

Helle SIMM, Henno STARAST, Uno MÄLGI, Aini LINDPERE

## VIITNA LINAJÄRVE VEE KEEMILINE KOOSTIS JA HÜDROKEEMILINE REZIIM

Viitna Linajärv (38\*), tuntud ka Viitna Väikejärvena, asub Rakvere rajoonis, umbes 0,5 km Viitna Pikkjärvest kirde pool. See on 4,5-ha-lise pindalaga umbjärv, mida ümbritseb liivasel ja kruusasel pinnakattel ning toiteainetevaestel leede- ja kamar-leetmuldadel kasvav okasmets (Eesti järved, 1968).

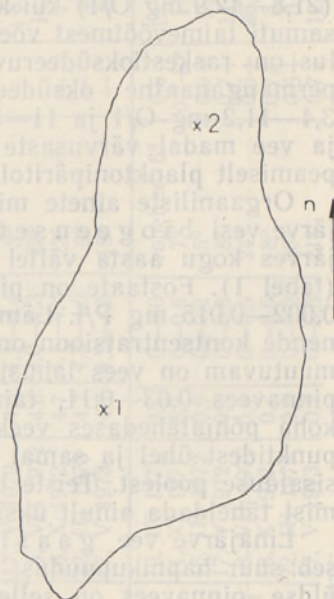
Järv on madal, valdav sügavus on 2—3 m, suurim 5,1 m (Kallejärv, 1974). Kõige õhem (umbes meetri paksune) on veekiht järve põhjapool- ses, ahenevas osas (joon. 1); seal kasvab tihedalt veetaimi — Eestis haruldast ujuvat jõgitakjat, vesikirburohtu, kalmust jt. Makrofüüte lei- dub ka mujal kaldapiirkonnas. Kogu jääkatteval perioodil on järves rohkesti fütoplanktonit, peamiselt sinivetikaid. Rikkaliku taimestiku ja läbivoolu puudumise tõttu on põhja kogunenud paks (üle 8 m) mudakiht.

Linajärve on tugevasti mõjustanud inimtegevus: kohalike elanike andmeil on siin ammusest ajast leotatud lina ja pestud pesu. Nüüd on järv ja ümbritsev mets looduskaitse all, kuid kaldale ehitatud kämping koos saunadega mõjustab kahtlemata ka praegu järve vee kemismi ja elustikku.

### Materjal ja meetodika

Uurimismaterjal on kogutud ekspeditsioonidel aastail 1971—1973. Ekspeditsioonide aeg oli valitud nii, et võimaldus jälgida järve vees lahustunud ainete sesoon- set dünaamikat kõige olulisematel hüdroloogilistel perioodidel, s. o. kevadise suurvee languse ajal (mais), suvise madalveeseisu ajal (juunis-septembrini), sügisel vihmaperioodil (oktoobris-novembris) ja talvise madalveeseisu ajal (märtsis). Täpsed proovivõtuajad koos järve hüdrokeemiliste andmetega on esitatud tabelis 1—5.

Vaatluspunktid on järve skeemil (joon. 1) tähis- tatud numbritega. Vaatluspunkt 1 asub järve sügavai- mas kohas, siit võeti avaveeproove meetripaksusest pinnaveekihi ja põhjalähedase vee kihist. Vaatlus- punkt 2 asub taimevõotmes, kus domineerib ujuv jõgi- takjas. Siit sai koguda ainult pinnaveeproove, sest vee- kihi paksus ei küüni meetrinigi. Mõlema vaatluspunkti pelogeenis võeti ka mudaveeproove\*\*, et selgitada muda mõju järve vee keemilisele koostisele.



Joon. 1. Viitna Linajärve skeem.  
1 ja 2 — vaatluspunktid.

\* Järve number H. Riikoja järgi (Kask, 1964).

\*\* Mudaveeks nimetatakse lendmudast dekanteerimise või filtreerimise teel eraldatud vett.

Vee keemiline analüüs, välja arvatud mikroelementide määramine, tehti ENSV TA Zoologia ja Botaanika Instituudi geobiokeemialaboratooriumis hüdrokeemias üldkasutatava meetodika (Алексин, 1954; Матвеев, 1962; Фесенко, 1955) kohaselt. Mikroelementidesisalduse määras EPA keemiakateedri dotsent M. Reeben, rakendades modifitseeritud (Reeben, 1967) V. Jeremenko meetodikat (Еременко, 1960).

Mudaveeproovide kogumist ja veeproovide analüüsi meetodikat on täpsemini kirjeldatud Viitna Pikkjärve käsitlevas artiklis (Starast jt., 1974).

### Vee füüsikalised omadused ja keemiline koostis

Viitna Linajärve vee keemiline koostis kujuneb kvaternaarse te liivade alal, mistõttu ta kuulub Eesti järvede hüdrokeemilise tüpologia järgi (Симм, 1973) C-tüüpi. Inimtegevuse mõjul on aga järv kaotanud osa sellele järvetüübile iseloomulikke hüdrokeemilisi tunnuseid.

Vee värvus muutub ererohelisest kollaseni, kusjuures värvusaste kõigub 5 ja 24° vahel (tabel 1). Kollase põhitooni põhjustab peamiselt orgaaniline aine, roheka alatooni või koguni rohelise värvuse fütoplankton. Fütoplanktoni rohkuse tõttu on vee läbipaistvus väike — 0,9—2,0 m; suurim on läbipaistvus (maksimaalselt 2,7 m) talvel ja kevadel. Vee väikese läbipaistvuse ja järve tuulevarjulise asendi tõttu on veekihtide temperatuur suvel erinev. Näiteks oli 1972. aasta juunis sügavaimas kohas põhjalähedane veekiht pinnaveest 11° võrra jahedam, kevadel oli erinevus ainult 2—3°. Sügisesed proovid on võetud vee tsirkulatsiooni perioodil, mistõttu siis pinna- ja põhjalähedase vee temperatuuri erinevust ei täheldatud. Talvel, jääkatte ajal, osutus põhjalähedane vesi pinnaveest veidi soojemaks. Temperatuuri poolest erinevad omavahel mõnevõrra ka sügavaima koha ja taimevõotme pinnavesi, sest õhuke veekiht taimevõotmes reageerib kiiremini õhutemperatuuri muutumisele kui pinnavesi järve sügavaimas kohas.

Orgaanilise aine kontsentratsioon on järve vees ajaliselt muutuv. Dikromaatne oksüdeeritavus kõigub nii sügavaima koha pinnavees (21,8—42,9 mg O/1) kui ka põhjalähedases veekihis (25,6—48,6 mg O/1), samuti taimevõotmest võetud veeproovides (21,0—48,6 mg O/1). Ülekaalus on rasketioksiüdeeruvad ained; sellest annavad tunnustust madal permanganaatne oksüdeeritavus ja oksüdeeritavusprotsent (vastavalt 3,4—11,2 mg O/1 ja 11—33%, ühe erandiga). Viimati mainitud näitajad ja vee madal värvusaste viitavad sellele, et valdavad on autohtoonse, peamiselt planktonipäritoluga mittekolloidsed orgaanilised ained.

Orgaaniliste ainete mineraliseerumise ja inimtegevuse tõttu rikastub järve vesi biogeensete elementidega. Seetõttu on Viitna Linajärves kogu aasta vältel kõiki biogeensed elemente tõestataval hulgal (tabel 1). Fosfaate on pinnaveses 0,002—0,008, põhjalähedases veekihis 0,002—0,015 mg P/l. Lämmastiku- ja räniühendid on jaotunud ühtlaselt, nende kontsentratsioon on 0,1—0,4 mg N/l ning 0,1—0,5 mg Si/l. Kõige muutuvam on vees lahustunud raua hulk; rauda leidub sügavaima koha pinnaveses 0,03—0,11, taimevõotme pinnaveses 0,02—0,73 ja sügavaima koha põhjalähedases veekihis 0,05—0,83 mg Fe/l. Enamik eri vaatluspunktidest ühel ja samal ajal kogutud veeproove erineb omavahel raudsisalduse poolest. Teiste biogeensete elementide puhul võib sellist erinemist täheldada ainult üksikjuhtudel.

