

Henno STARAST, Uno MÄLGI, Aini LINDPERE, Helle SIMM

## VIITNA PIKKJÄRVE VEE KEEMILINE KOOSTIS JA HÜDROKEEMILINE REŽIIM

Viitna Pikkjärv paikneb Rakvere rajoonis Põhja-Eesti platoo ja Kõrve-maa piirialal, mandrijää servakuhjatiste piirkonnas (Ряхни, 1963).

Esimesena on selle umbjärve vee keemilist koostist käsitletud H. Riik-oja (1940) 1932. aasta talvel kogutud materjali põhjal. Pikkjärve hilisema limnoloogilise uurimise tulemused on avaldatud monograafias «Eesti järved» (1968), kus leidub ka H. Simmi koostatud hüdrokeemiline ise-loomustus, mille aluseks on 1956. ja 1957. aasta suvel toimunud uurimise tulemused.

Pikkjärv toitub peamiselt pinnaseveest, mille koostis formeerub sade-mete vee filtreerumisel läbi karbonaadivaba liiva ja kruusa ning kuulub Eesti järvede hüdrokeemilise tüpologia (Симм, 1973) järgi C tüüpi. Tema vee keemilise koostise ulatuslikum uurimine sesoonsete vaatluste alusel algas 1971. aasta suvel, mil ENSV TA Zooloogia ja Botaanika Instituudi geobiokeemia laboratooriumis alustati Eesti järvetüüpe esin-davate valikjärvede hüdrokeemilise režiimi uurimist.

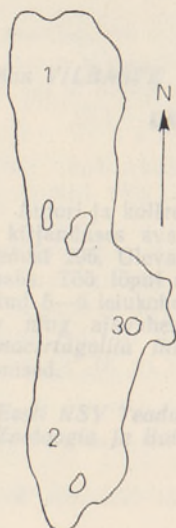
Käesolevas uurimuses antakse ülevaade Pikkjärve vee keemilisest koostisest (gaasid, mineraal- ja orgaanilised ained, biogeensed ja mikro-elemendid) ning selle muutustest lauti, sügavuti ja sesooniti.

### Materjal ja meetodika

Uurimus on koostatud aastail 1971—1972 sesoonselt kogutud materjalide põhjal (tab. 1—3), arvesse on võetud ja kriitiliselt hinnatud ka varasemaid andmeid. Vaatlus-punktid on järve skeemil (joon. 1) tähistatud numbritega. 1 ja 2

neist asuvad järve sügavaimais kohtades, kust võeti avavee proo-vid. Vaatluspunkt 3 asub ujulehtedega taimestiku võõndis, kus domineerib vesi-kirburohi ja esineb ka lamedalehist jõgitaekjat (Eesti järved, 1968). Proovid võeti meetripaksusest vee pinna- ja põhjakihist ning kihist, mis koosnes 0,2 m lendmudast ja 0,1 m selle kohal olevast veest. Olenevalt järgneva analüüsi eesmärgist eraldati viimasest võetud proovidest kas dekanteerimise või filt-rimise teel vesi, mida allpool nimetatakse mudaveeks.

Vees lahustunud hapniku, magneesiumi, raua, räni ja anorgaa-nilise fosfori hulk ning vee oksüdeeritavus ja värvuskraad määrati hüdrokeemias üldkasutatavat meetodikat rakendades (Алекин, 1954). Oksüdeeritavuse määramise eel filtritri veeproovid, milleks kasutasime filterpaberit «Sinine lint», pH mõõdeti klaaselektroo-diga. Vaba süsihappegaas ja üldaluselisus (A) tiitriti kinnises küvetis potentsiomeetriliselt: pH-ni 8,4 naatriumkarbonaadiga ja



Joon. 1. Viitna Pikkjärve skeem. 1, 2, 3 — vaatluspunktid.

pH-ni 4,2 soolhappega, kasutades indikaatorina naatriumiefektivaba klaaselektroodi. Trilonomeetriliselt määrati kaltsiumioonide- (Фесенко, 1955) ja sulfaatioonidesisaldus (Пршибил, 1960), merkurimeetriliselt kloriidioonidesisaldus (Матвеев, 1962). Kaalium- ja naatriumioonid määrati leekfotomeetriga (Полужков, 1959). Nitraat-nitritioonide summa määramiseks kasutati Stukovskaja meetodit (Штуковская, 1948).

Mikroelementide analüüsi meetodika koostas ja nende kontsentratsioonid vees määras spektraalanalüüsi abil EPA keemiakateedri töötaja M. Reeben. Meetodika koostamisel lähtuti V. Jeremenko ja tema kaastöötajate poolt väljatöötatud meetodikast (Еременко, 1960).

## Vee füüsikalised omadused ja keemiline koostis

Pikkjärve vesi on roheline põhitooniga, vee omavärvus on väga madal, kõigest 5—7°. Triptonit ja planktonit on vees väga vähe — kuni 5 mg/l. Sestonisisalduse seaduspäraseid erinevusi vee pinna- ja põhjakihis ei täheldatud. Järve läbipaistvus on maist septembrini 2,5—3,3 m, seega siis 1956.—1957. aasta mõõtmistulemustega (Eesti järved, 1968) võrreldes meetri võrra vähenenud. Hilissügisel ja talvel paistab järv põhjani läbi, nagu ka H. Riikoja andmeil 1932. aastast. Jäävabal ajal on temperatuur kogu veekihi ulatuses enam-vähem ühtlane. Märtsis on vee põhjakihi temperatuur 4,2—4,3°.

Vees lahustunud gaaside ja vesinikioonide sisalduse poolest on järv horisontaalsuunas homogeenne. Nende komponentide stratifikatsioon on nõrk, ainult hapnikusisaldus langeb talvel järve põhja suunas järsult.

Järve vesi on valdavalt hapnikurikas. Vee pinnakihis on leitud 9—12 mg O<sub>2</sub>/l (küllastumus 63—118%), vee põhjakihis 2—12 mg O<sub>2</sub>/l (küllastumus 15—94%). Suvel on vee põhjakihis hapnikku kuni 2, talvel kuni 8 mg/l vähem kui pinnakihis. Vee põhjakiht võib suvel hapnikuga rikastuda nii fotosünteesi toimel (valgus pääseb järve põhjani), kui ka vee segunemise teel; järv on sel ajal homotermiline. Sügisel ja kevadel puudub stratifikatsioon.

