
Eksperimentiniai biologinio geležies ir mangano šalinimo vienalaipsniu košimu iš aeruoto požeminio vandens tyrimai

Aušra Šaltenienė,
Tomas Karosas

*Vandentvarkos katedra,
Vilniaus Gedimino technikos
universitetas,
Saulėtekio al. 11,
LT-2040 Vilnius,
el. paštas Ausra.Salteniene@ap.vtu.lt*

Eksperimentiniai tyrimai vykdyti Kirtimų vandentiekio mazge, jais siekta išsiaiškinti biologinio geležies bei mangano oksidavimo ypatumus ir galimybes šalinant iš geriamojo vandens šias priemaišas. Vilniaus Pagirių vandenvietės požeminis vanduo, valytinas nuo per didelių geležies bei mangano kiekių, 2001 10 20–2001 11 20 laikotarpiu buvo košiamas eksperimentiniu biologinio oksidavimo smėlio koštuvu 7, 10, 15 ir 20 m/h greičiu. Eksperimentų rezultatai rodo, kad geležies filtrate nebelieka, o mangano lieka nedideli kiekiai, atitinkantys higienos normos reikalavimus labai geros kokybės vandeniui. Eksperimentinio koštuvo užpilde buvo rastos gelžbakterės (2 pav.), iš kurių vyrauja siūlinės Fe bei Mn aplink ląsteles kaupiančios rūšys. Didžiausia gelžbakterių biomasa (ChDS rodiklis) nustatyta koštuvo viršutiniuose sluoksniuose (≈250 mm užpildo gylyje), kur intensyviausiai šalinama geležis (2 lentelė). Mangano oksidavimas vyko ne taip efektyviai, kaip geležies, didesni jo kiekiai pašalinti iš vandens gilesniuose koštuvo sluoksniuose (≈1250 mm gylyje).

Raktažodžiai: geležis, manganas, požeminis vanduo, gelžbakterės, cheminio deguonies sunaudojimo metodas

1. ĮVADAS

Lietuvoje eksploatuojamų vandenviečių požeminio vandens analizė rodo, kad jame yra pernelyg dideli geležies ir mangano kiekiai, kurie vietomis (Nidoje, Preiloje, Danguose, Molėtuose, Širvintose) didesni už Lietuvos higienos normą (HN 24: 1998) 10 kartų pagal geležies analitės vertę ir 6 kartus pagal mangano analitės vertę labai geros kokybės vandeniui.

Lietuvos miestų vandentiekio veikia apie 100 geležies šalinimo iš požeminio vandens įrenginių, tačiau pagal HN 24:1998 reikalavimus labai geros kokybės klasę atitinkantį vandenį paruošia naujai pastatyti įrenginiai Vilniaus m., pvz., Sereikiškių bei Kirtimų vandenvietėse. Neefektyvaus darbo priežastys įvairios: netinkamai parinkta technologija (Neringos vandenvietėse), vandentiekos įrenginiai eksploatuojami netinkamu režimu, pasenusi atvirųjų koštuvų konstrukcija, geležies šalinimui trukdančios organinės medžiagos vandenyje ir pan. Yra tokių vandens ruošyklų, kuriose, nors geležis šalinama gana efektyviai, manganas išlieka (Sakalauskas, Šulga, 1998).

Prieš 15 metų atrasta nauja biologinio geležies ir mangano šalinimo iš požeminio vandens technologi-

ja. Kaip rodo mokslinės techninės informacijos šaltinių (Bohm, 1995; Diliūnas, 1999; Enteisenung..., 1995; Iron..., 1991; Hem, 1977; Mouchet, 1992) analizė, ši technologija įgalina užtikrinti labai geras natūralias gamtines geriamojo vandens savybes bei sutaupti lėšas jam paruošti. Nauja technologija pagrįsta mikroorganizmų (gelžbakterių) gyvybine veikla. Gelžbakterės oksiduoja divalentę geležį bei divalentį manganą ir kaupia jų netirpias nuosėdas aplink ląsteles. Trivalentės geležies bei keturvalenčio mangano hidroksidai sulaikomi smėlio koštuvuose, geriamąjį vandenį išvalant pagal higienos normų reikalavimus.

Gelžbakterių veiklos mechanizmas nėra ištirtas, nenustatyti geležies ir mangano šalinimo proceso dėsniniai bei optimalus technologinis režimas (Sakalauskas, Šulga, 1998).

2. DARBO TIKSLAS

Siekiant išsiaiškinti, ar vandens ruošimo koštuvuose tikrai vyksta biologinis geležies bei mangano oksidavimas, iškeltas tikslas: nustatyti koštuvuose vyraujančias gelžbakteres bei kiekybiškai įvertinti jų biomasa.

3. TYRIMŲ METODIKA

3.1. Tyrimams pasirinkto požeminio vandens savybės

Eksperimentiniams tyrimams pasirinktas Vilniaus Pagirių vandenvietės vanduo. Ši vandenvietė aprūpina geriamuoju vandeniu apie 25000 Kirtimų bei Naujininkų mikrorajonų gyventojų. Vandenvietė pradėta eksploatuoti 1989 m. (Karasas, Puteikis, 2001).

Pasirinkimą lėmė tai, kad:

- Pagirių vandenvietės požeminis vanduo turi didesnius geležies ir mangano kiekius, negu leista higienos normoje HN 24: 1998.

- Požeminiame vandenyje yra tokie geležies, amonio jonų ir mangano kiekiai, kad pakankamai didelį geležies ir mangano šalinimo efektą galima pasiekti vienalaipsniu aeravimu ir košimu.

- Pagirių vandenvietės požeminiame vandenyje nedaug organinių medžiagų, o tai palanku gelžbakterėms augti bei neapsunkina geležies šalinimo.