Linajärve vee gaasidesisaldus on väga muutuv. Talvel valitseb suur hapnikupuudus: põhjalähedases vees pole lahustunud hapnikku üldse, pinnaveses on selle kontsentratsioon 0,22—0,60 mg O<sub>2</sub>/l (2—4% küllastumusest), taimevõotme pinnaveses 0,00—4,02 mg O<sub>2</sub>/l (0—28% küllastumusest). Ka südasuvel, kui eri veekihtide temperatuur ja hapniku-

Viitna Linajärve vee füüsikalised omadused, pH, oksüdeeritavus, biogeensete elementide ja gaaside sisaldus

Vaatlus- punkt ja proovi võt- mise koht	Aeg	Sügavus, m	Veekiht, m	Värvus	Läbipaist- vus, m	Tempera- tuur, °C	O <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub> , mg/l	pH	Oksüdeeritavus			Fe	N	P	Si	Seston, mg/l	
							mg/l	%			mg O/l	dikro- maatne	%						
																			perman- gantne
1 avavesi, pinnaveekiht	10. IX 1971	4,8	0—1,0	eroheline, 7°	1,0	13,6	8,76	82	—	6,6	4,7	42,9	11	0,06	0,15	0,008	0,1	—	
	11. XI 1971	4,9	0—1,0	kollakasro- heline, 5°	2,0	2,9	12,4	91	1,4	7,0	7,7	38,2	20	0,03	0,1	0,003	0,4	5	
	15. III 1972	4,9	0—0,7	rohekas- kollane, 5°	2,2	0,2	0,60	4	16,7	6,1	11,2	38,4	29	0,08	0,1	0,003	0,4	5,5	
	17. V 1972	4,6	0—1,0	kollane, 8°	2,7	11,4	10,1	90	2,3	6,8	8,1	26,7	30	0,11	0,1	0,002	0,1	—	
	8. VII 1972	4,6	0—1,0	rohekas- kollane, 18°	1,4	25,0	7,82	91	2,3	6,9	6,4	21,8	29	0,09	0,1	0,004	0,3	3	
	18. X 1972	4,7	0—1,0	pimjas- roheline, 18°	0,9	7,0	10,4	85	1,6	7,0	11,2	39,7	28	0,08	0,2	0,004	0,5	12	
	22. III 1973	4,7	0—0,7	hallikas- kollane, 13°	1,8	1,2	0,22	1,6	15,5	5,8	5,7	29,2	20	0,08	0,2	0,003	0,5	—	
	17. V 1973	4,7	0—1,0	kollakas- roheline, 15°	2,5	10,8	10,4	92	1,9	6,8	4,5	26,4	17	0,05	0,15	0,004	0,3	—	
	1 avavesi, põhjalähe- dane veekiht	10. IX 1971	4,8	4,2—4,5	7°	—	13,6	8,38	79	—	6,5	6,2	37,0	17	0,08	0,1	0,015	0,2	—
		11. XI 1971	4,9	4,5—4,8	5°	—	4,2	9,57	73	5,3	6,6	8,1	35,6	23	0,08	0,15	0,003	0,4	6
15. III 1972		4,9	4,4—4,7	5°	—	4,5	0,00	0	26,4	6,2	11,0	36,2	30	0,83	0,2	0,002	0,1	3,5	
17. V 1972		4,6	4,1—4,4	8°	—	8,6	7,82	60	8,8	6,3	8,6	26,7	32	0,29	0,1	0,002	0,2	1,5	
8. VII 1972		4,6	4,0—4,3	22°	—	14,0	0,00	0	22,4	5,9	8,2	30,2	27	0,32	0,2	0,004	0,5	5,5	
18. X 1972		4,7	4,1—4,4	23°	—	7,0	10,4	84	1,5	7,0	9,6	48,6	20	0,30	0,3	0,004	0,4	21	
22. III 1973		4,7	4,3—4,6	9°	—	4,8	0,00	0	26,6	5,8	5,0	30,8	16	0,44	0,1	0,004	0,5	—	
17. V 1973		4,7	4,2—4,5	18°	—	8,5	9,18	77	6,9	6,2	4,5	25,6	17	0,05	0,1	0,005	0,4	—	
2 taimevõõde, pinnaveekiht		10. IX 1971	0,7	0—0,6	roheline, 6°	0,5	13,1	9,00	84	—	6,8	9,2	48,1	19	0,04	0,15	0,006	0,1	—
		11. XI 1971	0,7	0—0,6	7°	0,7+*	1,8	10,6	76	4,0	6,6	8,3	35,6	23	0,03	0,2	0,002	0,3	4
	15. III 1972	0,9	0—0,2	5°	0,9+	0,4	4,02	28	19,7	6,2	17,1	47,0	36	0,16	0,1	0,004	0,1	—	
	17. V 1972	0,7	0—0,6	8°	0,7+	11,2	10,4	93	2,3	6,8	9,0	30,0	30	0,05	0,1	0,002	0,1	19,5	
	8. VII 1972	0,6	0—0,5	24°	0,6+	26,2	5,34	63	2,2	6,9	6,9	21,0	33	0,05	0,1	0,004	0,4	5,5	
	18. X 1972	0,7	0—0,6	18°	0,7+	5,2	10,5	82	1,8	6,8	9,6	48,6	20	0,05	0,4	0,004	0,5	5	
	22. III 1973	0,6	0—0,2	20°	0,6+	0,2	0,00	0	35,2	6,0	3,7	35,6	20	0,73	0,2	0,004	0,5	—	
	17. V 1973	0,7	0—0,6	21°	0,7+	12,2	10,5	96	2,1	6,8	3,4	24,0	14	0,02	0,15	0,004	0,5	—	