Järve vesi on nõrgalt happeline: pH amplituud on tema pinnakihis 5,7—6,7, põhjakihis 5,6—6,6 ja mudavees 5,9—6,2. Järve põhja suunas on märgata vee pH langust, mis seletub vaba süsihappegaasi sisalduse suurenemisega samas suunas. Vee põhjakihi pH on puhuti 0,1 ühiku võrra madalam kui pinnakihi pH. Mudavee pH on alati, välja arvatud talvel, madalam (kuni 0,6 ühikut) kui põhjavee pH.

Vaba süsihappegaasi sisaldus kõigub epilimnionis 0,9—11 mg/l, muda-vees 4—12 mg/l vahel. Vee põhjakiht sisaldab vaba süsihappegaasi kuni 3 mg/l rohkem kui pinnakiht. Mudaveesi on oluliselt süsihappegaasirikkam, välja arvatud talvel. Üle 90% süsihappegaasist on agressiivne, sest kaltsiumvesinikkarbonaadi kontsentratsioon vees on äärmiselt madal (alla 15 mg/l).

Kuna järve veel puudub väävelvesinikule iseloomulik lõhn, võib oletada, et ta seda gaasi ei sisalda. Talvel aga lõhnas mudaveesi väävelvesiniku järele. Varasemad andmed järve vee gaasidesisalduse ja pH kohta suvel, mis pärinevad H. Simmilt, ei erine oluliselt neist või langedavad nendega ühte. Vee pH võiks suvel olla 5,8 (vt. H. Riikoja, 1940) ainult juhul, kui vesinikkarbonaatioonidesisaldus oleks olnud varem praegusest veelgi madalam.

Orgaanilise aine sisaldus järve vees on madal nagu varemgi (Eesti järved, 1968). Vee permanganaatne ja dikromaatne oksüdeeritavus kõigub vastavalt 2—6 ja 8—27 mg O/l vahel, oksüdeeritavusprotsent on 13—43. Süstemaatilised erinevused puuduvad nii horisontaalsuunas kui

Tabel 1

## Pikijärve vee füüsikalised omadused, pH, oksüdeeritavus ja gaasisisaldus

Proovi võtmise koht ja vaatluspunkt	Sügavus, m	Veekiht, m	Värvus	Läbi- paist- vus, m	Seston, mg/l	Tempera- tuur, C	O <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub> , mg/l	pH	Oksüdeeritavus			Vär- vus, °
							mg/l	%			perm.	diokr.	%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
9.—12. septembrini 1971														
Avavesi, 1	5,0	0—1	roheline	2,5	0,0	14,9	8,78	88	—	6,2	1,2	18,5	6	6
"	"	4,4—4,7	—	—	0,0	14,6	8,92	86	—	6,2	1,2	—	—	5
Pelogeen, 1	"	4,9—5,2	—	—	—	—	—	—	—	6,0	—	35,6	4	4
Avavesi, 2	4,0	0—1	—	—	0,0	14,9	—	—	—	6,2	5,9	34,8	17	5
"	"	3,4—3,7	—	—	0,0	14,6	9,05	94	—	6,2	2,6	18,5	14	5
Pelogeen, 2	"	3,9—4,2	—	—	—	—	—	—	—	6,2	—	20,7	—	5
Taimevõõde, 3	0,6	0—0,5	—	0,6	—	14,9	8,91	86	—	6,2	2,9	22,9	10	4
9.—11. novembrini 1971														
Avavesi, 1	5,1	0—1	—	—	2,0	2,2	12,2	88	2,5	6,15	3,1	17,6	18	5
"	"	4,7—5,0	—	—	0,5	3,0	11,9	88	2,5	6,05	4,1	26,7	15	5
Pelogeen, 1	"	5,0—5,3	—	—	—	—	—	—	7,0	6,0	4,7	26,7	17	7
Avavesi, 2	5,0	0—1	roheline	4,6	0,0	2,4	12,1	88	2,2	6,0	3,9	17,6	22	6
"	"	4,6—4,9	—	—	0,0	3,8	11,4	86	3,0	5,8	3,4	20,8	16	6
Pelogeen, 2	"	4,9—5,2	—	—	—	—	—	—	7,0	6,05	1,3,1	41,6	32	8
Taimevõõde, 3	0,5	0—0,4	—	0,5	0,0	2,2	12,1	88	2,5	6,05	3,2	14,8	22	5
4.—16. märtsini 1972														
Avavesi, 1	4,8	0—0,7	hallikas- roheline	4,8	2,5	0,4	9,22	63	9,3	5,7	3,9	15,7	25	5
"	"	4,4—4,7	—	—	2,0	4,2	2,30	17	10,9	5,8	4,7	18,5	25	5
Pelogeen, 1	"	4,7—5,0	—	—	—	—	—	—	10,4	6,0	6,4	28,5	22	12
Avavesi, 2	4,8	0—0,7	hallikas- roheline	4,8	0,5	1,0	9,82	69	8,1	5,7	4,2	18,5	23	5
"	"	4,4—4,7	—	—	1,0	4,4	2,02	15	11,3	5,6	3,3	12,1	27	5
Pelogeen, 2	"	4,7—5,0	—	—	—	—	—	—	11,8	5,9	6,0	25,6	23	14
Taimevõõde, 3	0,7	0—0,1	—	0,8	—	0,2	9,4	64	10,6	5,6	5,2	21,4	24	5