- Šios vandenvietės požeminio vandens kokybės rodikliai artimi daugeliui Lietuvos vandenviečių (Diliūnas, 1999; Diliūnas, Jurevičius, 1998).

Pagirių vandenvietės tiekiamo vandens kokybės rodikliai pateikti 1 lentelėje (Karasas, Puteikis, 2001).

3.2. Eksperimentinis stendas

Principinė eksperimentinio stendo schema parodyta 1 paveiksle.

Stendas sumontuotas Kirtimų vandentiekio mazge, jį sudaro 150 mm skersmens koštuvo modelis, čiurkšlinimo įrenginys, siurbliai, filtrato bakas, kompresorius, vamzdynai vandeniui ir suslėgtam orui

tiekti, kontroliniai matavimo prietaisai. Žalias vanduo tiekiamas iš žalio požeminio vandens magistrales, aeruojamas ir siurbliu tiekiamas į koštuvą.

3.3. Košiantis užpildas, košimo greičiai ir trukmės, koštuvo plovimas

Košiantis užpildas iš praplautos ir prasijotos medžiagos supiltas taip: kvarcinis smėlis: $d_{min} = 0,71$ mm; $d_{max} = 2,0$ mm; $h_1 = 1650$ mm, smulki granitinė skalda (laikančiajam sluoksniui): $d_{min} = 5,0$ mm; $d_{max} = 10,0$ mm; $h_2 = 200$ mm; iš viso 1850 mm.

Eksperimentuojant buvo laikomasi tokio košimo greičio: 7, 10, 15, 20 m/h. Košimo ciklų darbinės dalies trukmės sudarė atitinkamai: 70,1; 71,5; 82,5; 66,75 val. (2 lentelė).

Siekiant, kad gelžbakterės košiančiame užpilde per daug neišsiplautų, koštuvai buvo plaunami žaliu vandeniu, nepasiekiant visiško plovimo vandens skaidrumo. Plovimas truko 10–15 min., jo intensyvumas buvo 8,5 l/s m².

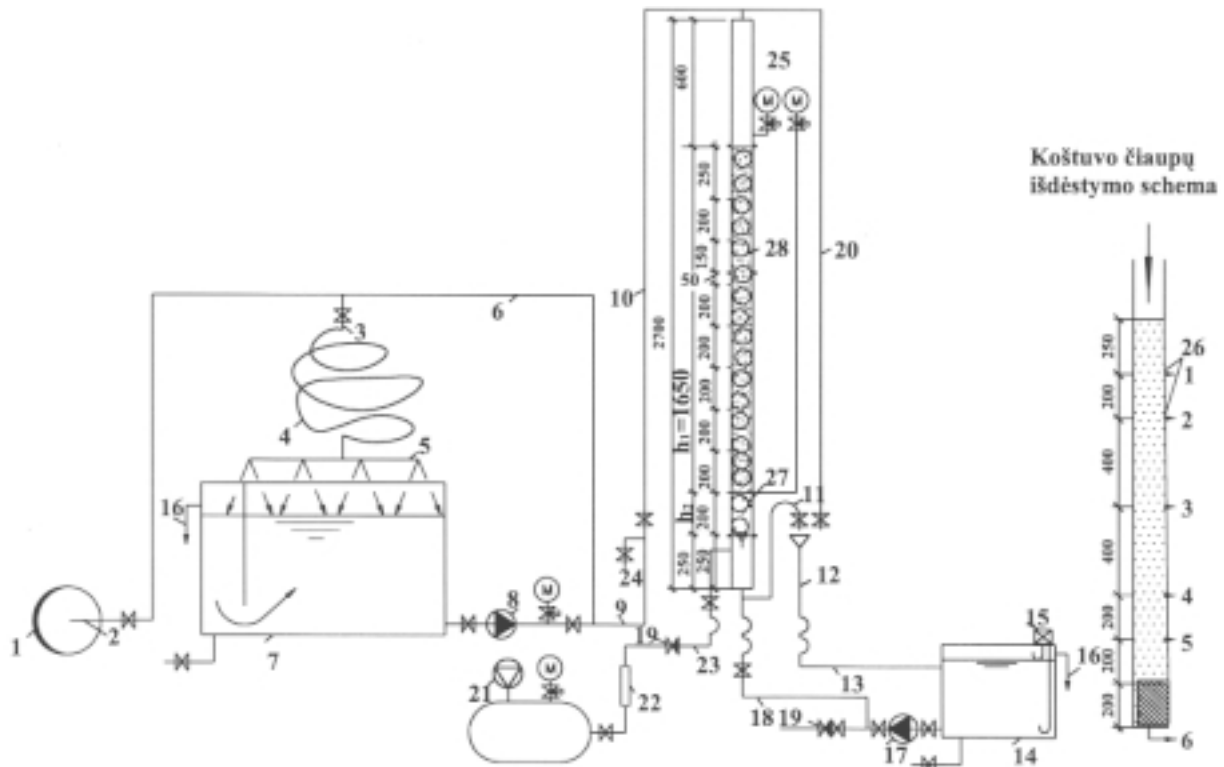
3.4. Vandens savybių bei košiančiojo užpildo mikrobiologinės sudėties nustatymo priemonės

Vandens savybės buvo nustatomos vietoje, potencio-metriniais arba kolorimetriniais metodais.