\* andmeile lisatud ristike (+) tähistab vee läbipaistvust põhjani

Tabel 2

## Viitna Linajärve vee enamioonide kontsentratsioon

Vaatluspunkt ja proovi võt- mise koht	Aeg	Veekiht, m	A	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Σ, mg/l
1 avavesi, pinnaveekiht	10. IX 1971	0-1,0	0,14/8,5	0,01/0,5	0,06/2	0,16/3,2	0,01/0,1	0,04/0,8	0,02/0,8	16
	11. XI 1971	0-1,0	0,19/12	0,02/1	0,14/5,0	0,14/2,8	0,02/0,2	0,03/0,7	0,02/0,8	22
	15. III 1972	0-0,7	0,26/16	0,02/1	0,10/3,5	0,20/4,0	0,04/0,5	0,04/1,0	0,03/1,2	27
	17. V 1972	0-1,0	0,20/12	0,03/1	0,05/2	0,15/3,0	0,02/0,2	0,04/0,8	0,03/1,0	20
	8. VII 1972	0-1,0	0,18/11	0,03/1	0,05/2	0,14/2,8	0,02/0,2	0,04/0,9	0,02/0,7	19
	18. X 1972	0-1,0	0,20/12	0,05/3	0,06/2	0,12/2,4	0,05/0,6	0,04/0,8	0,02/0,8*	22
	22. III 1973	0-0,7	0,22/13	0,03/1	0,06/2	0,15/3,0	0,04/0,5	0,04/1,0	0,03/1,1	22
17. V 1973	0-1,0	0,12/7,3	0,03/1	0,04/1	0,12/2,4	0,05/0,6	0,03/0,7	0,02/0,9	14	
1 avavesi, põhjalähedane veekiht	10. IX 1971	4,2-4,5	0,18/11	0,02/1	0,06/2	0,16/3,2	0,02/0,2	0,04/0,8	0,03/1,2	19
	11. XI 1971	4,5-4,8	0,24/15	0,02/1	0,09/3	0,14/2,8	0,03/0,4	0,03/0,7	0,02/0,8	24
	15. III 1972	4,4-4,7	0,39/24	0,02/1	0,10/3,5	0,21/4,2	0,04/0,5	0,04/1,0	0,03/1,2	35
	17. V 1972	4,1-4,4	0,25/15	0,03/1	0,05/2	0,15/3,0	0,02/0,2	0,04/0,8	0,03/1,0	23
	8. VII 1972	4,0-4,3	0,25/15	0,05/3	0,05/2	0,14/2,8	0,04/0,5	0,04/0,8	0,03/1,0	24
	18. X 1972	4,1-4,4	0,20/12	0,06/3	0,07/2	0,14/2,8	0,02/0,2	0,04/0,8	0,02/0,9	22
	22. III 1973	4,3-4,6	0,30/18	0,03/1	0,06/2	0,19/3,8	0,04/0,5	0,04/1,0	0,03/1,2	28
17. V 1973	4,2-4,5	0,15/9,2	0,02/1	0,04/1	0,14/2,8	0,04/0,5	0,03/0,7	0,02/0,8	16	
2 taimevõõde, pinnaveekiht	10. IX 1971	0-0,6	0,20/12	0,01/0,5	0,06/2	0,16/3,2	0,01/0,1	0,04/0,8	0,02/0,8	19
	11. XI 1971	0-0,6	0,20/12	0,02/1	0,12/4,3	0,12/2,4	0,04/0,5	0,03/0,7	0,02/0,8	22
	15. III 1972	0-0,2	0,44/27	0,03/1	0,14/4,9	0,36/7,2	0,07/0,8	0,08/1,8	0,06/2,2	45
	17. V 1972	0-0,6	0,19/11,5	0,03/1	0,05/2	0,16/3,2	0,01/0,1	0,03/0,7	0,03/1,0	20
	8. VII 1972	0-0,5	0,19/12	0,05/3	0,05/2	0,14/2,8	0,01/0,1	0,04/0,8	0,04/1,7	22
	18. X 1972	0-0,6	0,20/12	0,03/1	0,08/3	0,13/2,6	0,02/0,2	0,04/0,8	0,02/0,8	20
	22. III 1973	0-0,2	0,50/30	0,02/1	0,09/3	0,27/5,4	0,20/2,0	0,06/1,4	0,05/2,1	45
17. V 1973	0-0,6	0,12/7,3	0,02/1	0,05/2	0,14/2,8	0,04/0,5	0,04/0,8	0,02/0,8	15	

\* interpoleeritud väärtus

Tabel 3

## Viitna Linajärve vee mikroelementide kontsentratsioon

Vaatlus- punkt ja proovi võt- mise koht	Aeg	Veekiht, m	Al	Mn	Cu	Ni	Pb	Mo	V
			µg/l						
1 avavesi, pinnaveekiht	12. IX 1971	0—1,0	4,2	0,0	10,4	4,9	0,0	0,0	0,0
	11. XI 1971	0—1,0	3,1	0,8	7,7	2,0	0,0	0,4	0,0
1 avavesi, põhjalähe- dane veekiht	12. IX 1971	4,2—4,5	10,4	1,4	12,0	1,7	0,0	0,2	0,0
	11. XI 1971	4,5—4,8	6,3	0,9	8,6	3,0	0,0	0,3	0,0
	16. III 1972	4,4—4,7	15,1	17,6	7,9	2,7	0,0	0,0	0,0
2 taimevõõde, pinnaveekiht	12. IX 1971	0—0,6	6,4	3,5	9,5	1,3	0,0	0,1	0,0
1 pelogeen	12. IX 1971	4,7—5,0	100	21,0	26,0	0,8	11,0	0,3	0,0
	11. XI 1971	4,8—5,1	120	0,0	31,5	3,8	27,0	0,3	1,0
2 pelogeen	12. IX 1971	0,6—0,9	26,6	8,3	25,4	7,6	15,7	0,2	0

sisaldus on väga erinevad, ei esinenud põhjalähedases veekihis hapnikku tõestataval hulgal, samal ajal kui pinnavee hapnikuga küllastumus oli 91 %.

Vaba süsihappegaasi on põhjalähedases veekihis enamasti (sügisene tsirkulatsiooniperiood välja arvatud) rohkem kui pinnavees. Sügavaima koha pinnavees kõigub CO<sub>2</sub> kontsentratsioon 1,4—16,7, taimevõõtte pinnavees 1,8—19,7 ja sügavaima koha põhjalähedases veekihis 1,5—26,6 mg CO<sub>2</sub>/l vahel. Valdav osa vabast süsihappegaasist on agressiivne.

Väavelvesinikku leidub põhjalähedases veekihis talviti.

Järve vesi on sügisel neutraalne, teistel aastaegadel nõrgalt happeline (pH 5,8—7,0). Põhjalähedase veekihi pH on samal ajal kogutud pinnaveeproovide pH-ga võrreldes enamasti 0,1—1,0 ühiku võrra madalam; see tuleneb peamiselt suuremast vaba süsihappegaasi sisaldusest.

Mineraalaineid on järve vees äärmiselt vähe: enamionide summa, mis enamasti moodustab 14—24 mg/l, ületab 25 mg/l piiri ainult talvel (tabel 2). Enamikul juhtudel on põhjalähedases veekihis mineraalaineid mõne milligrammi võrra liitris rohkem kui samal ajal võetud pinnaveeproovis. Valdavad on vesinikkarbonaat- ja kaltsiumioonid. Üldaluselise moodustab 0,12—0,50 mg-ekv/l, sulfaatioone on 0,01—0,06, kloriide 0,04—0,14, kaltsiumioone 0,12—0,36, magneesiumioone 0,01—0,20, naatriumioone 0,03—0,08 ja kaaliumioone 0,02—0,06 mg-ekv/l. Seega kuulub Viitna Linajärve vesi O. A. Alekini (Алекин, 1970) klassifikatsiooni kohaselt vesinikkarbonaatse klassi kaltsiumi rühma II tüüpi ja teda iseloomustab indeks C<sub>II</sub><sup>Ca</sup><sub>0,02</sub>.

Mikroelementidest leidub järve vees alumiiniumi (3,1—15,1 µg Al/l), mangaani (0,0—17,6 µg Mn/l), vaske (7,7—12,0 µg Cu/l), niklit (1,3—4,9 µg Ni/l) ja molübdeeni (0,0—0,4 µg Mo/l). Pliid ja vanaadiumi leiti ainult mudavees (tabel 3), koobaltit, tina, vismutit ja hõbedat tõestataval hulgal ei leidunud.

