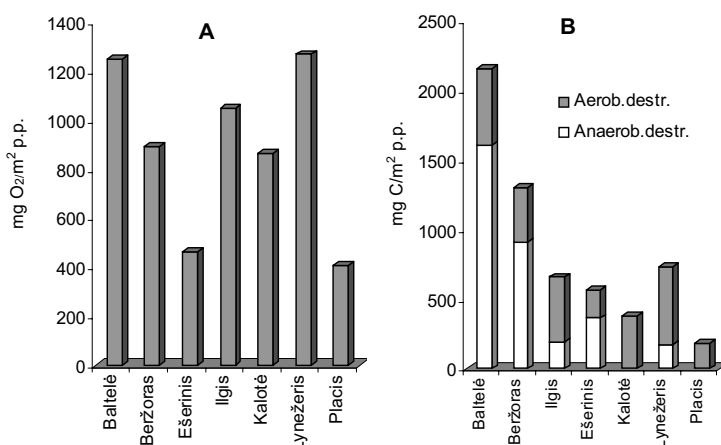
Vandenilio sulfido ir rūgštyje tirpių sulfidų koncentracijos Akmenos ir Balušo dugno nuosėdose buvo atitinkamai 256 ir 104 mg/dm³ n.g., o tai dalinai rodė sulfatų redukcijos procesų intensyvumo juose skirtumus. Be to, abiejuose šiuose ežeruose vasaros metu priedugnyje formuojasi mikroaerobinės sąlygos, todėl čia vandenilio sulfidas chemiškai yra sunkiau oksiduojamas ir gali kauptis dugno nuosėdose įvairių rūgštyje tirpių sulfidų pavidalo.

Vidutinio gylio stratifikuotas Bedugnio ežeras pasižymėjo dideliu produkcinį procesų intensyvumu ne tik paviršiuje, bet ir prie dugno [14], o tai galėjo nulemti pakankamai didelį organinių medžiagų kiekio kaupimąsi dugno nuosėdose (1 lentelė). Priedugniniame vandens sluoksnyje deguonies koncentracija buvo ne didesnė kaip 1 mg O₂/l. Tai sudarė palankias sąlygas vykti anaerobiniams procesams, kurių intensyvumas buvo iki 2000 mg C/m² p.p. (1 pav.). Čia taip pat organinių medžiagų transformacijos eigoje intensyviai buvo išskiriamos organinės rūgštys, tarp jų acto rūgšties koncentracija – net 140 mg C/kg (2 lentelė). Nepaisant nedidelės sulfatų koncentracijos (priedugniniame vandens sluoksnyje – 4,9, dugno nuosėdose – 13,3 mg S-SO₄²⁻/dm³), jau priedugniniame vandens sluoksnyje buvo nustatyta sulfatų redukcija (0,08 mg S²⁻/dm³ p.p.). Dugno nuosėdose šis procesas išaugo iki 0,67 mg S²⁻/dm³ p.p. (2 pav.). Galima manyti, kad esant nedidelei sulfatų koncentracijai, ši procesą skatino didelė karboksirūgščių koncentracija. Ežero dugno nuosėdose, nepaisant gana intensyvaus sulfatų redukcijos proceso, vandenilio sulfido ir rūgštyje tirpių sulfidų koncentracija buvo nedidelė – 72 mg/dm³ (1 lentelė). Tikriausiai sulfatų redukcijos proceso eigoje susidaręs H₂S nesudarė netirpių metalo junginių (FeS₂), tačiau, patekęs į anaerobinį, bet pakankamai apšviestą priedugninį vandens sluoksnį, galėjo skatinti fototrofinių sierabakterių veiklą.

Sekliuose ežeruose (išskyrus Ešerinį) organinės anglies kiekis įvairavo nuo 11% Beržoro ežero iki 28% Lynežerio dugno nuosėdose (1 lentelė). Šiuose ežeruose dėl nedidelio gylio žuvelės planktonas nespėja transformuoti vandens storumėje. Todėl, sprendžiant iš tirpios ir bendrosios organinės anglies kiekių procentinio santykio, kuris dauguma atvejų nesiekė 1%, dugno nuosėdose gausiai kaupėsi netransformuota planktoninės kilmės organinė medžiaga. Pastaroji yra optimalus substratas aerobiniams mikroorganizmams vystytis. Pa-

žymėtina, kad šiomis sąlygomis mikroorganizmų aktyvumui reikšmingos įtakos turi ir aplinkos temperatūra. Eksperimentais nustatyta [19], kad pakilus temperatūrai nuo 5 iki 15°C aerobinės destrukcijos intensyvumas spartėja 2,6–4,8 karto. Mūsų atlikti tyrimai taip pat parodė, kad seklesniuose ežeruose – Baltelė, Beržoras, Ilgis, Kalotė, Lynežeris – aukšta priedugnio vandens temperatūra (15–23°C) ir pakankamas lengvai oksiduojamo substrato kiekis sąlygojo didelį aerobinių mikroorganizmų aktyvumą paviršiniuose dugno nuosėdų sluoksniuose. Aerobinės destrukcijos eigoje buvo sunaudojama nuo 836,6 Kalotėje iki 1268 mg O₂/m² p.p. Lynežeryje (3 pav.).