Tabel 2

## Biogeensete elementide ja enamioonide kontsentratsioon Pikkjärves

Proovi võtmise koht ja vaatluspunkt	Fe	N	P	Si	A	SO <sub>4</sub> <sup>''</sup>	Cl <sup>'</sup>	Ca <sup>''</sup>	Mg <sup>''</sup>	Na <sup>'</sup>	K <sup>'</sup>	Σ <sub>i</sub>
	mg/l				mg-ekv/l mg/l							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	9.—12. septembrini 1971											
Avavesi, 1	0,08	0,1	0,02	0,1	0,10/6,1	0,02/1	0,06/2	0,11/2,2	0,01/0,1	0,04/0,8	0,01/0,4	13
"	0,06	0,15	0,04	0,3	0,09/5,5	0,02/1	0,06/2	0,11/2,2	0,02/0,2	0,04/0,8	0,01/0,4	12
Pelogeen, 1	0,1	0,1	0,03	0,2	0,14/8,5	0,02/1	0,06/2	0,1/2	0,01/0,1	0,03/0,7	0,01/0,4	15
Avavesi, 2	0,06	0,1	0,02	0,2	0,10/6,1*	0,02/1	0,04/1	0,11/2,2	0,02/0,2	0,04/0,8	0,01/0,4	12
"	0,04	0,1	0,04	0,2	0,10/6,1	0,02/1	0,06/2	0,11/2,2	0,02/0,2	0,04/0,8	0,01/0,4	13
Pelogeen, 2	0,06	0,1	0,02	0,1	0,25/15	0,02/1	0,06/2	0,22/4,4	0,00/0,0	0,03/0,7	0,01/0,4	24
Taimevööde, 3	0,07	0,15	0,03	0,2	0,07/4,3	0,02/1	0,08/3	0,11/2,2	0,01/0,1	0,04/0,8	0,01/0,4	12
	9.—11. novembrini 1971											
Avavesi, 1	0,02	0,1	0,02	0,2	0,12/7,3	0,02/1	0,08/3	0,09/2	0,03/0,4	0,03/0,7	0,01/0,4	15
"	0,03	0,1	0,04	0,2	0,12/7,3	0,02/1	0,08/3	0,09/2	0,02/0,2	0,03/0,7	0,01/0,4	15
Pelogeen, 1	0,07	0,1	0,03	0,2	0,15/9,2	0,04/2	0,1/4	0,09/2	0,02/0,2	0,03/0,7	0,01/0,4	18
Avavesi, 2	0,03	0,2	0,04	0,2	0,12/7,3*	0,02/1	0,09/3	0,10/1,8	0,02/0,2	0,03/0,7	0,01/0,4	14
"	0,03	0,1	0,04	0,2	0,13/7,9	0,05/2	0,09/3	0,10/1,8	0,02/0,2	0,03/0,7	0,01/0,4	16
Pelogeen, 2	0,04	0,15	0,04	0,1	0,15/9,2	0,04/2	0,22/7,8	0,09/2	0,05/0,6	0,03/0,7	0,01/0,4	23
Taimevööde, 3	0,02	0,1	0,38	0,2	0,12/7,3	0,02/1	0,09/3	0,10/1,8	0,02/0,2	0,03/0,7	0,01/0,4	14
	14.—16. märtsini 1972											
Avavesi, 1	0,03	0,1	0,06	0,1	0,11/6,7	0,06/3	0,08/3	(0,20)**	—	0,047/1,1	0,028/1,1	—
"	0,45	0,1	0,03	0,1	0,15/9,2	0,08/4	0,08/3	0,13/2,6	0,01/0,1	0,04/0,8	0,01/0,4	20
Pelogeen, 1	0,43	0,2	0,05	0,2	0,13/7,9	0,03/1	0,09/3	0,12/2,4	0,01/0,0	0,04/0,8	0,01/0,6	16
Avavesi, 2	0,04	0,1	0,04	0,1	0,11/6,7	0,04/2	0,08/3	0,13/2,6	0,05/0,6	0,043/1,0	0,02/0,7	17
"	0,26	0,15	0,05	0,5	0,12/7,3	0,05/2	0,07/2	0,10/2,0	0,06/0,7	0,04/0,8	0,02/0,7	16
Pelogeen, 2	0,14	0,1	0,05	0,2	0,14/8,5	0,04/2	0,10/3,5	0,10/2,0	0,05/0,6	0,04/0,8	0,01/0,5	18
Taimevööde, 3	0,03	0,15	0,03	0,2	0,12/7,3	0,12/6	0,12/4,3	0,20/4,0	0,04/0,5	0,061/1,4	0,028/1,1	24

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
16.—18. maini 1972												
Avavesi, 1	0,06	0,1	0,03	0,15	0,09/5,5	0,10/4,8	0,05/2	0,10/2,0	0,04/0,5	0,03/0,7	0,01/0,5	16
"	0,09	0,1	0,04	0,2	0,11/6,6	0,10/4,8	0,05/2	0,10/2,0	0,02/0,2	0,03/0,7	0,01/0,5	17
Pelogeen, 1	0,13	0,2	0,04	0,2	0,12/7,3	0,15/7,4	0,06/2	0,13/2,6	0,02/0,2	0,04/0,8	0,00/0,0	20
Avavesi, 2	0,00	0,1	0,02	0,15	0,09/5,5*	0,10/5,0	0,05/2	0,10/2,0	0,02/0,2	0,03/0,7	0,01/0,5	16
"	0,06	0,1	0,02	0,2	0,08/5,0	0,10/5,0	0,05/2	0,10/2,0	0,04/0,5	0,03/0,7	0,01/0,4	16
Pelogeen, 2	0,08	0,1	0,03	0,2	0,13/7,9	0,16/7,5	0,06/2	0,12/2,4	0,04/0,5	0,03/0,7	0,00/0,0	21
Taimevööde, 3	0,06	0,1	0,02	0,15	0,10/6,1	0,11/5,2	0,05/2	0,10/2,0	0,02/0,2	0,03/0,7	0,01/0,5	17
6.—8. juulini 1972												
Avavesi, 1	0,11	0,1	0,04	0,25	0,09/5,5	0,11/5,3	0,05/2	0,11/2,2	0,02/0,2	0,03/0,7	0,01/0,4	16
"	0,13	0,2	0,05	0,5	0,10/6,1	0,10/4,8	0,04/2	0,10/2,0	0,04/0,5	0,03/0,7	0,01/0,4	16
Pelogeen, 1	0,18	0,4	0,05	0,4	0,10/6,1	0,07/3,6	0,04/2	0,12/2,4	0,02/0,2	0,04/0,8	0,01/0,4	15
Avavesi, 2	0,07	0,1	0,04	0,3	0,09/5,5	0,13/6,0	0,04/2	0,11/2,2	0,03/0,4	0,03/0,7	0,01/0,4	17
"	0,05	0,4	0,05	0,1	0,09/5,5	0,12/5,8	0,04/2	0,11/2,2	0,03/0,4	0,03/0,7	0,01/0,4	17
Pelogeen, 2	0,13	0,2	0,05	0,6	0,13/7,9	0,07/3,6	0,04/2	0,12/2,4	0,02/0,2	0,04/0,8	0,01/0,4	17
Taimevööde, 3	0,18	0,15	0,04	0,1	0,09/5,5	0,13/6,0	0,04/2	0,11/2,2	0,03/0,4	0,03/0,7	0,01/0,4	17
17.—19. oktoobrini 1972												
Avavesi, 1	0,07	0,3	0,04	0,3	0,11/6,7	0,02/1	0,04/2	0,10/2,0	0,02/0,2	0,04/0,8	0,01/0,5	13
"	0,15	0,2	0,06	0,3	0,10/6,1	0,09/4	0,05/2	0,10/2,0	0,02/0,2	0,04/0,8	0,01/0,6	16
Pelogeen, 1	0,15	0,2	0,08	0,3	0,10/6,1	0,06/3	0,05/2	(0,09)**	—	0,04/0,8	0,008/0,3	—
Avavesi, 2	0,04	0,2	0,04	0,2	0,10/6,1*	0,04/2	0,04/2	0,10/2,0	0,02/0,2	0,04/0,8	0,01/0,5	14
"	0,07	0,5	0,08	0,2	0,10/6,1	0,02/1	0,05/2	0,09/2	0,02/0,2	0,04/0,8	0,01/0,5	13
Pelogeen, 2	0,04	0,5	0,08	0,2	0,10/6,1	0,04/2	0,09/3	(0,10)**	—	0,04/0,8	0,008/0,3	—
Taimevööde, 3	0,2	0,1	0,04	0,2	0,10/6,1	0,03/1	0,09/3	0,09/2	0,03/0,4	0,04/0,8	0,01/0,5	14