## Hüdrokeemiline režiim

Okasmetsaga kaetud liivikute alal asuva umbjärvena toitub Viitna Linajärv pinnaseveest, mille keemiline koostis kujuneb sademetevee nõrgudes läbi orgaaniliste ainete ja lubja poolest vaese pinnase. Sellised kujunemistingimused lubavad eeldada, et järve vee keemiline koostis erineb sademetevee omast vähe, s. o. sisaldab väga vähe mineraal- ja orgaanilisi aineid ning biogeenseid elemente. Hüdrokeemilise analüüsi andmed aga ei kinnita seda oletust. Põhjuseks on asjaolu, et peale eelmainitud allohtoonsete tegurite mõjustavad vee keemilise koostise kujunemist ka autohtoonsete tegurid. Viimaste seas on suur tähtsus veetaimestikul ja põhjamudal, mida Linajärves leidub rohkesti. Tõenäoliselt on kunagine linaleotamine rikastanud järve toiteainetega ja seega soodustanud veetaimede elu ja arengut, mis omakorda on põhjustanud rohke muda kogunemise järve põhja. Veetaimestiku ja muda hulga edasise suurenemise tagab juba looduslik aineringsus, järjest intensiivistuv inimtegevuse mõju (kämping järve kaldal) kiirendab seda veelgi. Neist tegureist johtuvad vee läbiipaistvuse vähenemine, orgaaniliste ainete ja biogeensete elementide kontsentratsiooni suurenemine, vee värvuse, mineraalainetesisalduse ja gaasirežiimi muutumine.

Orgaanilise aine hulk muutub sesooniti tunduvalt (tabel 1), selle põhjuseks on veetaimestiku, eriti fütoplanktoni areng ja lagunemine. Fütoplanktonit on järves kogu jäävabal perioodil rohkesti ja lühikese elutsükli tõttu vahelduvad nende organismide kooslused kiiresti. Arengu- faasis tarvivad nad vees lahustunud aineid, organismide hääbudes ja lagunedes hakkavad need uuesti vette lahustuma.

Planktonipäritoluga orgaanilised ained on raskesti oksüdeeruvad ja nõrgalt värvunud. Seetõttu iseloomustab järve vee orgaanilise aine sisaldust küll suhteliselt kõrge dikromaadne oksüdeeritavus, kuid permanganaadne oksüdeeritavus, oksüdeeritavusprotsent ja värvusaste on enamasti madalad.

Suurim orgaanilise aine sisaldus järve vees vegetatsiooniperioodi lõpul — sügisel ja talvel. Nagu näitavad mudavee dikromaatse oksüdeeritavuse andmed (tabel 4), lahustub rohkesti orgaanilist ainet vette järve põhja settinud taimejäänuste lagunedes. Mudavee oksüdeeritavus on enamasti, eriti sügisel ja talvel, tunduvalt kõrgem kui järvevee oksüdeeritavus. Sellist erinevust ei täheldata ainult talvel taimevõõtes, kus jää all oleva veekihi paksus ei küüni üle 20 cm. Sügisesele planktonipäritoluga orgaanilise aine rohkusele viitavad ka sestoni maksimaalne hulk ja vee minimaalne läbiipaistvus (tabel 1). Kõige väiksem ja ühtlasi kõige ühtlasemalt jaotunud on orgaanilise aine kontsentratsioon kevadel, pärast jää sulamist ja vee tsirkulatsiooni. Sel perioodil erineb mudaveegi dikromaadne oksüdeeritavus järvevee omast vaevu. Suvine orgaanilise aine sisaldus järvevees näib otseselt sõltuvat fütoplanktoni dünaamikast.

Biogeenseid elemente on järves rohkem, kui veorganismid neid tarbida suudavad. Seda näitab fosfori-, lämmastiku-, räni- ja rauaühendite esinemine aasta ringi kõigis veeproovides. Eriti väärib tähelepanu fosfori- ja lämmastikuühendite olemasolu Linajärve suvistes pinnaveeproovides — Eesti järvedes seni küllaltki harv nähtus (vt. Eesti järved, 1968). Linajärves näib biogeensete elementide pideva lahustumise tagavat põhjamutta kogunenud ainete varu. Muda mineraliseerudes vabanevate vees lahustuvate ainete rohkusest annab tunnistust vaatluspunkti 1 kogutud mudavee biogeensete elementide kontsentratsioon, mis enamasti (välja arvatud kevadisel ja sügisel vee tsirkulatsiooni perioodil)

Tabel 4

Viitna Linajärve mudavee füüsikalised omadused, pH, oksüdeeritavus, biogeensete elementide ja gaaside sisaldus

Vaatlus- punkt ja proovi võt- mise koht	Aeg	Sügavus, m	Veekiht, m	Värvus	CO <sub>2</sub> , mg/l	pH	Oksüdeeritavus			Fe	N	P	Si
							perman- ganaatne mg O/l	dikro- maatne %	%				
1 pelogeen	11. XI 1971	4,9	4,8-5,1	12°	65	6,4	13,1	89,0	15	0,08	0,1	0,004	2,0
	15. III 1972	4,9	4,8-5,1	50°	104	6,3	9,3	51,3	18	0,83	0,1	0,025	4,0
	17. V 1972	4,6	4,5-4,8	5°	44	6,3	13,3	27,4	48	0,40	0,1	0,090	4,0
	8. VII 1972	4,6	4,5-4,8	142°	58	6,3	17,2	60,5	28	0,30	0,2	0,007	2,5
18. X 1972	4,7	4,6-4,9	68°	51	6,3	18,2	72,1	25	0,22	0,2	0,006	3,0	
2 pelogeen	9. IX 1971	0,7	0,6-0,9	4°	—	6,1	3,5	35,6	10	0,05	0,1	0,002	0,0
	11. XI 1971	0,7	0,6-0,9	10°	9,0	6,3	11,6	59,4	20	0,05	0,1	0,003	0,5
	15. III 1972	0,9	0,8-1,1	17°	22,0	6,2	11,4	44,1	25	0,04	0,1	0,005	0,2
	17. V 1972	0,7	0,6-0,9	6°	13,6	6,2	6,9	25,1	27	0,08	0,1	0,002	0,2
	8. VII 1972	0,6	0,5-0,8	22°	6,0	6,2	7,0	16,8	42	0,09	0,1	0,005	0,5
	18. X 1972	0,7	0,6-0,9	20°	11,8	6,2	11,2	41,2	27	0,11	0,1	0,008	0,4

Tabel 5

Viitna Linajärve mudavee enamioonide kontsentratsioon

Vaatluspunkt ja proovi võt- mise koht	Aeg	Veekiht, m	A	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	mg-ekv/l / mg/l						K <sup>+</sup>	ΣI, mg/l
						Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	mg O/l				
									0,17*	0,04/0,5	0,04/1,0		
1 pelogeen	11. XI 1971	4,8-5,1	1,29/78,7	0,02/1	0,08/3	0,18/3,6	0,04/0,5	0,04/0,9	0,04/1,5	89			
	15. III 1972	4,8-5,1	1,89/115	0,02/1	0,08/3	0,31/6,2	0,10/1,2	0,02/0,5	0,05/2,1	129			
	17. V 1972	4,5-4,8	1,01/56	0,10/4,8	0,09/3	0,16/3,2	0,04/0,5	0,04/0,9	0,04/1,6	70			
	8. VII 1972	4,5-4,8	1,14/69,5	0,02/1	0,05/2	0,14/2,8	0,04/0,5	0,04/1,0	0,05/1,8	79			
18. X 1972	4,6-4,9	0,10/6,1	0,01/0,5	0,07/2	—	0,17*	0,04/1,0	0,04/1,0	—				
2 pelogeen	9. IX 1971	0,6-0,9	0,21/13	0,02/1	0,06/2	0,13/2,6	0,01/0,1	0,03/0,7	0,01/0,4	20			
	11. XI 1971	0,6-0,9	0,19/12	0,04/2	0,12/4,3	0,12/2,4	0,02/0,2	0,03/0,7	0,02/0,8	22			
	15. III 1972	0,8-1,1	0,39/24	0,03/1	0,14/4,9	0,30/6,0	0,07/0,8	0,08/1,8	0,05/2,1	41			
	17. V 1972	0,6-0,9	0,23/14	0,07/3	0,09/3	0,12/2,4	0,02/0,2	0,04/0,8	0,02/0,8	24			
8. VII 1972	0,5-0,8	0,14/8,5	0,04/2	0,05/2	0,11/2,2	0,03/0,4	0,04/0,8	0,01/0,6	16				
18. X 1972	0,6-0,8	0,20/12	0,03/1	0,11/3,9	—	0,11*	0,04/0,8	0,01/0,4	—				

\* kaltsium- ja magneesiumioonide summa mg-ekv/l.