Dėl intensyvaus deguonies sunaudojimo gilesniuose dugno nuosėdų sluoksniuose susidarė palankios sąlygos anaerobiniams mikroorganizmams vystytis. Gana intensyviai anaerobinė organinių medžiagų destrukcija – sulfatų redukcija vyko Kalotės, Baltelės, Ilgio ir Beržoro ežerų dugno nuosėdose: atitinkamai 0,58, 0,49, 0,43 ir 0,30 mg S²⁻/dm³ p.p. (2 pav.). Gana intensyvią minėtą procesą šių ežerų dugno nuosėdose lėmė aukšta priedugnio temperatūra, pakankamai didelis organinių rūgščių kiekis bei jų struktūra. Nežymūs šio proceso intensyvumo skirtumai tarp ežerų galėjo priklausyti nuo dugno nuosėdose esančių SRB struktūros bei fiziologinių grupių aktyvumo. Ypač intensyvią sulfatų redukciją (2,2 mg S²⁻/dm³ p.p.) Lynežerio dugno nuosėdose sąlygojo taip pat aukšta priedugnio temperatūra (23°C), didesnė negu kituose ežeruose sulfatų koncentracija (41,3 mg S/SO₄²⁻/dm³) bei didelė organinių medžiagų, tarp jų organinių rūgščių koncentracija. Matyt čia susiklosčiusios aplinkybės sąlygojo vyraujančią sulfatų redukcijos vaidmenį anaerobinių destrukcijos procesų grandinėje.



3 pav. Aerobinės (mg O₂/m² p.p.) (A) ir suminės (mg C/m² p.p.) (B) organinių medžiagų mineralizacijos intensyvumas negilių ežerų dugno nuosėdose, 1998–1999 m. birželis–liepa

Fig. 3. The intensity of aerobic (mg O₂/m² p.p.) (A) and total (mg C/m² p.p.) (B) organic matter mineralization in bottom sediments of lakes, June–July 1998–1999

Silpniausiai mineralizacijos procesai vyko Ešerinio ir Placio dugno nuosėdose (2, 3 pav.). Ešerinio dugno nuosėdose gausiai susikaupusios iš pelkės patekusios sunkiai skaidomos humusinės kilmės organinės medžiagos (C_{org} kiekis – 41% ors. nuosėdų sv.). Tuo tarpu planktoninės kilmės organinių medžiagų, sprendžiant iš mažo pirminės produkcijos procesų intensyvumo, dugno nuosėdose nedaug. Todėl galima teigti, kad mažos lengvai oksiduojamų organinių medžiagų koncentracijos ežero dugno nuosėdose lėmė menką aerobinių bakterijų aktyvumą. Aerobinės destrukcijos intensyvumas, palyginti su šių procesų intensyvumu kituose negiluose ežeruose, buvo 2–3 kartus mažesnis (3 pav.). Šio ežero rūgščioje dugno nuosėdų terpėje (pH 3,7) buvo nustatytas ir silpniausias sulfatredukcijos proceso intensyvumas ($0,13 \text{ mg S}^2/\text{dm}^3$ p.p.). Nedidelį destrukcijos procesų intensyvumą Placio dugno nuosėdose, matyt, taip pat nulėmė organinių medžiagų struktūros ypatumai.

Pažymėtina, kad seklesnių ežerų dugno nuosėdose vandenilio sulfido ir rūgštyje tirpių sulfidų koncentracija buvo mažesnė, negu giliuose ežeruose (1 lentelė). Tai galėjo priklausyti nuo šių ežerų priedugnyje didelės deguonies koncentracijos, sudarančios palankias sąlygas išsiskyrusiam H_2S oksiduotis, arba nuo piritizacijos laipsnio.

Apibendrinant gautus tyrimų rezultatus, galima padaryti šias išvadas:

- Bendras organinės anglies kiekis skirtingų Lietuvos saugomų teritorijų ežerų dugno nuosėdose įvairavo nuo 11 iki 41% orasausio svorio. Didžiausias jų kiekis nustatytas Čepkelių raiste esančiame ir ryškius distrofinio ežero bruožus turinčiame Ešerinyje.