\* — interpoleeritud väärtused

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

Tabel 3

## Mikroelementide kontsentratsioon Pikkjärves, µg/l

koht ja vaatluspunkt	Proovi võtmise		Al	Mn	Cu	Ni	Pb	Mo	V
	veekiht	aeg							
Avavesi, 1	pinnakiht	12. IX 1971	2,4	3,0	7,8	2,0	0,0	0,2	0,0
Avavesi, 1	põhjakiht	"	4,0	2,8	10,0	1,8	0,0	0,0	0,0
Pelogeen, 1	mudavesi	"	200	16,5	35,8	2,3	11,7	0,1	1,0
Avavesi, 2	pinnakiht	"	2,6	0,6	9,9	0,5	0,0	0,1	0,0
Avavesi, 2	põhjakiht	"	1,5	1,1	6,0	1,3	0,0	0,7	0,0
Pelogeen, 2	mudavesi	"	68	13,0	25,0	0,9	11,0	2,3	0,0
Taimevõode, 3	pinnakiht	"	4,1	0,6	8,4	1,9	6,9	0,0	0,0
Avavesi, 1	pinnakiht	11. XI 1971	5,2	5,4	6,7	1,6	0,0	0,5	0,0
Avavesi, 1	põhjakiht	"	11,3	4,7	4,7	1,9	0,0	0,4	0,0
Pelogeen, 1	mudavesi	"	200	13,8	32,3	2,8	12,7	0,3	0,0
Avavesi, 1	põhjakiht	16. III 1972	15,4	16,7	24,2	3,3	0,0	0,0	0,0

ka vee pinna- ja põhjakihi. Mudavesi on orgaanilise aine sisalduselt oluliselt rikkam kui järve muu vesi: permanganaatne oksüdeeritavus on 5—13 ja dikromaatne 13—42 mg O/l. Kergemini oksüdeerivate ainete suuremast suhtelisest sisaldusest annab tunnistust kõrgem oksüdeeritavusprotsent (17—61). Kui lähtuda orgaanilise aine kontsentratsioonist vees (Simm, 1955), siis kuulub Pikkjärv oligohumoosesse rühma. Vee nõrk omavärvus, madal oksüdeeritavusprotsent ja madal humifitseerumistasaste annavad tunnistust autohtoonse orgaanilise aine domineerimisest järves ning tõeliselt lahustunud orgaaniliste ainete fraktsiooni prevaleerimisest orgaanilise aine koostises.

Ka mineraalainete poolest on Pikkjärve vesi üks vaesemaid Eestis (Eesti järved, 1968). Enamioonide summa vees moodustab vaid 12—24 mg/l. Nii laiuti kui ka sügavuti on järv nende ionide poolest homogeenne. Ainult kaaliumioonidesisaldus on mudavees sageli 0,01 mg-ekv/l madalam kui teistes veekihtides. Enamioonide kontsentratsioonide amplituudid on väga väikesed. Vee üldaluselisus on 0,07—0,25 mg-ekv/l, sulfaatioone leidub 0,02—0,12, kloriidioone 0,04—0,10, kaltsiumioone 0,09—0,22, naatriumioone 0,03—0,06, magneesiumioone 0,00—0,06 ja kaaliumioone 0,00—0,03 mg-ekv/l. Anioonidest domineerivad vesinikkarbonaatioonid (20—30 ekv.-%), millel on valdav osa üldaluselisuses, ja kationidest — kaltsiumioonid (20—30 ekv.-%). Kuigi H. Riikoja ja H. Simmi varasemad andmed enamioonide kontsentratsiooni kohta selles järves on liialt napid, võib siiski oletada, et mineraalainetesisaldus vees ei ole vahepeal muutunud.

Kui lähtuda vee ionikoostisest ja enamioonide kontsentratsioonist, siis kuulub Pikkjärv O. Alekini klassifikatsiooni (Алекин, 1970) järgi vesinikkarbonaatse klassi kaltsiumi rühma II (I) tüüpi ja teda iseloomustab vee indeks  $C_{II(I)0,02}^{Ca 0,1}$ .