ületab järvevee oma, sealhulgas fosfaatide- ja ränisisalduse talvel koguni 10-kordselt. Taimevõotmes (vaatluspunktis 2) ei ole täheldatud biogeensete elementide kogunemist muda ülemisse kihti, seda näitab mudavee ja järvevee biogeensete elementide sisalduse väike erinevus. Nähtavasti kasutavad taimed need elemendid taimevõotme mudast ära. Sellele viitab ka raua- ja rüüühendite veidi madalam kontsentratsioon vaatluspunkti 2 pinnavees vegetatsiooniperioodil, võrreldes vaatluspunkti 1 pinnaveega.

Järve vees lahustunud biogeensed elemendid on valdavalt autohtoonset päritolu. Oluline osa näib siin olevat kogu jäävabal perioodil massiliselt esineval fütoplanktonil. Fütoplanktoni koosluste kiire vaheldumise tõttu on lämmastiku- ja fosforiühendite ringlus vegetatsiooniperioodil kiire ja nende sisalduse muutumine raskesti jälgitav.

Fosfori-, lämmastiku- ja rüüühendite kogus muutub järve vees ilmselt sesooniti vähe (tabel 1). Fosfaate on järve vees enamasti 0,002—0,005 mg P/l. Erandlikud on 1971. aasta septembris, fütoplanktoni massilise hääbumise perioodil, kogutud veeproovid, millest ilmneb, et hääbunud organismide laguproduktide mineraliseerumine on vett fosforiühenditega rikastanud: vaatluspunkti 1 pinnaveeproov sisaldas 0,008 ja põhjalähedane veeproov koguni 0,015 mg P/l. Fosfori päritolule vastlagunenud fütoplanktonist viitab ka samal ajal taimevõotmest (vaatluspunkti 2) kogutud veeproovi võrdlus mudaveeprooviga: esimene sisaldas 0,006, teine ainult 0,002 mg P/l. Kõigil ülejäänud proovivõtuaegadel oli taimevõotme mudavee fosfaattidesisaldus kas pinnaveega võrdne või kuni 0,004 mg P/l võrra suurem. Ka vaatluspunktis 1 ei erine mudavee fosforiühendite kontsentratsioon suvel ja sügisel sama punkti pinnavee ja põhjalähedase vee omast kuigi palju. Kaugelt suurem on erinevus talvistes ja kevadistes mudaveeproovides — vastavalt 0,025 ja 0,090 mg P/l.

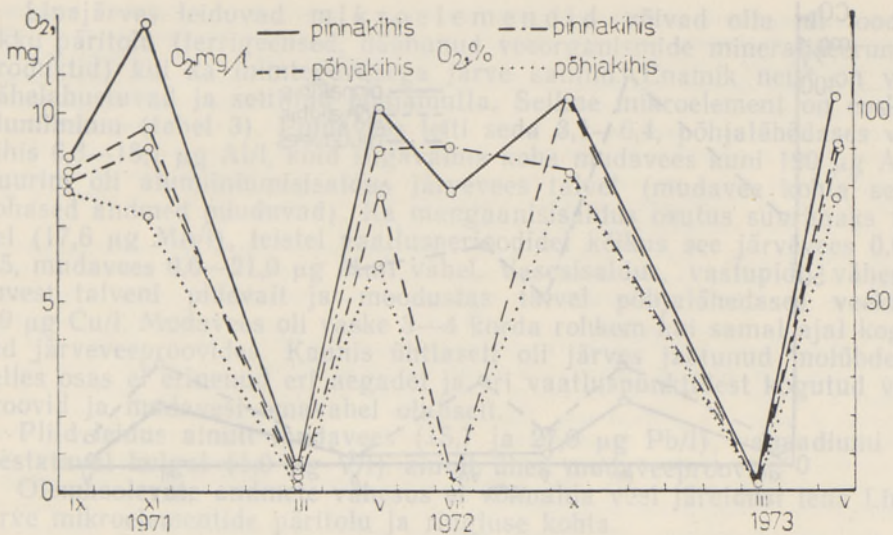
Lämmastikuühendeid on järve vees enamasti 0,1—0,2 mg N/l, ainult 1972. a. sügisel oli see vaatluspunkti 1 põhjalähedases veekihi ja vaatluspunkti 2 vees suurem — kuni 0,3 ja 0,4 mg N/l (tabel 1). Üheski mudaveeproovis, ka 1972. a. sügisel võetuis, ei ületa lämmastikuühendite kontsentratsioon 0,1—0,2 mg N/l (tabel 4).

Rüüühendite kontsentratsioon järve vees muutus kogu vaatlusperioodi vältel vähe: 0,1—0,5 mg Si/l. Võis täheldada vaid mõningast suurenemistendentsi sügisel ja vähenemist kevadel, kuid sedagi ei ilmnenu kõigis vaatluspunktides. Järveveest osutus ränisisalduse poolest väga erinevaks sügavaimast kohast kogutud mudavesi — selles oli 5—40 korda rohkem rüüühendeid (tabelid 1 ja 4). Seevastu taimevõotmest kogutud mudavesi ei erinenud selles osas oluliselt järveveest.

Rauaühenditesisalduse sesoonne muutumine on eespool kirjeldatud biogeensete elementide sisalduse muutumisega võrreldes tunduvalt järsem. Kõige stabiilsem on pinnavee rauasisaldus. Vaatluspunktis 1 kõigub see 0,03—0,11 vahel, aga vaatluspunktis 2 suureneb talviti kontsentratsioonini 0,16—0,73 mg Fe/l. Ulatuslikumalt muutub rauasisaldus põhjalähedases veekihi, moodustades kevadisel-sügisel vee tsirkulatsiooni ajal 0,05—0,08, kuid talvel 0,44—0,83 mg Fe/l. Mudavesi sisaldab rauda enam-vähem niisama palju kui põhjalähedane veekiht (tabelid 1 ja 4). Talvine järsk rauasisalduse suurenemine mudavees ja põhjalähedastes veekihtides on seotud hapniku puudumisega, mistõttu kolmevalentne raud muutub vees lahustuvaks kahevalentseks rauaks.