Bendrosios geležies, mangano, amonio jonų koncentracijos buvo nustatomos MERCK sistemos „Aqua-quant“ testais. Vandens vandenilio jonų rodikliui pH, oksidacijos redukcijos potencialui Eh, temperatūrai nustatyti naudotas WTW matuoklis „pH325 – B/SET-2“. Mikrobiologiniams tyrimams atlikti naudotas mikroskopas „MOTIC“ B1223A su achromatiniais objektyvais, leidžiantis padidinti tyri-

1 lentelė. Požeminio vandens analizių vertės Kirtimų vandentiekio mazge
Table 1. Properties of raw water in the Kirtimai watering place junction

Mėginių ėmimo vieta ir data	Analizė																		
	Kalis mg/l	HCO ₃ mg/l	Sausa liekana mg/l	Elektrinis laidis μs/cm	Permanganatinė oksidacija mgO ₂ /l	Šarmingumas mg-ekv/l	H ₂ S mg/l	Laisvas CO ₂ mg/l	Drumstumas mg/l	Spalvingumas laipsniais	Amonio jonai mg/l	Manganas mg/l	Trivalentė geležis mg/l	Divalentė geležis mg/l	Bendroji geležis mg/l	Deguonis mg/l	Eh mV	pH	Temperatūra °C
Kirtimai 2000 05 12	59,6	312	–	–	0,52	5,1	0,095	–	0,97	–	–	0,12	0,16	1,98	2,14	0,1	25	7,54	9,6
Kirtimai 2000 03 01	–	314	307,8	540	0,33	5,15	–	20	12,5	14	0,03	0,085	0,08	1,95	2,03	0,12	35	7,62	8
Kirtimai 1997–2000 SP UAB „Vilniaus vandenys“ duomenimis	52,1–70,1	–380	218–	–	iki 2,7	4,0–5,2	–	–	iki 7,9	5	iki 0,15	iki 0,15	–	–	iki 1,80	–	–	7,15–7,53	7–10,2



1 pav. Principinė eksperimentinio stendo schema. Čia: 1 – požeminio žalio vandens magistralė, 2 – įpjova į magistralę, 3 – žalio vandens tiekimas, 4 – lanksti žarna, 5 – čiurkšlinimo įrenginys, 6 – apylankinė linija, 7 – aeruoto vandens bakas, 8 – aeruoto vandens tiekimo siurblys, 9 – aeruoto vandens paskirstymo linija, 10 – slėginės linijos, 12 – filtrato surinkimo linijos, 13 – filtrato nuleidimo kolektorius, 14 – filtrato bakas, 15 – lygio relė, 16 – persiliejiimo atvamzdžiai, 17 – filtrato persiurbimo siurblys, 18 – plovimo vandens linija, 19 – atbuliniai vožtuvai, 20 – paplavų nuleidimo linija, 21 – kompresorius, 22 – rotametas, 23 – suslėgto oro linija, 24 – vandens bandinių paėmimo atvamzdžiai, 25 – manometrai, 26 – vandens ir smėlio bandinių paėmimo atvamzdžiai, 27 – filtravimo sluoksnį palaikantieji sluoksniai, 28 – kvarcinio smėlio užpildas

Fig. 1. Scheme of experimental pilot plant principle: 1 – underground raw water main; 2 – incision into water main; 3 – raw water supply; 4 – flexible pipe; 5 – stream equipment; 6 – roundabout line; 7 – aerated water tank; 8 – aerated water feeding pump for filter models; 9 – aerated water distribution line; 10 – water feeding pipeline for filter models; 11 – filtrate pressure pipeline; 12 – filtrate pipeline; 13 – backwash discharge pipeline; 14 – filtrate tank; 15 – water level relay; 16 – overflow pipes; 17 – filtrate pump; 18 – backwash supply pipeline; 19 – backwash valves; 20 – backwash discharge; 21 – air blower; 22 – rotameter; 23 – pressed air pipeline; 24 – water sampling taps; 25 – pressure gauges; 26 – water and sand sampling taps; 27 – gravel layers; 28 – quartz sand bed

2 lentelė. Vidutiniai eksperimentiniai duomenys
Table 2. Average experimental data

Košimo ciklo eil. Nr.	Data	Košimo greitis m/h	Filtravimo ciklo dabartinės dalies trukmė T(h)	Iškošto vandens kiekis Q (m ³ /m ²)	Bendroji geležis			Amonis			Manganas					
					žaliame vandenyje mg/l	čiaupo		žaliame vandenyje mg/l	čiaupo		žaliame vandenyje mg/l	čiaupo				
						Nr.	geležies kiekis mg/l		šalinimo efektas %	Nr.		amonio kiekis mg/l	šalinimo efektas %	Nr.	mangano kiekis mg/l	šalinimo efektas %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1.	10.20–10.23	10	70,1	750,4	1,66	1	0,66	60,2	0,23	1	0,10	56,5	0,05	1	0,04	20
						2	0,24	85,5	2	0,06	73,9	2	0,04	20		

2 lentelė (tęsinys)
Table 2 (continued)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
						3	0,05	97,0		3	0,06	73,9		3	0,03	40
						4	0,04	97,6		4	0,05	78,3		4	0,02	60
						5	0,02	98,8		5	0,04	82,6		5	0,02	66
						6	0,00	100		6	0,04	82,6		6	0,01	80
2.	10.23– 10.26	20	71,5	1454,2	1,60	1	0,34	78,8	0,25	1	0,11	56	0,06	1	0,05	16,7
						2	0,20	87,5		2	0,07	72		2	0,04	33,3
						3	0,05	96,9		3	0,03	88		3	0,03	50
						4	0,01	99,4		4	0,01	96		4	0,02	66,6
						5	0,01	99,4		5	0,01	96		5	0,02	66,6
						6	0,00	100		6	0,00	100		6	0,02	66,6
3.	11.13– 11.16	15	82,5	1118,6	1,43	1	0,21	85,3	0,07	1	0,04	42,9	0,04	1	0,02	50
						2	0,09	93,7		2	0,02	71,4		2	0,01	75
						3	0,04	97,2		3	0,00	100		3	0,01	75
						4	0,02	98,6		4	0,00	100		4	0,00	100
						5	0,01	99,3		5	0,00	100		5	0,00	100
						6	0,00	100		6	0,00	100		6	0,00	100
4.	11.17– 11.20	7	66,75	452,5	0,70	1	0,20	71,4	0,06	1	0,02	66,6	0,03	1	0,02	33,3
						2	0,09	87,1		2	0,00	100		2	0,01	66,7
						3	0,03	95,7		3	0,00	100		3	0,00	100
						4	0,01	98,6		4	0,00	100		4	0,00	100
						5	0,00	100		5	0,00	100		5	0,00	100
						6	0,00	100		6	0,00	100		6	0,00	100

