

УДК 551.481.1 (547.68+543.74)

*Lia PAALME, Martin VOLL, Eha URBAS, Rein PALVADRE,
Ille JOHANNES, Uuve KIRSO*

PÕLEVKIVIRAJOONI MÕJUST PEIPSI JÄRVELE ATMOSFÄÄRI KAUDU

Peipsi järv kui Eesti suurim siseveekogu ja mageveeallikas on väga tähtis ka kalamajanduse ja rekreatsiooni seisukohalt. Järve vee ja kogu piirkonna puhtuse tagamine on oluline ülesanne nii Eestile IME tingimustes kui ka idakalda valdajale — Vene NFSV-le.

Peipsi järve seisundit on süstemaatiliselt uurinud mitmed teadusasutused, prioriteet kuulub Eesti Teaduste Akadeemia Zoologia ja Botaanika Instituudile. Seni on peatähelepanu pööratud vee sissevoolule järve, s. t. järve saastumisele vee kaudu. Kirde-Eestis paikneb kaks suurt soojuselektrijaama — Balti Soojuselektrijaam ja Eesti Elektrijaam (EEJ), koguvõimsusega 3200 MW. Võimsuse saavutamiseks põletatakse aastas ligikaudu 22 miljonit tonni kukersiitset põlevkivi. Eralduva lendtuha kogust hindavad spetsialistid 200 tuhandele tonnile [1]. Üsnagi tõenäone on õhku paisatavate saasteainete kandumine Peipsini. Lisaks soojuselektrijaamadele paiknevad samas piirkonnas — Kohtla-Järvel, Kiviõlis ja Slantsõs — põlevkivi töötlemise tehased.

Käesoleva töö eesmärk oli hinnata saasteainete atmosfäärse leviku osatähtsust Peipsi piirkonna reostumisel kantserogeensete mitmetuumaliste (polütsükliliste) areenidega (PA) ja mõningate anorgaaniliste sooladega. Selleks uuriti püsivat lumikatet, sest lumes neelduvad nii vees lahustuvad ained kui ka tolmu ja tuha osakestel adsorbeerunud hüdrofoobsed komponendid.

Metoodika

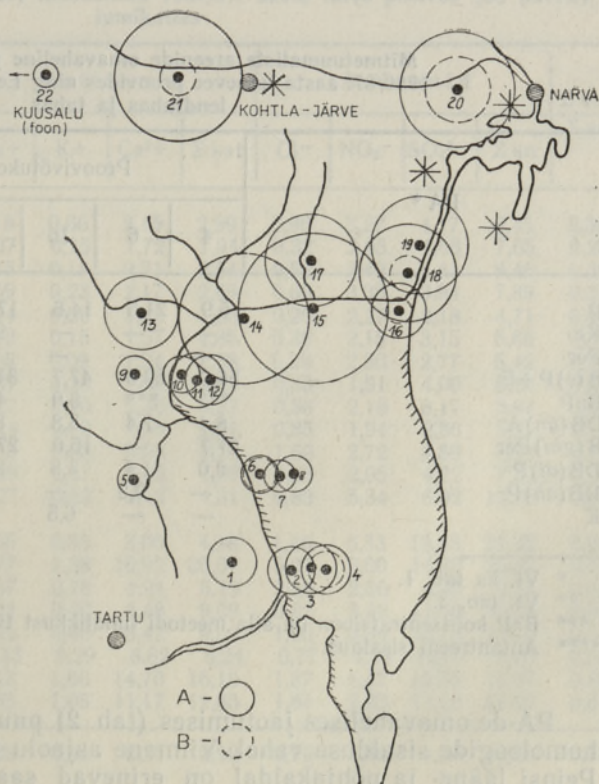
Lumeproovide võtmiseks kasutati Eesti TA Keemia Instituudis väljatöötatud metoodikat: koguti silindrilise proovivõtjaga (\varnothing 105 mm) lumi kuni maapinnani (jääni) üksteisest 4—5 m kaugusel asuvatest punktidest, mille pindala on 87 cm². Toatemperatuuril sulanud lumevee kogus kõikus vahemikus 900—3000 ml olenevalt lumikatte paksusest, tihedusest ja punktide arvust. See kogus oli küllaldane, et ühest osast ekstraheerida *n*-heksaaniga PA-de fraktsioon, milles kõrgsurve vedelikukromatograafi Perkin-Elmer 3B abil, paralleelselt ultraviolet- ja fluorestsentsdetektoriga määrata peamised komponendid [2]; PA indikaatorühendi benso(*a*)püreeni (BaP) määramiseks kasutati ka spektraal-luminestsents ehk nn. Spolski meetodit [3]. Järelejäänud lumevett analüüsiti Eesti TA Erikonstrueerimisbüroos valmistatud ionukromatograafil anioonide Cl⁻, NO₃⁻ ja SO₄²⁻ leidmiseks [4] ning aatom-adsorptsioonspektroskoopiliselt [5] katioonide K⁺, Na⁺, Ca²⁺ määramiseks. Et nimetatud määramismeetodid ja analüüsi käik on põhjalikult kirjeldatud viidatud trükistes, siis neil pikemalt ei peatuta.