Järve vee gaasidesisalduse määravad peamiselt aeratsioon, vee temperatuur, veetaimestiku areng ja hääbunud taimede orgaaniliste jäänuste lagunemine. Temperatuurist sõltub gaaside lahustuvus ja lahustunud gaaside tsirkulatsioon ning jaotumus. Veetaimede fotosüntees rikastab järve pindmisi veekihte hapnikuga ja vähendab nende süsihappegaasi-





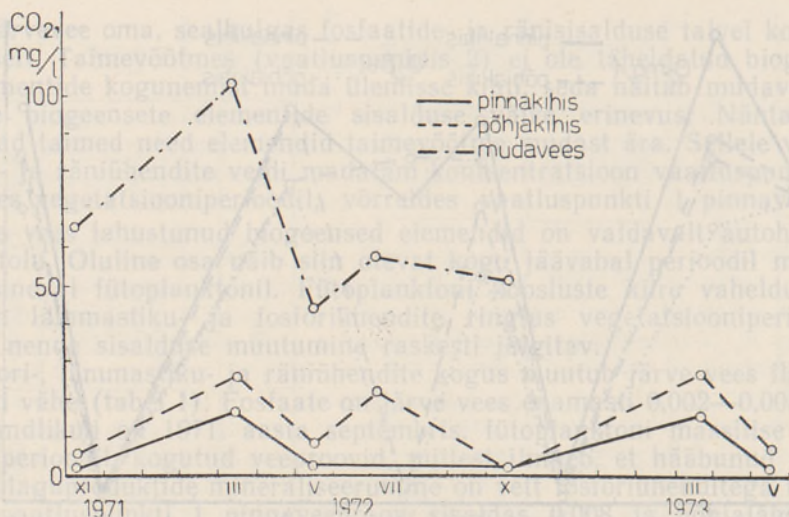
Joon. 2. Hapniku kontsentratsioon ja vee küllastumus hapnikuga vaatluspunktis 1.

sisaldust. Mudakihti kogunenud taimejäänuste oksüdatsioon seevastu vähendab vee hapnikusisaldust ja suurendab süsihappegaasi hulka.

Aeratsioonitingimused ja rohkete veetaimede, eriti fütoplanktoni fotosüntees tagavad Linajärve pinnavee hapnikurikkuse kogu jäävaba perioodi vältel. Vee temperatuurist ja fotosünteesi intensiivsusest sõltuvalt on vaatluspunktis 1 pinnavees lahustunud hapnikku sel ajal 7,82 ja 12,4 mg O<sub>2</sub>/l vahel. Pinnavees lahustunud hapniku absoluutne hulk on suvel vee kõrge temperatuuri tõttu väiksem kui kevadel ja sügisel. Talvel langeb nii lahustunud hapniku hulk kui ka küllastumus kogu järve vees järsult aeratsiooni ja fotosünteesi lakkamise ning keemilise ja bioloogilise oksüdatsiooni tõttu. Järve sügavaima koha pinnavees on talvel hapnikku ainult 0,22–0,60 mg O<sub>2</sub>/l (2–4% küllastumusest) ja taimevõotme vees 0,00–4,02 mg O<sub>2</sub>/l (0–28% küllastumusest); põhjalähedases veekihis ei osutunud see talviti üldse tõestatavaks (joon. 2). Ka suvise stratifikatsiooni ajal avaldub põhjamuda mõju: madalaveelises taimevõotmes on hapnikku kevadisest ja sügisest kogusest tublisti vähem (5,34 mg O<sub>2</sub>/l), sügavaima koha põhjalähedases veekihis puudus see aga täiesti. Teistel vaatlusperioodidel oli vesi nii taimevõotmes kui ka põhjalähedases kihis hapnikurikas (vastavalt 9,00–10,6 ja 7,82–10,4 mg O<sub>2</sub>/l).

Orgaanilise aine lagunemine põhjamudas mõjustab ka mudavee ja järvevee vaba süsihappegaasi sisaldust (tabelid 1 ja 4, joon. 3). Kõige rohkem on vaba süsihappegaasi talvel: sügavaima koha pinnavees 15,5 ja 16,7, põhjalähedases veekihis 26,4 ja 26,6 ning taimevõotme vees 19,7 ja 35,2 mg CO<sub>2</sub>/l. Sügavaima koha põhjalähedases veekihis on vaba CO<sub>2</sub> kontsentratsioon kõrge ka suvise stratifikatsiooni ajal (22,4 mg/l), teistel perioodidel kõigub see 1,5 ja 8,8 mg CO<sub>2</sub>/l vahel. Jäävabal ajal tasakaalustab fotosüntees vaba süsihappegaasi sisaldust; sügavaima koha pinnavees on seda 1,4–2,3 ja taimevõotme vees 1,8–4,0 mg CO<sub>2</sub>/l piires. Mudavees on CO<sub>2</sub> pidevalt rohkem kui järvevees.

Vaba süsihappegaasi sisalduse muutumine kajastub vee pH muutumises: see on jäävabal perioodil pinnavees 6,6–7,0 ja põhjalähedases veekihis 6,2–7,0, talvel aga 5,8–6,2. Mudavees on pH stabiilsem kui järvevees — 6,1–6,4.



Joon. 3. Süsihappegaasi kontsentratsioon vaatluspunktis 1.

Eeltoodust nähtub põhjamuda suur mõju järve vee gaasirežiimile. Rohke veetaimestiku, eriti fütoplanktoni tõttu oleks olnud põhjust eeldada vee hapnikuga üleküllastumist, vaba süsihappegaasi puudumist ja pH järsku tõusu vegetatsiooniperioodil.

Mineraalainete hulga ja ioonkoostise poolest on Linajärve vesi lähedane sademeteevele. Seseonsed muutused on väikesed, kõige tähelepanuväärivamad talvel, kui mineraalainete kontsentratsioon on suurim (tabel 2). Oluline osa selles on põhjamudal, kust taimejäänuste mineraliseerudes lahustub vette mineraalseid komponente. Eelöeldut kinnitavad mudavee analüüsi andmed (tabel 5). Sügavaima koha mudavees on ionide summa aasta ringi vähemalt 4 korda suurem kui sama vaatluspunkti põhjalähedases veekihis, kusjuures nii mudavees kui ka põhjalähedases veekihis on kõige rohkem mineraalaineid talvel. Taimevõotmes, kus veekiht on õhuke (talvel ainult 20 cm), suureneb järvevee mineraalainetesisaldus vastu talve kõige järsemalt, 20–22 mg-lt 45 mg-ni liitris, ega erine mudavee mineraalainetesisaldusest. Kevadel, pärast jää lagunemist ja vee tsirkulatsiooni, langeb see kogu järve ulatuses miinimumini. Sügisel, kui veetaimede hääbumise tõttu üha väheneb mineraalainete tarbimine ja suureneb mineraliseeruvate orgaaniliste taimejäänuste hulk, näitab vee ionide summa jälle mõningast tõusutendentsi, ehkki kogu vaatlusperioodi vältel, talv välja arvatud, osutus järve vesi äärmiselt mineraalainetevaeseks (15–24 mg/l).

Vee ioonkoostises on kogu aasta vältel ülekaalus vesinikkarbonaat- ja kaltsiumioonid, sesooniti muutub see vähe. Ainult talvel, kui vees lahustunud mineraalainete üldhulk suureneb, võib täheldada ka vesinikkarbonaat-, kaltsium- ja magneesiumioonide protsentsisalduse mõningast suurenemist. Mudavees võib märgata sulfaationide hulga suurenemist kevadel, arvatavasti põhjustab seda vesiniksulfiidide muutumine sulfaatideks järve vee hapnikuga rikastumise tõttu.

Linajärve mudavesi sisaldab makrohulgas seni identifitseerimata nõrka orgaanilist alust. Aine on kas lenduv või laguneb aereerimisel lenduva(te)ks ühendi(te)ks. Ka tema ja mineraalhappe reaktsiooni produktid on lenduvad. Artiklis esitatud andmetes on see aine arvatud üldaluselisuse hulka.