nėjimo objektus 1000 kartų ir juos fotografuoti. Koštuvo užpilde esančios gelžbakterės dažytos VGTU Vandentvarkos katedros laboratorijoje pagal Rusijos mokslininkės G. Dubininės metodiką (Кузнецов, Дубинина, 1989) bei fotografuotos. Gelžbakterių fotografijos pateiktos 2 paveiksle. Košimo greičiai nustatyti tiesioginiais debito matavimais tūriniu metodu. Slėgio nuostoliai koštuvo modelyje matuoti preciziniais manometrais 10 cm v. st. tikslumu. Tiekiamo suslėgto oro kiekiai matuoti rotametriu PC-25. Mikroorganizmų biomasei įvertinti taikytas ChDS (cheminio deguonies suvartojimo) metodas. Koštuvo užpildo mėginiai tirti Vandentvarkos katedros laboratorijoje naudojant reaktorių ECO 6. Trijų gramų košiančiojo užpildo mėginiai buvo imami iš koštuvo 1–4 čiaupų, kurie įrengti atitinkamai 250, 450, 850, 1250 mm gylyje nuo koštuvo užpildo viršaus (1 pav.). Mėginiams nustatytas ChDS (cheminės deguonies oksidacijos) rodiklis.

Šis rodiklis nustatytas ir tiekiamam į koštuvą vandeniui: (0,5–1,0 mgO₂/l). ChDS rodiklis (mg O₂/g_{užpildo}) koštuvo užpildo trijų gramų mėginiams apskaičiuotas pakeičiant įprastinę bichromatinės oksidacijos metodikoje nurodytą formulę:

$$ChDS = (b - a) \cdot \frac{8000N}{X} \cdot F \text{ mgO}_2 / L; \quad (1)$$

čia b = distiliuoto vandens mėginiui titruoti suvartotas geležies amonio sulfato tirpalo tūris ml;

a = tiriamojo vandens mėginiui titruoti suvartotas geležies amonio sulfato tirpalo tūris ml;

N = geležies amonio sulfato tirpalo normalinė koncentracija;

X = tiriamojo vandens mėginio tūris ml;

F = faktorius Moro druskos koncentracijai patikslinti; ($F = 20/n$); čia n – Moro druskos kiekis (ml), reikalingas nutitruoti tirpalui; (10 ml 0,25 N kalio dichromato + 100 ml distiliuoto vandens + 30 ml konc. sieros rūgšties).

Taikant šį metodą rodikliui ChDS skaičiuoti koštuvo užpilde, formulė buvo pakeista:

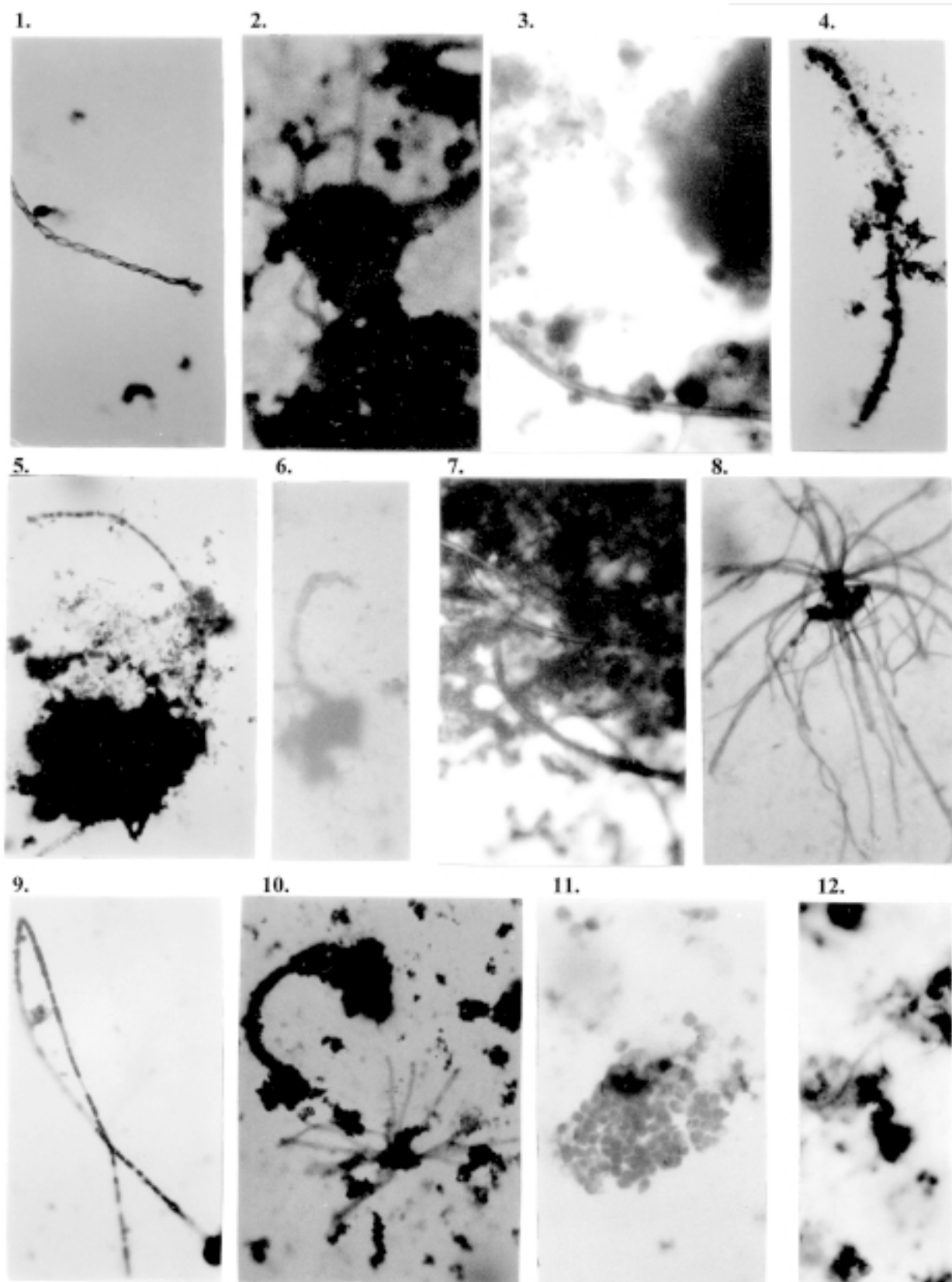
$$ChDS = (b - a) \frac{8/N}{3} \cdot F \text{ mgO}_2 / g_u; \quad (2)$$