Analüüsi tulemused

Mitmetuumalised areenid

Maapinna või veekogu identifitseeritud kantserogeenidega saastamise intensiivsus on põlevkivirajooni mõjupiirkonnas tunduvalt suurem kui mujal Peipsi lähikonnas (joon. 1, tab. 1). Kõigis kolmes uuritud punktis järve jääl langeb aastas ühele ruutmeetrile keskmiselt 0,06 mg PA-sid, samal ajal Utrias on vastav arv 0,17, normeeritud PA BaP kogus samas kohas 0,03 mg/m².

Toodud näitajad annavad tunnistust sellest, et kantserogeenid ei levi atmosfääri kaudu väga kaugele saasteallikast. Teiselt poolt puhuvad Eestis talvel valdavalt lääne-, edela- ja lõunatuuled, mis ilmselt kannavad kahjulikke aineid meie vabariigi territooriumilt välja. Selle väite tõestuseks olgu toodud M. Volli, M. Trapido, P. Luiga jt. [6, 7] andmed 1984. aasta talve lumikatte uurimisest. BaP reostuskoormuse intensiivsus (ng/m² ööpäevas) oli Slantsõ kombinadist kirdesse: 6 km kaugusel — 51,6, 15 km — 6,7, s.t. 14,7% ja 40 km — 2,7 ehk 5,2%. Sama seaduspärasust täheldasid autorid ka Kohtla-Järve kohta: 1 km kombinadist lõunasse oli BaP saastuse intensiivsus 125 ng/m² ööpäevas, 6 km kaugusel 3,7 ehk 3%. Kui põlevkivi ümbertöötamise tehaste atmosfäärsetes heitmetes kantserogeenid PA-d ei levi kuigi kaugele, siis mõlema SEJ puhul pole see nii ja nende mõjupiirkond on tunduvalt suurem. Samade autorite andmetel [6, 7] EEJ-st 10 km põhjasuunas on lumikattes määratud BaP-d 55, aga 5 km eemal 28 ng/m² ööpäevas; 30 km kaugusel küündib BaP saastuse intensiivsus 25 ng/m² ööpäevas.



Joon. 1. Lumeproovide kogumise punktid Peipsi järvel ja selle ümbruses 1986/87. aasta märtsis pärast 95 päeva kestnud pidevat lumikattet. A — summaarne anorgaaniliste anioonide sadenemise intensiivsus, ringi raadius sentimeetrites vastab 0,1 mg/m² ööpäevas (vt. tab. 3), B — summaarne kantserogeenide sadenemise intensiivsus, ringi raadius millimeetrites vastab 0,25 ng/m² ööpäevas (vt. tab. 1). Tärniga on tähistatud põlevkivitööstuse ettevõtted, tõenäosel saasteallikad.

Tabel 1

Peipsi järve ja ümbruse kantserogeenidega saastamise intensiivsus (ng/m² ööpäevas) mõõdetuna 1986/87. aasta talve püsivas (95 päeva) lumikattes ning PA-de kontsentratsioon Eesti Elektriijaama lendtuhas ja tuhas

PA (lühend)	Proovivõtukoht *						PA-d (µg/kg) EEJ	
	Varnja	Kallaste	Vasknarva	Karoli	Utria	Aa	lend- tuhas	tuhas
Püreen (P)	9,3	35,5	22,6	40,1	22,8	28,7	32,6	20,9
Krüseen (Kr)	—	—	—	21,3	26,1	56,5	62,9	—
Perülleen (Per)	—	—	—	—	76,2	—	—	—
Benso (e) püreen (BeP) + Fluor- anteenid (F)	88,4	114,4	74,0	74,1	98,0	62,3	—	10,6
Benso (a) püreen (BaP)	**	**	9,3	10,3	87,2	3,1	13,5	8,7
Dibens (ah) antratseen (DB (ah) A)	13,3	12,2	8,9	19,2	136,2	12,2	—	160,1
Bens (ghi) perülleen (B (ghi) Per)	43,8	—	24,1	65,4	26,1	24,5	191,0	12,2
Dibens (ai) püreen (DB (ai) P)	3,1	2,3	5,8	4,6	2,2	3,2	—	76,5
Dibens (ah) püreen (DB (ah) P)	—	0,21	—	—	—	—	—	—
Koroneen (K)	—	—	10,1	—	—	19,2	—	14,8***
Σ PA	157,9	164,6	154,8	235,0	474,8	209,7	300,0	407,6

* Vt. ka joon. 1 ja tab. 3.