Linajärves leiduvad mikroelemendid võivad olla nii looduslikku päritolu (terrigeensed, hääbunud veorganismide mineraliseerumise produktid) kui ka inimtegevusega järve kantud. Enamik neist on vees vähelahustuvad ja settinud põhjamutta. Selline mikroelement on eeskätt alumiinium (tabel 3). Pinnavees leiti seda 3,1—6,4, põhjalähedases veekihi 6,3—15,1  $\mu\text{g Al/l}$ , kuid sügavaima koha mudavees kuni 120  $\mu\text{g Al/l}$ . Suurim oli alumiiniumisisaldus järvevees talvel (mudavee kohta sellekohased andmed puuduvad). Ka mangaanisaldus osutus suurimaks talvel (17,6  $\mu\text{g Mn/l}$ ), teistel vaatlusperioodidel kõikus see järvevees 0,0—3,5, mudavesi 0,0—21,0  $\mu\text{g Mn/l}$  vahel. Vasesisaldus, vastupidi, vähenes suvest talveni pidevalt ja moodustas talvel põhjalähedases veekihi 7,9  $\mu\text{g Cu/l}$ . Mudavesi oli vaske 3—4 korda rohkem kui samal ajal kogutud järveveeproovides. Kaunis ühtlaselt oli järves jaotunud molübdeen, selles osas ei erinenud eri aegadel ja eri vaatluspunktidest kogutud veeproovid ja mudavesi omavahel oluliselt.

Pliid leidis ainult mudavees (15,7 ja 27,0  $\mu\text{g Pb/l}$ ), vanaadiumi oli tõestataval hulgal (1,0  $\mu\text{g V/l}$ ) ainult ühes mudaveeproovis.

Olemasolevate andmete vähesus ei võimalda veel järeldusi teha Linajärve mikroelementide päritolu ja ringluse kohta.

#### KIRJANDUS

Eesti järved, 1968. Tallinn.

Kallejärv T., 1974. Uut Eesti järvede sügavusest. Eesti Loodus (4) : 241—244.

Kask I., 1964. Eesti NSV järvede nimestik. Tallinn.

Reeben M., 1967. Emissioonspektraalanalüüsi kasutamist mikroelementide (metallide) määramiseks Kingissepa rajooni vetes. Eesti Põllumajanduse Akadeemia teaduslike tööde kogumik. Zootehnikaalased tööd 45. Tartu : 304—313.

Starast H., Mälgli U., Lindpere A., Simm H., 1974. Viitna Pikkjärve vee keemiline koostis ja hüdrokeemiline režiim. ENSV TA Toimet. Biol. 23 (2) : 164—176.

Алекин О. А., 1954. Химический анализ вод суши. Л.

Алекин О. А., 1970. Основы гидрохимии. Л.

Еременко В. Я., 1960. Спектрографическое определение микроэлементов в природных водах. М.

Матвеев А. А., 1962. Химический анализ воды атмосферных осадков. В сб.: Современные методы анализа природных вод. М. : 5—11.

Симм Х., 1973. Гидрохимическая типизация малых озер Эстонии. Изв. АН ЭССР. Биол. 20 (1) : 58—67.

Фесенко Н. Г., 1955. Определение кальция в природных водах комплексометрическим титрованием в присутствии мурексиды как индикатора. Гидрохим. материалы 23 : 158—164.

Eesti NSV Teaduste Akadeemia  
Zooloogia ja Botaanika Instituut

Toimetusse saabunud  
19. XI 1974

Хелле СИММ, Хенно СТАРАСТ, Уно МЯЛГИ, Айни ЛИНДПЕРЕ

#### ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ОЗЕРА ВИТНА-ЛИНАЯРВ

##### Резюме

Озеро Витна-Линаярв является непроточным водоемом на песчаном, покрытом хвойным лесом водосборе. Химический состав этого озера формируется путем инфильтрации атмосферных осадков через почво-грунты, бедные органическими веществами и карбонатами. По гидрохимической типизации малых озер Эстонии (Симм, 1973) Витна-Линаярв относится к типу С. Вода в озере гидрокарбонатно-кальциевая (по классификации О. А. Алекина, 1970) и характеризуется индексом  $S_{Ca}^{0,2}$  II 0,02.

Формирование химического состава воды озера проходит под сильным влиянием автохтонных факторов: обильной водной флоры, особенно фитопланктона, и толстого слоя донного ила. Разрастанию водной растительности и накоплению в озере иловых отложений способствует деятельность человека. В результате чего в озере наблюдаются постоянное уменьшение прозрачности воды, повышение концентрации органических веществ и биогенных элементов в воде, а также изменения в цветности воды, в газовом режиме и динамике минеральных веществ.

Цвет воды озера зеленый до желтого, варьируясь в различных тонах; цветность 5—24° (табл. 1). Прозрачность мала: большей частью 0,9—2,0 м, только зимой и весной она немного увеличивается (максимально до 2,7 м).

В температуре воды в течение всего года (исключая время осенней циркуляции воды) наблюдаются различия между поверхностным и придонным слоями. В середине лета стратификация температуры воды выражена очень резко.

Количество органических веществ в воде озера сильно изменяется сезонно: дихроматная окисляемость воды колеблется в пределах 21,0—48,6 мг  $O_2/l$  (табл. 1). Содержание органических веществ максимально в конце вегетационного периода — осенью и зимой — при интенсивном разложении отмерших водных растений и их остатков в воде и в донном иле. Концентрация органических веществ в воде минимальна весной, а летом, по-видимому, непосредственно зависит от динамики фитопланктона. Сравнительно низкие значения перманганатной окисляемости и цветности воды свидетельствуют о том, что в воде озера преобладают автохтонные истинно растворенные органические вещества.

При минерализации органических веществ вода озера обогащается биогенными элементами, встречающимися в воде оз. Вийтна-Линаярв в течение всего года в следующих концентрациях: 0,002—0,015 мг  $P/l$ , 0,1—0,4 мг  $N/l$ , 0,1—0,5 мг  $Si/l$  и 0,02—0,83 мг  $Fe/l$ . Особое внимание заслуживает наличие соединений фосфора и азота во время летнего массового развития фитопланктона. Можно полагать, что часть органических веществ отмершей растительности быстро минерализуется и освобождающиеся биогенные элементы попадают сразу в круговорот веществ. Другая же часть органических веществ минерализуется дольше, составляя резерв биогенных элементов в донном иле. Как показывают данные анализа зимних и весенних проб иловых вод, этот резерв оказался довольно значительным особенно в отношении фосфора (табл. 4). По-видимому, иловые отложения обеспечивают постоянное обилие биогенных элементов в воде озера.

Соединения фосфора, азота и кремния довольно однородно распределены по озеру, сезонного режима в их динамике не отмечается (табл. 1). Концентрация соединений железа в воде озера, наоборот, изменяется сезонно и она различна в пробах воды, взятых одновременно из различных пунктов наблюдения. Придонные слои воды большей частью более богаты железом, чем поверхностный слой.

Максимальная концентрация железа наблюдается в придонных слоях воды зимой при отсутствии в них растворенного в воде кислорода. Последнее явление в свою очередь обусловлено окислительными процессами, интенсивно происходящими при разложении органических веществ донного ила. Зимой и в поверхностном слое воды озера концентрация растворенного кислорода очень низка, составляя только до 4% насыщения (рис. 2). Летом при стратификации температуры воды в поверхностном слое насыщенность воды кислородом высокая, а в придонных слоях — большой недостаток кислорода. В остальные сезоны вода озера богата кислородом — в поверхностном слое его содержание 9—12 мг  $O_2/l$  (82—92% насыщения) и в придонном слое 8—10 мг  $O_2/l$  (60—84% насыщения). Наибольшее содержание растворенного в воде кислорода во всех слоях озера наблюдается весной и осенью.

Активная реакция воды слабо кислая до нейтральной (рН 5,8—7,0) и зависит существенно от содержания свободной двуокиси углерода в воде. Концентрация свободной двуокиси углерода в воде озера оказалась высокой зимой (15,5—35,2 мг/л  $CO_2$ ); в придонном слое воды она высока и во время легкой стратификации (рис. 3). Преобладающее количество свободной двуокиси углерода агрессивное, так как уравновешивающая его концентрация гидрокарбоната кальция крайне низкая.