čia 3 – nusausinto (ar išdžiovinto) koštuvo užpildo mėginio iš atitinkamo čiaupo svoris gramais.

Tyrimai atlikti 2001 10 20–2001 11 20 laikotarpiu (2 lentelė).

4. TYRIMŲ REZULTATAI

Iš 1 lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad geležies kiekis Pagirių vandenvietės požeminiame vandenyje 20 kartų, o mangano – 6 kartus didesnis už higie-



2 pav. Kirtimų vandentiekio mazgo eksperimentiniame biologinės oksidacijos koštuve aptiktos gelžbakterės: 1–4 fotografijose pavaizduotos bakterijos, aptiktos iš pirmojo čiaupo (žr. 1 pav.) paimtame vandenyje; 5–8 – iš antrojo čiaupo; 9–12 – iš trečiojo čiaupo. Mikroskopu padidinta 1000 kartų

Fig. 2. Iron bacteria found in the sand filter bed of experimental filter in Kirtimai watering place junctions: 1–4 – from first water sampling tap; 5–8 – from second water sampling tap; 9–12 – from third water sampling tap. The zooming capability $\times 1000$

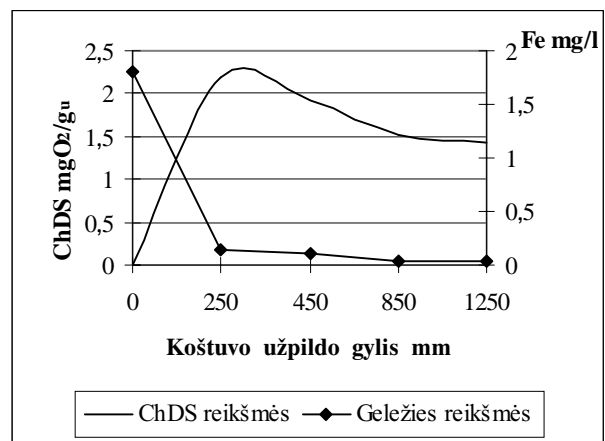
nos normos reikalavimus labai geros kokybės geriamajam vandeniui. Eksperimentų metu (2001 10 20–2001 11 20) geležies kiekis žaliame vandenyje kito nuo 1,66 iki 0,70 mg/l, o mangano – nuo 0,05 iki 0,03 mg/l (2 lentelė). Iš 2 lentelės duomenų matyti, kad geležies, amonio bei mangano kiekiai košiamame vandenyje mažėjo, jam patenkant į gilesnius užpildo sluoksnius (1 pav. parodyta, kad 1 čiupas atitinka 250 mm gylį, 2 – 450, 3 – 850 ir t. t.). Košiant požeminį vandenį 7, 10, 15 bei 20 m/h greičiais filtrate (6 čiupas) geležies nebeliko. Amonis bei manganas iš vandens buvo pašalinti tik tada, kai jų žaliame vandenyje buvo atitinkamai 0,06–0,07 ir 0,04–0,03 mg/l ir košta 7 ir 15 m/h greičiais trečiojo bei ketvirtojo ciklą metu. Košiant vandenį 10 m/h greičiu, filtrate (6 čiupas) dar liko 0,01 mg/l mangano, kai žaliame vandenyje jo buvo 0,05 mg/l (2 lentelė). Košiant vandenį 20 m/h greičiu, filtrate liko 0,02 mg/l mangano. Pastebėta, kad pirmojo bei antrojo ciklą metu (košimo greičiai 10, 20 m/h) žaliame vandenyje buvo daugiau amonio (0,23–0,25 mg/l), todėl sumažėjo ir mangano šalinimo efektas. Pirmojo bei antrojo ciklą metu filtrate amonis buvo pašalintas 82,6–100%, o manganas – 80–66,6% (2 lentelė). Iš 2 lentelės duomenų matyti, kad geležis sparčiai šalinama koštuvo užpildo paviršiuje (1 čiupas – 250 mm gylis nuo užpildo viršutinės ribos). Čia jos pašalinama daugiau kaip pusė viso kiekio (šalinimo efektas 60,2–85,3%). Mangano oksidavimas bei sulaikymas koštuvo užpilde vyksta giliau, ties 1 čiupu iš vandens jo pašalinama tik apie 20%.