Biogeensete elementide anorgaanilisi ühendeid leidub Pikkjärve vees pidevalt. Lähtudes nende kontsentratsioonist reostumata pinnaveses, võib lämmastikuühendite ( $NO_3^- + NO_2^-$ ) sisaldust (0,1—0,5 mg N/l) hinnata kõrgenenuks, fosforiühendite ( $H_2PO_4^- + HPO_4^{2-}$ ) sisaldust (0,02—0,08 mg P/l) keskmiseks ja räniühenditesisaldust (0,1—0,3 mg Si/l) madalaks. Vee pinnakihi võrreldes on põhjakiht sageli 0,01—0,02 mg P/l võrra rikkam, vahetevahel ka 0,1—0,2 mg/l võrra lämmastiku- ja räni rikkam. Vee põhjakiht ja mudavesi ei erine enamasti biogeensete

elementide anorgaaniliste lahustunud ühendite kontsentratsioonilt. Varem on lämmastiku ja fosfori anorgaaniliste lahustunud ühendite sisaldust Pikkjärve vees uuritud 1956. aasta septembris. Tol ajal oli nende elementide ühendite kontsentratsioon praegugi kasutatud analüüsimeetodite tundlikkusest madalam.

Mikroelementidest leidub järves kõige enam rauda. Terav raua stratifikatsioon esineb ainult talvel, mil tema kontsentratsioon vee põhjakihi (kuni 0,45 mg/l, mis on ühtlasi järve vee raudsisalduse ülempiir) ületab kümnekordselt kontsentratsiooni pinnakihi. Mudavesi on neist enamasti alati mõne sajandiku mg/l võrra rauarikkam. Lindpere trükis avaldamata andmeil\* akumulereuvad mudas ka teised raskemetallid. Uuritud mikroelementidest sisaldab suveperioodil vee põhjakiht enamasti ainult niklit (üldsisaldus 0,5—3,3 µg/l) enam kui pinnakiht. Mudavesi on kõigi vees leitud mikroelementide poolest teistest kihtidest tunduvalt rikkam: alumiiniumi leidub vees 2—15 µg/l, mudavees 70—200 µg/l. Mangaani kontsentratsioon vees (0,6—17 µg/l) on ligikaudu 10 µg/l võrra ja vase kontsentratsioon (6—24 µg/l) 20—30 µg/l võrra madalam kui samal ajal mudavees. Molübdeeni on leitud vees kuni 0,7, mudavees kuni 2,3 µg/l. Plii puudub vees, kuid teda leidub kõigis mudaveeproovides 11—13 µg/l. Vanaadiumi on leitud ainult järve põhjaosa sügavaima koha mudaveest (1 µg/l). Hõbeda, vismuti, tina ja koobalti olemasolu ei läinud kasutatud analüüsimeetodi abil korda kindlaks teha.

Vajab märkimist, et mudavesi on just järve põhjapoolses osas (vaatluspunkt 1, joon. 1) kõigi leitud mikroelementide poolest, välja arvatud molübdeen, rikkam kui järve lõunapoolses osas (vaatluspunkt 2). Võib oletada, et muda pindmiseim kiht on alles hiljuti rikastunud nende elementidega inimtegevuse tagajärjel, sest järve põhjakaldal asub allveespordi baas ja supelrand ning veel mõni aasta tagasi oli kallas avatud ka mootorsõidukeile. Kuna veevahetus järve lõuna- ja põhjaosa vahel on saarte tõttu takistatud, raskemetallide ühendid aga lahustuvad vees vähe, on nad akumulereunud eelkõige järve põhjaosa mudas.

Varem oligotroofsena tuntud Pikkjärv (Mäemets, 1971) on hakanud viimastel aastatel eutrofeeruma, millest annavad tunnistust vee läbipaistvuse vähenemine, lämmastiku- ja fosforiühendite suurenenud sisaldus ja ka järve gaasirežiim.

### Järve hüdrokeemiline režiim

Järve gaasirežiim (joon. 2, 3) allub olenevalt aastaajast eri teguritele. Temperatuur kui veemasside segunemist määrav tegur mõjustab järve gaasirežiimi peamiselt jäävabal ajal. Kuigi fütoplanktoni hulk on väike ja liigivaene ning vee õitsemist ei esine (Eesti järved, 1968), mõjustab gaasirežiimi suvist aspekti järves siiski ka fotosüntees. Gaasirežiimi talvine aspekt pole seletatav napi planktonproduktiooni mineraliseerumisega. Arvatavasti on talvise aspekti kujunemises oluline osa makrofüütse orgaanilise aine lagunemisel, kuna makrofüüdid hõivavad umbes neljandiku järvest (Eesti järved, 1968).

Temperatuuri mõju järve hapnikurežiimile on määrav kogu jäävaba aja kestel, eriti aga kevadel ja sügisel. Vee jahenemisega septembrini novembrini 11—13° kaasneb hapnikusalduse tõus 2—3 mg/l võrra. Suheline hapnikudefitsiit, mille määrab oksüdatsiooni ja fotosünteesi inten-

\* A. Линдпере, Химический состав поверхностного слоя сапропеля озёр Вийтна. Кäsikiri, ENSV TA Zoologia ja Botaanika Instituudis.