Наличие сероводорода наблюдается в придонном слое воды озера зимой при отсутствии растворенного в воде кислорода.

Концентрация главных ионов в воде озера крайне низкая, большей частью 14—24 мг/л (табл. 2). Выше она бывает (до 45 мг/л) только зимой, когда минерализация органических веществ донных отложений наиболее интенсивная (табл. 5), а потребление минеральных компонентов гидробионтами минимально. В круглогодично стабильном ионном составе преобладают гидрокарбонат-ионы и ионы кальция.

Из микроэлементов вода озера содержит алюминий (3,1—15,1 мкг  $Al/l$ ), марганец (0,0—17,6 мкг  $Mn/l$ ), медь (7,7—12,0 мкг  $Cu/l$ ), никель (1,3—4,9 мкг  $Ni/l$ ) и молибден (0,0—0,4 мкг  $Mo/l$ ).

Содержание алюминия и марганца зимой максимально, а содержание меди мини-

мально. Количество молибдена в воде озера изменялось сезонно в узких пределах. Все упомянутые микроэлементы найдены и в иловой воде, обычно в более высоких концентрациях, чем в воде озера. Иловая вода содержит кроме отмеченных микроэлементов также свинец и ванадий (табл. 3). Кобальт, олово, висмут и серебро в воде озера не обнаружены.

Институт зоологии и ботаники  
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию  
19/XI 1974

*Helle SIMM, Henno STARAST, Uno MÄLGI, Aini LINDPERE*

## THE CHEMICAL COMPOSITION AND HYDROCHEMICAL REGIME OF THE WATER IN LAKE VIITNA LINAJÄRV

### Summary

Lake Viitna Linajärv is a seepage lake situated in a sandy area covered with coniferous forests. The lake feeds on phreatic water whose chemical composition is formed by the percolation of precipitation water through the ground poor in organic substances and carbonates. According to the hydrochemical typology of Estonian small lakes (Симм, 1973), the lake under consideration belongs to type C. According to the hydrochemical classification of O. Alekin (Алекин, 1970), the water of the lake belongs to the calcium group of the hydrocarbonate class and is characterized by the water index  $C_{\text{Ca}0.2}^{\text{II}0.02}$ .

The formation of the chemical composition of the water has been influenced strongly by autochthonous factors, such as the copious occurrence of water vegetation, especially that of phytoplankton, and bottom mud which has accumulated due to the decaying of macrophytes and phytoplankton. Human action has induced the plant growth and the mud accumulation. That is why the transparency in Lake Viitna Linajärv has considerably decreased, whereas the organic matter content and the content of biogenic elements have increased. The colour of water, the dynamics of mineral matter content and the gas regime in the lake have changed.

The colour of the water in the lake varies from green to yellow, the coloration being 5 to 24° (Table 1). Transparency is usually low (0.9 to 2.0 m); it increases a little in winter and in spring (maximum 2.7 m). During the observation period (with the exception of the time of water circulation in autumn), differences in the temperature between the water of the surface layer and the layer near the bottom were noticed. The stratification of temperature was especially prominent in midsummer.

The concentration of organic substances in the lake water changes with the seasons, dichromate oxidizability ranging from 21.0 to 48.6 mg O/l (Table 1). The concentration of organic substances is at its maximum in autumn and winter, when water plants and numerous vegetation remnants begin to decay, and it is at its minimum in spring. In summer the concentration of organic substances in lake water seems to depend directly on the dynamics of phytoplankton. Considerably low values of permanganate oxidizability and a low colour degree testify that autochthonous non-colloid organic substances predominate in the composition of the water.

On account of the mineralization of organic substances and human action, the water in the lake is enriched with biogenic substances. Throughout the year the concentration of biogenic substances in the water of Lake Viitna Linajärv is as follows: 0.002 to 0.015 mg P/l, 0.1 to 0.4 mg N/l, 0.1 to 0.5 mg Si/l and 0.02 to 0.83 mg Fe/l (Table 1). Of special interest is the significant occurrence of phosphorus and nitrogen compounds in summer, during the mass development of phytoplankton. It may be presumed that a part of the organic substances from decaying vegetation mineralizes quickly and the liberated biogenic elements enter into circulation right away. The other part of the organic substances mineralizes longer, forming a reserve of biogenic elements in the bottom mud. As the data of the analyses of mudwater samples taken in winter and spring show, this reserve is considerable, especially as regards the phosphates (Table 4). Thus, the bottom mud seems to guarantee a continuous abundance of biogenic elements in the lake water.

Phosphorus, nitrogen and silicon are distributed in the lake water rather evenly, without forming seasonal regimes. The iron content, on the contrary, is subject to seasonal dynamics, being different in samples collected simultaneously from different sampling spots. The layers of water near the bottom are usually richer in iron than the surface layer. The iron concentration of the layers near the bottom is at its

maximum in winter. This is conditioned by the absence of oxygen in these layers in winter. The absence of oxygen, in turn, is conditioned by the oxidation processes of organic substances accumulated in the bottom mud.

A strong oxygen deficiency also occurs in the water of the surface layer in winter, the saturation of the water with oxygen forming here only 2 to 4 per cent (Fig. 2). During the temperature and oxygen stratification period in summer, a high degree of oxygen saturation is observed in the surface layer, whereas in the layers near the bottom oxygen deficiency is noticed. During the rest of the year the water in the lake is rich in oxygen, the oxygen content in the water of the surface layer being 9 to 12 mg O<sub>2</sub>/l (82 to 92% of saturation) and that of the layer near the bottom 8 to 10 mg O<sub>2</sub>/l (60 to 84%). The oxygen content in all layers of the lake water is at its maximum in spring and autumn.

The hydrogen ion exponent fluctuates from 5.8 to 7.0. It essentially depends on the free carbon dioxide content in the lake water. The content of free CO<sub>2</sub> is high in winter (15.5 to 35.2 mg CO<sub>2</sub>/l), and during the midsummer stratification period also in the layer near the bottom (Fig. 3). Most of the free CO<sub>2</sub> is aggressive since the concentration of the hydrocarbonate of calcium which balances carbon dioxide is extremely low. Hydrogen sulphide occurs in the layer near the bottom in winter because of the lack of dissolved oxygen in the water.

The content of mineral substances in the lake water is extremely low, usually 14 to 24 mg/l (Table 2). A higher content is observed only in winter (up to 45 mg/l) when the mineralization of the organic substances of the bottom deposits is most intensive (Table 5) and the consumption of mineral components by water organisms is minimal. Hydrocarbonate and calcium ions prevail in the ion composition which is stable throughout the year.

Of the microelements, the lake water contains aluminium (3.1 to 15.1 µg Al/l), manganese (0.0 to 17.6 µg Mn/l), copper (7.7 to 12.0 µg Cu/l), nickel (1.3 to 4.9 µg Ni/l) and molybdenum (0.0 to 0.4 µg Mo/l). The concentrations of aluminium and manganese are at their maximum in winter when the concentration of copper in the water is at its minimum. The amount of molybdenum in the lake water undergoes seasonal changes only to a small extent. All the above-mentioned microelements also occur in the mudwater, usually in higher concentrations than in the lake water. In addition, the presence of lead and vanadium has been established in the mudwater (Table 3). The occurrence of cobalt, tin, bismuth and silver in the lake water is insignificant.

*Academy of Sciences of the Estonian SSR,  
Institute of Zoology and Botany*

Received  
Nov. 19, 1974