Gelžbakterių biomasei įvertinti 3 g košiančiojo užpildo mėginiams nustatytas ChDS rodiklis. 3–6 paveiksluose pavaizduoti grafikai rodo geležies ir ChDS rodiklių kitimo priklausomybę nuo koštuvo užpildo gylio bei košimo greičio. Matavimai atlikti koštuvo ciklo pabaigoje. Pastebėta, kad didžiausios ChDS reikšmės yra koštuvo užpildo mėginiuose iš 1 ir 2 čiupų, kuriuose tikėtina ir didžiausia gelžbakterių biomasės sankaupa. Mikroskopuojant tarpinį filtratą iš 1 čiupo, rastos gelžbakterės, kaupiančios geležies (kartais mangano) oksidus ląstelių išorėje (2 pav.). Pirmoje fotografijoje *Gallionella* rūšies bakterija su būdinga spiralės formos atauga.

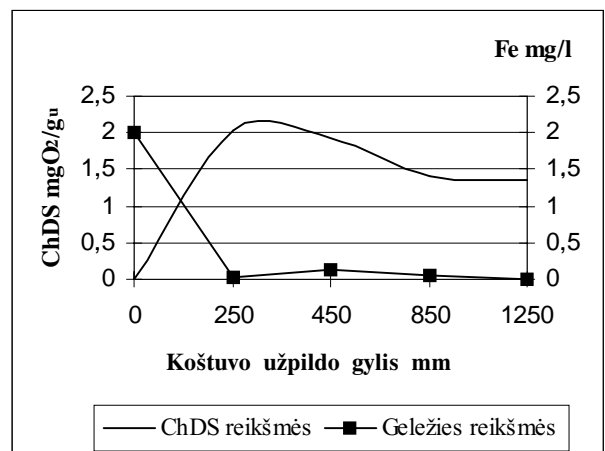
2–4 fotografijose matyti siūlinės gelžbakterės su metalų oksidų apvalkalais. Šios gelžbakterės (identifikuotos pagal morfologinius bei fiziologinius požymius, aprašytus mokslinėje literatūroje (Bergey's..., 1994; Standard..., 1989) oksiduoja labiau geležį, nei manganą (*Gallionella ferruginea* – tik geležį), tai prisideda labai sumažėjus geležies kiekiui vandenyje ties 1–2 koštuvo čiupais. 7–10 paveiksluose pateikti grafikai rodo mangano ir ChDS rodiklio kitimo priklausomybę nuo koštuvo užpildo aukščio bei košimo greičio. Grafikuose matyti, kad manganas intensyviau šalinamas gilesniuose koštuvo sluoksniuose

(3 čiupas – 850 mm gylyje ir giliau). Taigi ten, kur mažai belikę divalentės (neoksiduotos) geležies. Iš 3 čiupo paimtuose vandens mėginiuose rasta gelžbakterių, oksiduojančių tiek geležį, tiek manganą (2 pav., 9–12 fotografijos). Ant ląstelių sienelių plonesni geležies oksidų apvalkalai, gelžbakterių sankaupose rasta keturvalenčio mangano oksidų.

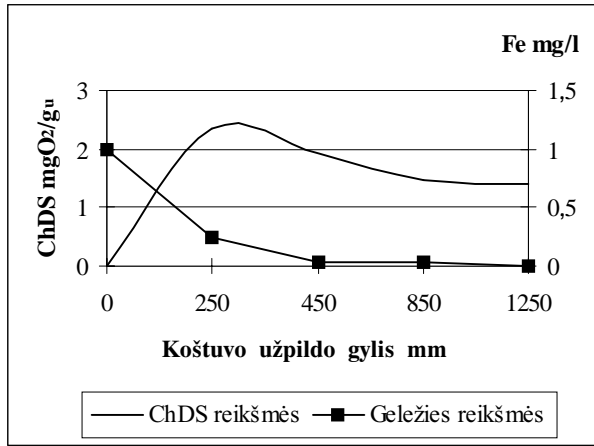
Mokslinėje literatūroje (Beger, 1966) teigiama, kad mangano oksidacijos metu išsiskiriantis šilumos kiekis yra beveik 6 kartus mažesnis, nei oksiduojant geležį. Taigi bakterija privalo daugiau kaip 6 kartus perdirbti daugiau mangano, negu geležies, kad gautų tą patį energijos kiekį. Ši hipotezė paaiškina gelžbakterių biomasės mažėjimą (ChDS rodiklis) gilesniuose koštuvo sluoksniuose (3, 4 čiapai). 3–10 paveiksluose matyti, kaip ChDS (rodiklis), didžiausias ties 1 koštuvo čiupu (2,20–2,45 mgO₂/g_u), palaipsniui mažėja, ties 4 čiupu pasiekdamas 1,35–1,40



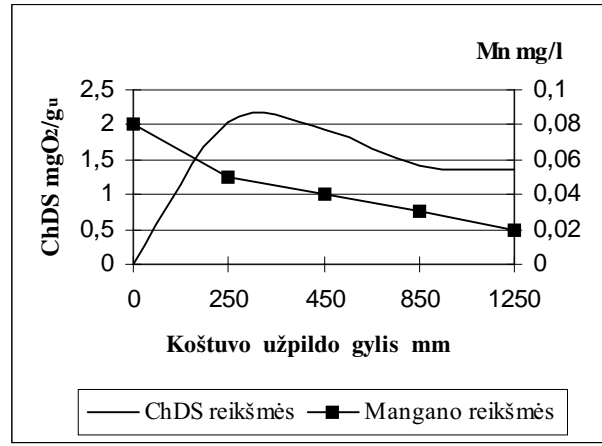
3 pav. Geležies (mg/l) ir ChDS (mgO₂/g_u) rodiklių kitimo priklausomybė nuo koštuvo užpildo gylio. v = 10 m/h
Fig. 3. Iron removing process and indices of the COD versus filter bed depth. v = 10 m/h