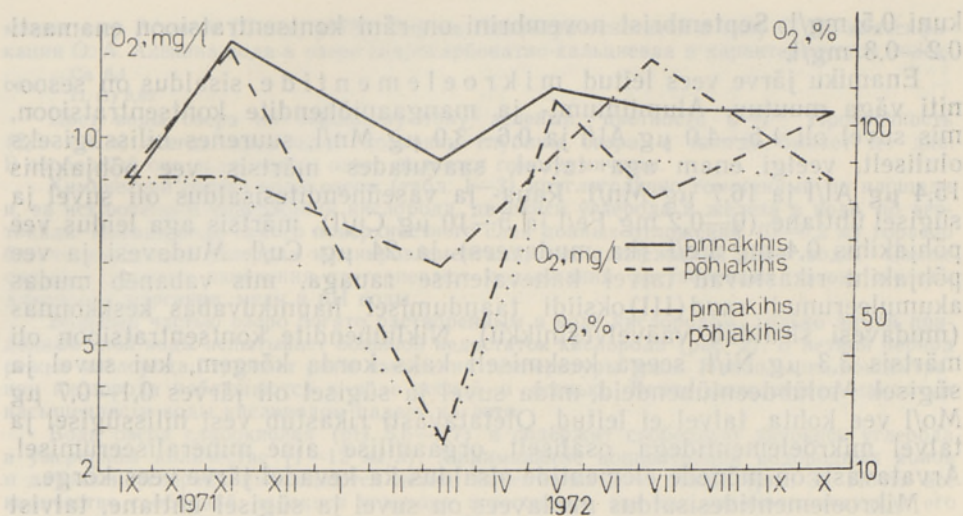


siivsuse tasakaal, on septembris, oktoobris ja novembris püsivalt 13% ringis. Absoluutne hapnikudefitsiit aga suureneb septembrist oktoobrini 1 mg/l võrra ning ulatub kuu teisel poolel 2 mg O<sub>2</sub>/l, mis viitab fotosünteesi produktiivsuse vähenemisele sel perioodil. Alles oktoobrist novembrini tõuseb vees lahustunud hapniku sisaldus kooskõlas veetemperatuuri langusega, kusjuures nii absoluutne kui ka suhteline hapnikudefitsiit jääb konstantseks. Lahustumise ja fotosünteesiga määratud hapnikusisaldusel on kaks maksimumi: üks neist langeb hilissügisesse (novembrisse), teine kevadesse (maisse). Hapnikku leidub neil aegadel vees 11–12 mg/l. Maksimaalset vee hapnikuga küllastumist ja üleküllastumist, mis on põhjustatud fotosünteesist, täheldati suvel. Nii saavutas vee pinnakihi küllastumus 1972. aasta juulis 118% (10,4 mg O<sub>2</sub>/l). Vee küllastumus hapnikuga ja ühtlasi ka hapnikusisaldus vee põhjakihis (2 mg O<sub>2</sub>/l) on minimaalsed talve lõpul. Talve jooksul tarbib vee põhjakihis toimuv oksüdatsioon ära üle 80% sügisel talletunud hapnikust. Vee pinnakiht talvel hapniku puuduse all arvatavasti ei kannata. Vaatluse ajal, mis langes küll ühte lume sulamisega, sisaldas vesi 9–10 mg O<sub>2</sub>/l.

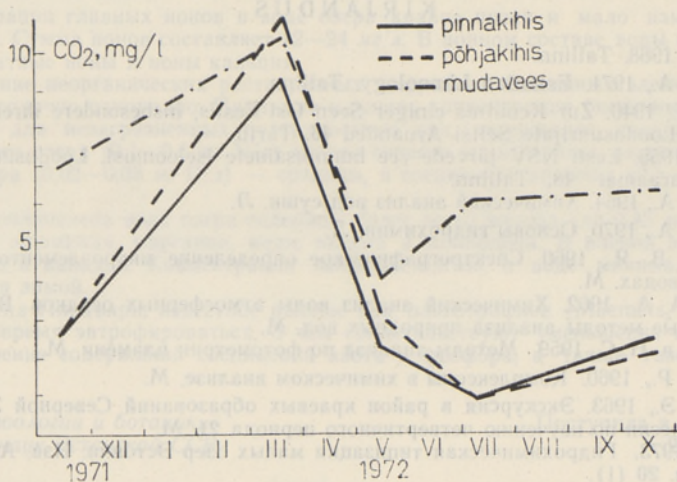
Kuna vaba süsihappegaasi sisaldus järve vees ületab alati mitmekordselt atmosfääriga tasakaalulise kontsentratsiooni, kajastab süsihappegaasi ja pH sesoonne režiim fotosünteesi ja bioloogilise oksüdatsiooni tasakaalu muutumise rütmi. Talvel, kui fotosüntees vaibub ning järve ja atmosfääri vaheline gaasivahetus on takistatud, rikastub vesi oksüdatsiooni tagajärjel maksimaalselt süsihappegaasiga (8–11 mg/l), millega kaasneb vee pH langus 5,6–5,8 piiresse. Südasuveks, mil saabub sesoonne miinimum, väheneb süsihappegaasi ja vesinikioonide kontsentratsioon vees kümnekordselt. Kevadel ja sügisel on järve vee pH ja süsihappegaasisisaldus vahepealsed, kõikides enamasti 6,0–6,2 pH ja 2–3 mg CO<sub>2</sub>/l piires.

Süsihappegaasisisalduse ja pH sesoonsed muutused mudavees ei ühti täielikult ei ajas ega amplituudilt muutustega veekihtides (joon. 3). Mudavee koostisele avaldab olulist mõju mudale spetsiifiline mikroorganismide, eriti saprofüütide massi dünaamika. Lisaks sellele mõjustab fotosüntees mudavee koostist ülal asuva veekihiga võrreldes vähem. Neil põhjusil langeb süsihappegaasisisalduse miinimum mudavees (4 mg/l) maikuuks, mil mutta on alles vähe ladestunud värsket orgaanilist ainet. Juulis, mil vesi sisaldab aasta lõikes kõige vähem süsihappegaasi, sisaldab muda juba 6–10 mg CO<sub>2</sub>/l. Edasi jääb süsihappegaasisisaldus mudavees püsivaks kuni järve jäätumiseni, millele järgneb gaasi akumulatsioon ja gaasisisalduse kevadtalvine maksimum (10–12 mg/l).

Orgaanilise aine kontsentratsioon on kevadel ja suvel järve vees madalam kui sügisel ja talvel. Kergemini oksüdeeruva fraktsiooni hulk (permanganaatne oksüdeeritavus) ja suhteline sisaldus vees on maksimaalne suurvee languse perioodil. Nii oli maikuuks vee permanganaatne oksüdeeritavus 4–5 mg O/l ja suhteline oksüdeeritavus permanganaadiga 37–43%. Permanganaatse oksüdeeritavuse mõningat tõusu kevadel võib põhjustada allohtoonne orgaaniline aine. Suvised ja varasügisese mõõna perioodil sisaldab järve vesi kergemini oksüdeeruvaid orgaanilisi aineid 1–2 mg O/l vähem ja avavee suhteline oksüdeeritavus permanganaadiga ei ületa 25%. Sügisel vihmaperioodil kandub valgalalt järve jälle kergemini oksüdeeruvaid orgaanilisi aineid, millega kaasneb uus vee permanganaatse oksüdeeritavuse tõus hilissügisel. Kuna selleks ajaks on vesi maksimaalselt rikastunud raskemini oksüdeeruva autohtoonse orgaanilise ainega, ei tõuse oksüdeeritavusprotsent üle 22. Talvel on vee oksüdeeritavusprotsent 23–27. Tõus on peamiselt põhjustatud raskemini oksüdeeruva fraktsiooni vähenemisest settimise ja muundumise tõttu.