- Suminės organinių medžiagų mineralizacijos intensyvumas ištirtuose ežeruose svyravo nuo 186 iki 1920 mg C/m^2 per parą. Nustatytos nedidelės, gėlavandenių ekosistemų dugno nuosėdoms būdingos sulfatų koncentracijos ($13,3\text{--}26,0 \text{ mg S-SO}_4^2/\text{dm}^3$ n.g.) neriboję sulfatų redukcijos proceso intensyvumo, kuris įvairavo nuo $0,13$ iki $2,2 \text{ mg S}^2/\text{dm}^3$ p.p.

- Gilesnių ir stratifikuotų ežerų dugno nuosėdose vyravo anaerobiniai organinių medžiagų mineralizacijos procesai, kurie sudarė vidutiniškai 70% bendros mineralizacijos. Palyginti nedidelį sulfatų redukcijos procesų intensyvumą ($0,47\text{--}0,67 \text{ mg S}^2/\text{dm}^3$ p.p.) šiuo atveju lėmė ištirpusių mažamolekulinių organinių medžiagų kiekybinė ir kokybinė struktūra.

- Sekliuose ežeruose aukštesnė priedugnio temperatūra, palankios oksidacinės bei redukcinės sąlygos ir pakankamas kiekis lengvai oksiduojamų organinių medžiagų sąlygojo didelį aerobinių destrukcijos procesų intensyvumą ($836,6\text{--}1268 \text{ mg O}_2/\text{m}^2$ p.p.) paviršiniuose dugno nuosėdų sluoksniuose. Gilesniuose šių ežerų dugno nuosėdų sluoksniuose gana intensyviai vyko ir sulfatų redukcija ($0,30\text{--}2,20 \text{ mg S}^2/\text{dm}^3$ p.p.). Didžiausias šių procesų intensyvumas nustatytas Lynežerio dugno nuosėdose, kur buvo di-

desnė negu kituose ežeruose sulfatų koncentracija ($41,3 \text{ mg S-SO}_4^2/\text{dm}^3$ n.g.) ir pakankamai didelis karboksirūgščių kiekis ($62,8 \text{ mg C/kg}$ n.g.). Organinių medžiagų aerobinės mineralizacijos ir sulfatų redukcijos procesai silpniausiai vyko Ešerinio ir Placio ežerų dugno nuosėdose.

- Organinių medžiagų mineralizacijos procesų pobūdžio ir intensyvumo įvairaus tipo ežerų dugno nuosėdose skirtumai iš esmės buvo sąlygojami ekologinių sąlygų specifiškumo ir labiau priklausė ne nuo bendro organinės medžiagos kiekio, o nuo jos kokybinės sudėties.

Gauta
2001 10 25

Literatūra

1. Buchsbaum R., Valiela I., Swain T., Dzierzeske M., Allen S. Available and refractory nitrogen in detritus of coastal vascular plants and macroalgae. *Marine Ecology Progress Series*. 1991. N 72. P. 131–143.
2. Heyer C., Kalff J. Organic matter mineralization rates in sediments: A within and among-lake study. *Limnology and oceanography*. 1998. N 4. P. 695–705.
3. Henrichs S., Reeburg W. Anaerobic mineralization of marine sediment organic matter: rates and the role of anaerobic processes in the oceanic carbon economy. *Geomicrobiology Journal*. 1987. N 5. P. 191–237.
4. Ingvorsen K., Zeikus J., Brock T. Dynamics of bacterial sulfate reduction in a eutrophic lake. *Applied and environmental microbiology*. 1981. P. 1029–1036.
5. Krevš A. Organinės medžiagos pasiskirstymas ir jos suminės destrukcijos intensyvumas Drūkščių ežero skirtingų biotopų dugno nuosėdose. *Atomine energetika ir aplinka. Mokslinių ataskaitų rinkinys*. 1997. Nr. 3. P. 146–160.
6. Krevš A. Suminės organinės medžiagos destrukcijos intensyvumas kai kurių Lietuvos ežerų dugno nuosėdose. *Ecological Effects of Microorganism action. Material of International Conference*. Vilnius, 1997. P. 458–461.
7. Kučinskienė A. Bakterinio sieros vandenilio susidarymo intensyvumo sezoninių ir daugiamečių pokyčių Drūkščių ežero skirtingo trofiškumo zonose įvertinimas. *Atomine energetika ir aplinka. Mokslinių ataskaitų rinkinys*. 1997. Nr. 3. P. 140–145.
8. Kučinskienė A., Paškauskas R., Šulijienė. Microbiological processes and tendencies of ecological changes in Lake Drūkšiai – the Cooler of Ignalina NPP. *Ecological Effects of Microorganism action. Material of International Conference*. Vilnius, 1997. P. 471–474.
9. Martinkėnienė F., Tamošaitis J. Trakų ežerų paviršinės dugno nuosėdos. *Trakų ežerų hidrochemija ir sedimentacijos procesai*. Vilnius, 1988. P. 182–196.
10. Merkėlienė R., Čeponytė V. *Unifikuoti nuotekų ir paviršinių vandenų kokybės tyrimo metodai*. Vilnius, 1994. D. 1. P. 221.
11. Pedersen A., Berntsen J., Lomstein B. The effect of eelgrass decomposition on sediment carbon and nitrogen cycling: A controlled laboratory experiment. *Limnology and oceanography*. 1999. N 44. P. 1978–1992.