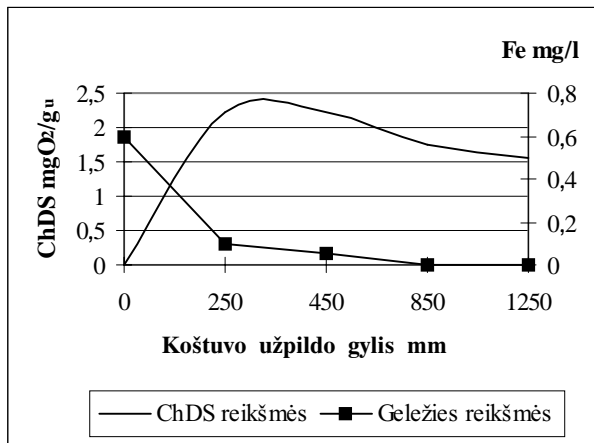
4 pav. Geležies (mg/l) ir ChDS (mgO₂/g_u) rodiklių kitimo priklausomybė nuo koštuvo užpildo gylio. v = 20 m/h
Fig. 4. Iron removing process and indices of the COD versus of filter bed depth. v = 20 m/h



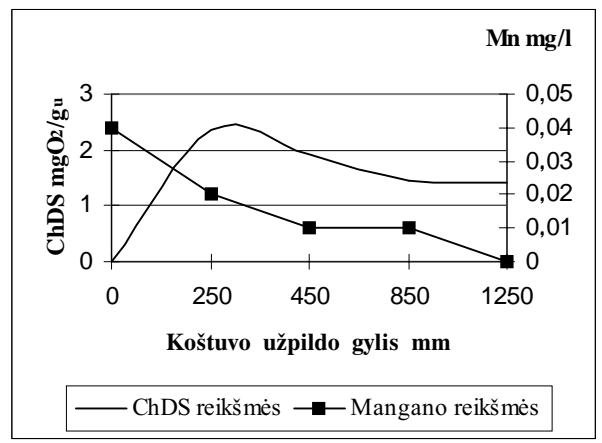
5 pav. Geležies (mg/l) ir ChDS (mgO₂/g_u) rodiklių kitimo priklausomybė nuo koštuvo užpildo gylio. $v = 15$ m/h
Fig. 5. Iron removing process and indices of the COD versus bed depth. $v = 15$ m/h



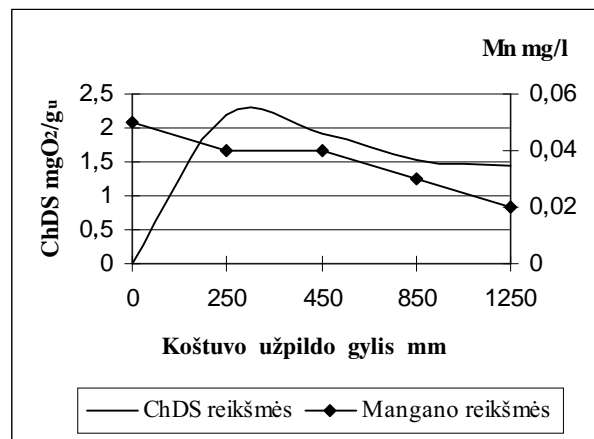
8 pav. Mangano (mg/l) ir ChDS (mgO₂/g_u) rodiklių kitimo priklausomybė nuo koštuvo užpildo gylio. $v = 20$ m/h
Fig. 8. Manganese removing process and indices of the COD versus filter bed depth. $v = 20$ m/h



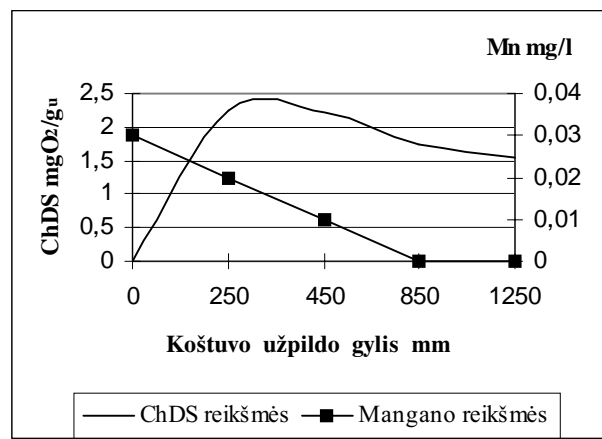
6 pav. Geležies (mg/l) ir ChDS (mgO₂/g_u) rodiklių kitimo priklausomybė nuo koštuvo užpildo gylio. $v = 7$ m/h
Fig. 6. Iron removing process and indices of the COD versus filter bed depth. $v = 7$ m/h



9 pav. Mangano (mg/l) ir ChDS (mgO₂/g_u) rodiklių kitimo priklausomybė nuo koštuvo užpildo gylio. $v = 15$ m/h
Fig. 9. Manganese removing process and indices of the COD versus filter bed depth. $v = 15$ m/h



7 pav. Mangano (mg/l) ir ChDS (mgO₂/g_u) rodiklių kitimo priklausomybė nuo koštuvo užpildo gylio. $v = 10$ m/h
Fig. 7. Manganese removing process and indices of the COD versus filter bed depth. $v = 10$ m/h



10 pav. Mangano (mg/l) ir ChDS (mgO₂/g_u) rodiklių kitimo priklausomybė nuo koštuvo užpildo gylio. $v = 7$ m/h
Fig. 10. Manganese removing process and indices of the COD versus filter bed depth. $v = 7$ m/h

mgO₂/g_v. Tačiau 3, 4 čiaupų gylje (850–1250 mm) vyksta biologinis mangano oksidavimas, o tai įrodo mangano kiekio mažėjimas vandenyje (2 lentelė) bei gelžbakterių buvimas (2 pav.).