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



Joon. 3. Süsihappegaasi kontsentratsioon vaatluspunktis 1.

Enamioonide sesoonse režiimi amplituud on väga madal. Neid kõiki, välja arvatud sulfaatioone, leidub vees maksimaalselt talvel. Muul ajal perioodilised muutused enamioonidesalduses kas puuduvad või on väevu märgatavad. Mudavees on valdavad ioonid sesooniti püsivad.

Fosfori- ja lämmastikuühendite sesoonse režiim pole järves välja kujunenud. Nende elementide lahustunud anorgaaniliste ühendite sisalduse suurenemise tendentsi oli märgata kogu vaatlusperioodi kestel. Näib tõenäoline, et vee rikastumine nende elementide ühenditega on põhjustanud järve ja ümbruse üha intensiivistuv kasutamine puhkepaigana, kusjuures kõrgel foonil kulgevad väikesed sesoonsed muutused on varjatud.

Ränisisaldus vees on kõige madalam talvel ja kevadel — 0,1—0,2 mg Si/l. Suvel rikastub vesi räniga maksimaalselt, sisaldades seda

kuni 0,5 mg/l. Septembrist novembrini on räni kontsentratsioon enamasti 0,2—0,3 mg/l.

Enamiku järve vees leitud mikroelementide sisaldus on sesooniti väga muutuv. Alumiiniumi- ja mangaaniühendite kontsentratsioon, mis suvel oli 1,5—4,0 µg Al/l ja 0,6—3,0 µg Mn/l, suurenes hilissügiseks oluliselt, veelgi enam aga talvel, saavutades märtsis vee põhjakihis 15,4 µg Al/l ja 16,7 µg Mn/l. Raua- ja vaseühenditesisaldus oli suvel ja sügisel ühtlane (0—0,2 mg Fe/l ja 5—10 µg Cu/l), märtsis aga leidus vee põhjakihis 0,4 mg Fe/l (ka mudavees) ja 24 µg Cu/l. Mudavesi ja vee põhjakiht rikastuvad talvel kahevalentse rauaga, mis vabaneb mudas akumuldeerunud raud(III)oksiidi taandumisel hapnikuvabas keskkonnas (mudavesi sisaldab väävelvesinikku). Nikliühendite kontsentratsioon oli märtsis 3,3 µg Ni/l, seega keskmiselt kaks korda kõrgem, kui suvel ja sügisel. Molübdeeniühendeid, mida suvel ja sügisel oli järves 0,1—0,7 µg Mo/l vee kohta, talvel ei leitud. Oletatavasti rikastub vesi hilissügisel ja talvel mikroelementidega osaliselt orgaanilise aine mineraliseerumisel. Arvatavasti on mõnede elementide sisaldus ka kevadel järve vees kõrge.

Mikroelementidesisaldus mudavees on suvel ja sügisel ühtlane, talvist aspekti pole uuritud (välja arvatud raua osas),

Mikroelementide sesoone režiimi ammendavaks käsitlemiseks tuleb jätkata nende sisalduse uurimist kevadel ja talvel.

#### KIRJANDUS

- Eesti järved, 1968. Tallinn.
- Mäemets A., 1971. Estonian Limnology. Tallinn.
- Riikoja H., 1940. Zur Kenntnis einiger Seen Ost-Eestis, insbesondere ihrer Wasserchemie. Loodusuurijate Seltsi Aruanded 46, Tartu.
- Simm H., 1955. Eesti NSV järvede vee huumusainete iseloomust. Loodusuurijate Seltsi Aastaraamat 48, Tallinn.
- 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.
- Полуэктов Н. С., 1959. Методы анализа по фотометрии пламени. М.
- Пршибил Р., 1960. Комплексоны в химическом анализе. М.
- Ряхни Э. Э., 1963. Экскурсия в район краевых образований Северной Эстонии. Тр. Комиссии по изучению четвертичного периода 21. М.
- Симм Х., 1973. Гидрохимическая типизация малых озер Эстонии. Изв. АН Эст. ССР. Биол. 20 (1).
- Фесенко Н. Г., 1955. Определение кальция в природных водах комплексометрическим титрованием в присутствии мурексида как индикатора. Гидрохим. материалы 23.
- Штуковская Н. П., 1948. Сб. науч. работ санит.-гигиен. инст. I. М.-Л.
- Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetusse saabunud  
Zooloogia ja Botaanika Instituut 28. VI 1973

Henno STARAST, Uno MÄLGI, Aini LINDPERE, Helle SIMM

#### ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ОЗЕРА ВИЙТНА ПИККЪЯРВ

##### Резюме

Непроточное оз. Вийтна Пиккъярв питается главным образом грунтовой водой, формирующей свой химический состав путем инфильтрации атмосферных осадков через песок и гравий, не содержащих карбонаты. Соответственно гидрохимической типизации

малых озер Эстонии (Симм, 1973), Вийтна Пиккъярв относится к типу С. По классификации О. А. Алекина вода в озере гидрокарбонатно-кальциевая и характеризуется индексом  $C_{Ca} 0,1$   
II (1) 0,02'

Цвет воды озера по основному тону зеленый, цветность 5—7°. Прозрачность (2,5—4,8 м) всегда превышает половину глубины озера, а иногда бывает до дна. В свободный ото льда период озеро является гомотермичным.

Химический состав воды озера (табл. 1—3) круглогодично гомогенный по площади и, за исключением содержаний кислорода, двуокиси углерода и железа в воде, по вертикали. Илевая вода самого поверхностного слоя донных отложений (0—0,2 м) гораздо богаче двуокисью углерода и микроэлементами, чем надлежащий слой воды. Самые сильные сезонные изменения претерпевают содержания растворенных газов, железа, алюминия, марганца, меди и рН воды.