12. Postgate J. The sulphate-reducing bacteria. *Second edition Cambridge University Press*, 1984. P. 208.
13. Simultaneous determination of lactic and volatile fatty acids in microbial fermentation extracts by gas-liquid chromatography. *Journal of Microbiological methods*. 1987. N 6. P. 139–144.
14. Šulijienė R. *Metinė ataskaita*. Botanikos institutas, 1999.
15. Takataakai M. A rapid method to determination of sulfate in water samples. *Environmental letters*. 1974. Vol. 7(13). P. 237–243.
16. Tamošaitis J., Klimkaitė I., Kavaliauskienė J. Lietuvos ežerų eutrofizacijos priežastys ir požymiai. *Geografijos metraštis*. 1986. T. 12–13. P. 158–166.
17. Westrich J., Berner R. The role of sedimentary organic matter in bacteria sulfate reduction: The G model tested. *Limnology and oceanography*. 1984. N 29. P. 236–249.
18. Волков И., Жабина Н. *Методы определения различных соединений серы в морских осадках*. Москва, 1980. С. 216.
19. Дзюбан А. Н. Определение деструкции органического вещества в донных отложениях водоемов. *Гидробиологический журнал*. 1987. № 23. С. 30–35.
20. Ковальчук Ф., Скорик Л., Шадрина В. Интенсивность аэробной и анаэробной деструкции органического вещества в донных отложениях мелководий Кременчужского водохранилища. *Гидробиологический журнал*. 1991. Т. 27. С. 57–64.
21. Кузнецов С., Дубинина Г. *Методы изучения водных микроорганизмов*. Москва, 1988. 286 с.
22. Кучинскене А. *Бактериальное образование сероводорода в разных водоемах в условиях антропогенного воздействия* / Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва, 1988. 22 с.
23. Мартынова М. *Азот и фосфор в донных отложениях озер и водохранилищ*. Москва, 1984. 180 с.
24. Потапова Л. Определение углерода органического вещества в донных осадках. *Методы исследования органического вещества в океане*. Москва, 1980.
25. Сорокин Ю. Бактериальная редукция сульфатов в донных осадках некоторых водоемов Италии. *Гидробиологический журнал*. 1982. № 18. С. 38–44.

Alina Krevš, Alė Kučinskienė, Ričardas Paškauskas

PECULIARITIES OF ORGANIC MATTER MINERALIZATION PROCESSES IN BOTTOM SEDIMENTS OF SOME LAKES IN PROTECTED TERRITORIES OF LITHUANIA

S u m m a r y

The investigation of organic matter content ($C_{\text{org. total}}$, $C_{\text{org. soluble}}$, organic acids), sulfates as well as total mineralization and sulfate reduction processes were conducted in bottom sediments in 10 lakes of Lithuanian national and regional parks during a summer stratification period in 1998–1999. The concentration of $C_{\text{org. total}}$ in the bottom sediments of the lakes varied from 8 to 41%, the total mineralization made up 186–1920 mg C/m² per day. In bottom sediments of deep stratified lakes the anaerobic mineralization of organic matter prevailed, making up on average 70% of total mineralization. The intensity of sulfate reduction made up from 0.46 to 0.49 mg S²⁻/dm³ per day and under a low sulfate concentration (13.3–26.6 mg/dm³) characteristic of freshwater ecosystems depended on the amount of organic matter and especially of organic acids.

The high activity of aerobic bacteria was determined in the surface layer of bottom sediments in shallow lakes (2–7.5 m deep). The consumption of oxygen by sediments amounted to 893–1268 mg O₂/m² per day and the variation of oxygen in the limit of 3–10 mg O₂/l had no influence on the intensity of the mentioned process. In bottom sediments of these lakes the intensity of sulfate reduction was rather high (0.3–2.2 mg S²⁻/dm³ per day), especially in lakes with a high concentration of sulfates and organic acids.

Key words: organic matter, aerobic and anaerobic mineralization, sulfate reduction, Lithuania