5. IŠVADOS

1. Košiant vienalaipsniu režimu aeruotą požeminį vandenį per koštuvo modelį 10, 20, 15 ir 7 m/h greičiu, vandenyje geležies nebelieka, o mangano lieka nedideli kiekiai, atitinkantys higienos normos reikalavimus labai geros kokybės vandeniui.

2. Eksperimentinio koštuvo užpilde rastos gelžbakterės, vyrauja siūlinės Fe bei Mn aplink ląsteles kaupiančios rūšys.

3. Gelžbakterių biomasės rodiklis ChDS (mgO₂/g_{užpildo}) didžiausias koštuvo viršutiniuose sluoksniuose, kuriuose intensyviausiai vyksta divalentės geležies oksidavimas.

4. Mangano oksidavimas intensyviau vyksta gilesniuose koštuvo sluoksniuose (3 čiaupas ir giliau). Mangano oksidavimo procesuose dalyvauja mažiau gelžbakterių, nei oksiduojant geležį.

5. Filtrate gelžbakterių nerasta.

Gauta

2002 10 23

Literatūra

- Beger H. *Leitfaden der Trink – und Brauch wasserbiologie*. VEB Gustav Fischer Verlag Jena, 1966. P. 88–96.
- Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Ninth Edition. Baltimore: Williams and Wilkins, 1994.
- Bohm L. *Verfahrenstechnik der Entmanganung und auslegung von Anlagen*. DVGW. Cottbus, 1995. Bd. 6.
- Bourgine F. P., Genery M., Chapman J. I., Kerai H., Green J. G., Rap R. J., Ellis S., Gaumard C. Biological Processes at Saints Hill Water – treatment Plant, Kent. *JWEM*. 1994. No. 8. P. 379–391.
- Diliūnas J. *Hidrogeologiniai tyrimai. Manganas Lietuvos gėlame požeminiame vandenyje*. Vilnius, 1999. 94 p.
- Diliūnas J., Jurevičius A. *Geležis Lietuvos gėlame požeminiame vandenyje*. Vilnius, 1998. 76 p.
- Enteisenung und Entmanganung. Informationsveran – stalung. *DVGW*. 1995.
- HN 24: 1998*. Geriamasis vanduo. Higienos reikalavi – mai ir programinė priežiūra.
- Iron and Manganese Removal in Finland. *Proc. IWEM Ann. Sym.* 1991. Vol. 15(1). P. 9–11.
- Hem J. D. Surface Chemical Processes in Ground – water systems. *Proceedings of the second international symposium on water – rock interaction. Strasbourg, August 17–25, 1977*. Strasbourg, 1977. P. 76–85.
- Karosas T., Puteikis L. Geležies ir mangano bera – genčio šalinimo iš požeminio vandens Vilniuje Serei – kiškių vandenvietėje įrenginių veikimo analizė ir tech – nologinis vertinimas. *Aplinkos inžinerija*. 2001. T. IX. Nr. 4. P. 233–239.
- Karosas T., Puteikis L. Geležies ir mangano šalinimo Kirtimų vandentiekio mazge eksperimentinių tyrimų metodika. *IV Lietuvos jaunujų mokslininkų konferen – cijos „Lietuva be mokslo – Lietuva be ateities“ praneši – mų medžiaga*. Vilnius: Technika, 2001. P. 66–74.
- Mouchet P. From conventional to biological removal of iron and manganese in France. *AWWAJ*. 1992. Vol. 4. P. 158–167.
- Richard Y. et al. La Demanganisation Bioloque. Un Exemple D'Installation Industrielle: L'Usine de sorques. *TSM – L'Eau*, 84 : 4 : 207. Apr. 1989. P. 17–28.
- Sakalauskas A. Eksperimentiniai mangano šalinimo košimu iš aeruoto požeminio vandens tyrimai. *Aplinkos inžinerija*. 1999. T. VII, Nr. 2. P. 76–84.
- Sakalauskas A., Šulga V. Eksperimentiniai bera – genčio geležies ir mangano šalinimo iš požeminio van – dens tyrimai. *Aplinkos inžinerija*. 1998. T. VI. Nr. 4. P. 154–164.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. *APHA–AWWA–WPCF*. 1989. 17th edition.
- Кузнецов С. И., Дубинина Г. А. *Методы изуче – ния водных микроорганизмов*. Академия наук СССР. Институт микробиологии. Москва: Нау – ка, 1989.
- Станкявичус В. И. *Обезжелезивание воды филь – трованием*. Вильнюс: Мокслас, 1978. С. 119.

Asta Šaltenienė, Tomas Karosas

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF IRON AND MANGANESE REMOVAL FROM AERATED UNDERGROUND WATER BY ONE-POWER FILTRATION

S u m m a r y

For the experimental investigation the underground water of the Pagiriai watering place (Kirtimai watering place junctions) in the Vilnius city was chosen. Water from this watering place does not meet the requirements of a satisfactory quality class due to high concentrations of iron and manganese (Table 1). Experiments were carried out over 2001.10.20 – 2001.11.20 with the aim to remove iron and manganese from groundwater using microbiological units. Underground water was filtered through an experimental biological oxidation sand filter (Fig. 1) at a rate of 7, 10, 15 and 20 m/h. The results of the investigation show that there is no iron in the outlet and the concentration of manganese corresponds to the class of a very high quality. Iron bacteria (Fig. 2) were found in experimental filter media. The biomass of iron bacteria was evaluated by the chemical oxygen demand (COD) method and it was highest at a filter bed depth 250 mm, when iron oxidation was active. The biooxidation of manganese was not so effective, the bulk of manganese was removed from water at a filter bed depth of 1250 mm.

Key words: iron, manganese, underground water, iron bacteria, Chemical Oxygen Demand method