Большой частью озеро богато растворенным в воде кислородом. Только зимой придонный слой воды испытывает большой недостаток кислорода (рис. 2). В летний период режим кислорода отражает ритм изменения температуры воды. Наибольшие концентрации кислорода наблюдаются в воде весной и осенью. Ввиду фотосинтеза максимум насыщенности воды кислородом падает на лето.

Вода озера слабокислая (рН 5,6—6,7) и содержит свободную двуокись углерода в умеренном количестве (1—12 мг/л). Минимальные концентрации водородных ионов и двуокиси углерода наблюдаются летом, максимальные — зимой (рис. 3). Почти все количество свободной двуокиси углерода агрессивное, так как уравнивающая его концентрация гидрокарбоната кальция крайне низкая.

Сероводород в воде озера обычно не наблюдается, но зимой в илевой воде имеется.

Концентрация истинно растворенного и коллоидного органических веществ в воде озера круглогодично низкая (бихроматная окисляемость 8—27 мг О/л). В составе преобладает вещество автохтонного происхождения. Количество триптона и планктона не более 5 мг/л.

Концентрации главных ионов в воде озера крайне низки и мало изменяются по сезонам года. Сумма ионов составляет 12—24 мг/л. В ионном составе воды преобладают гидрокарбонатные ионы и ионы кальция.

Содержание неорганических растворенных соединений биогенных элементов в воде озера круглогодично однородно. Принимая в основу концентрации биогенных элементов, характерных для незагрязненных поверхностных вод, содержание соединений азота в воде данного озера (0,1—0,5 мг N/л) можно считать повышенным, содержание соединений фосфора (0,02—0,08 мг P/л) — средним, и соединений кремния (0,1—0,3 мг Si/л) — низким.

Из микроэлементов вода озера содержит более всего железа (до 0,45 мг/л), в меньшей мере — алюминия, марганца, меди, никеля и молибдена. В илевой воде найдены также свинец и ванадий. Концентрация микроэлементов в воде минимальная летом, максимальная зимой.

Оз. Вийтна Пиккъярв, известное раньше как олиготрофное (Mäemets, 1971), стало в последнее время эвтрофироваться, о чем свидетельствуют уменьшение прозрачности воды, увеличение содержания соединений азота и фосфора, а также газовый режим озера.

Институт зоологии и ботаники  
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию  
28/VI 1973

Henno STARAST, Uno MÄLGI, Aini LINDPERE, Helle SIMM

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

### Summary

Lake Viitna Pikkjärvi is a seepage lake which feeds chiefly on the phreatic water whose composition is formed by the percolation of precipitation water through sand and gravel free from carbonates. According to the hydrochemical typology of Estonian lakes, the lake under consideration belongs to type C (Симм, 1973). According to the hydrochemical classification of O. Alekin, the lake belongs to the water bodies of the calcium group of hydrocarbonate class II (1) and is characterized by the water index  $C_{Ca} 0,1$   
II (1) 0,02'

The water of the lake is green in tone, the coloration being 5—7 degrees. Transparency (2.5 to 4.8 m) always exceeds a half of the depth of the lake, sometimes extending to its bottom. During the summer period the lake is homothermal.

Throughout the year the chemical composition of the water (Tables 1—3) is homogeneous both in the horizontal direction and, with regard to the majority of constituents (with the exception of oxygen, carbon dioxide and iron), also in the vertical direction. The mudwater of the surface layer of the bottom deposits is considerably richer in microelements and carbon dioxide than the water layer above it. The contents of dissolved gases, pH, iron, aluminium, manganese and copper are subject to strong seasonal dynamics.

The lake is for most of the time rich in oxygen (Fig. 2). During the summer period the oxygen regime is characterized by the rhythm of the changes in the temperature of the water. The oxygen content of the water is at its maximum in spring and in autumn. On account of photosynthesis, the degree of saturation of the water with oxygen is at its maximum in summer.

The pH of the lake water is slightly acid (5.6 to 6.7), the content of free carbon dioxide being moderate (1 to 12 mg/l). The concentration of hydrogen ions and of carbon dioxide is at its minimum in summer and at its maximum in winter (Fig. 3). Nearly total free carbon dioxide is aggressive since the concentration of the hydrocarbonate of calcium which balances carbon dioxide is extremely low. Hydrogen sulfide is as a rule lacking in the lake water, but it occurs in the mudwater in winter.

The concentrations of dissolved and colloid organic substances in the lake water are low all the year round, dichromate oxydizability ranging from 8 to 27 mg O/l. Autochthonous substances predominate in the composition of the water. The amounts of tripton and plankton in the water do not exceed 5 mg/l.

The concentrations of major ions in the lake water are extremely low and undergo very small changes throughout the year. The total ion concentration accounts for 12 to 24 mg/l. Both hydrocarbonate and calcium ions are predominant in the ion composition.

The content of inorganic dissolved compounds of biogenic elements in the lake water is uniform throughout the year. Proceeding from the concentration of biogenic elements in unpolluted surface waters, the content of nitrogen compounds (0.1 to 0.5 mg N/l) may be considered as increased, the content of phosphorus compounds (0.02 to 0.08 mg P/l) may be regarded as medium, and the content of silicon compounds may be estimated as low.

Of the microelements, the lake water contains iron in the greatest amount (up to 0.45 mg/l), and other microelements (aluminium, manganese, copper, nickel and molybdenum) in small amounts. In addition, lead and vanadium have been established in mudwater. The concentration of microelements in the lake water is at its maximum in winter and at its minimum in summer.

Lake Viitna Pikkjärv has previously been known as an oligotrophic lake (Mäemets, 1971). In recent years it has begun to develop into a eutrophic lake. A decreased transparency, an increased content of nitrogen and phosphorus compounds as well as the gas regime of the lake testify to this process.

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

Received  
June 28, 1973

## Oiend

Erinevalt H. Starasti, U. Mälgi, A. Lindpere ja H. Simmi artiklis «Viitna Pikkjärve vee keemiline koostis ja hüdrokeemiline režiim» antud hinnangust tuleb fosforiühendite sisaldust (0,002—0,008 mg P/l) Viitna Pikkjärve vees pidada madalaks. Tekstis ja tabelis 2 avaldatud fosfori kontsentratsioonid on autorite süü tõttu tegelikest 10 korda suuremad.