** BaP kontsentratsioon on alla meetodi tundlikkust 10⁻⁹ g.

*** Antantreeni sisaldus.

Tabel 2

Mitmetuumaliste areenide omavaheline jaotumine (%)
1986/87. aasta lumevee proovides ning Eesti Elektriijaama
lendtuhas ja tuhas

PA *	Proovivõtukoht **						EEJ	
	4	6	16	18	20	21	lend- tuhas	tuhas
P	5,9	21,5	14,6	17,1	4,8	13,7	10,8	5,1
Kr	—	—	—	9,0	5,5	26,9	21,0	—
Per	—	—	—	—	16,1	—	—	—
B (e) P + F	56,0	69,5	47,7	31,5	20,6	29,7	—	1,1
BaP	***	***	6,0	4,4	18,3	1,6	4,5	2,1
DB (ah) A	8,4	7,4	5,8	8,2	28,7	5,8	—	39,2
B (ghi) Per	27,7	—	15,6	27,8	5,5	11,7	63,7	3,0
DB (ai) P	2,0	1,4	3,8	2,0	0,5	1,5	—	18,8
DB (ah) P	—	0,2	—	—	—	—	—	—
K	—	—	6,5	—	—	9,1	—	3,6****

* Vt. ka tab. 1.

** Vt. tab. 3.

*** BaP kontsentratsioon on alla meetodi tundlikkust 10⁻⁹ g.

**** Antantreeni sisaldus.

PA-de omavahelises jaotumises (tab. 2) puudub korrelatsioon erinevate homologide sisalduse vahel. Viimane asjaolu annab tunnistust sellest, et Peipsi lääne- ja põhjakaldal on erinevad saasteallikad. Kõigis uuritud

põlevkivirajooni punktides oli PA-de suhe küllaltki lähedane (tab. 2) ning erineb M. Trapido ja kaasautorite [6] andmetel oluliselt Tallinna linna piires määratud kantserogeenide sisaldusest ja jaotumisest. Nimelt osutus valdavaks (28—51%) PA-de esindajaks Tallinna lumikattes koroneen.

Otsest seost tabelis 1 toodud EEJ-i lendtuhas määratud kantserogeenide koguse ja tabelis 2 näidatud jaotumise ning põlevkivirajooni lumikattes leitud näitajate vahel ei olegi oodata, kuna PA-de homoloogide lagunemiskiirused tahkel kandjal päikesevalguse mõjul on suuresti erinevad. Seetõttu ei määragi üksikute PA-de kogust teatud piirkonnas mitte ainult kaugus saasteallikast, vaid ka selle konkreetse ühendi reaktsioonivõimelisus eelkõige fotoinitsieeritud oksüdeerimisele. Peamiselt selle protsessi tulemusena atmosfääris ja lume pinnal lagunevad tolmu ja tahma osakestel kui tahkel kandjal adsorbeerunud kantserogeenid.

Anorgaanilised ioonid

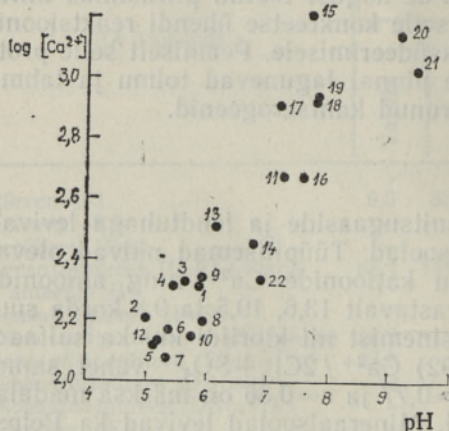
Tabel 3 ja joonis 1 näitavad, et suitsugaaside ja lendtuhaiga levivad üpris kaugele saasteallikast mineraalsoolad. Tüüpilisemad näivad olevat CaCl_2 ja CaSO_4 . Põlevkivirajoonis on katioonide Ca^{2+} ning anioonide Cl^- ja SO_4^{2-} langemise intensiivsus vastavalt 13,6, 19,5 ja 9,8 korda suurem kui fooni punktides. Kaltsiumi esinemist nii kloriidi kui ka sulfaadi kujul tõestab hea korrelatsioon ($r=0,92$) $\text{Ca}^{2+} / 2\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ vahel, samal ajal kui korrelatsiooni koefitsiendid $r=0,77$ ja $r=0,86$ on märksa madalamad $\text{Ca}^{2+} / \text{Cl}^-$ ja $\text{Ca}^{2+} / \text{SO}_4^{2-}$ puhul. Mineraalsoolad levivad ka Peipsi põhjaosani, eriti rohkesti langeb neid Rannapungerja ja Alajõe kanti (0,5 km kaldast, vt. tab. 3), pisut vähem kannatab Vasknarva ümbrus.

Tabel 3

Peipsi järve ja selle ümbruse atmosfäärse anorgaaniliste sooladega saastamise intensiivsus (mg/m^2 ööpäevas) mõõdetuna 1986/87. aasta talve püsivas (95 päeva) lumikattes

Proovi nr.	Proovivõtukoht ja selle kaugus kaldast km	Lume-vee pH	Katioonid				Anioonid				Σ kat Σ an
			Na+	K+	Ca^{2+}	Σ kat	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	Σ an	
1 Koosa		5,85	0,18	0,66	2,15	2,99	0,96	3,22	4,17	8,35	0,36
2 Varnja (0,5)		5,00	0,07	0,15	1,72	1,94	0,32	2,65	4,68	7,65	0,25
3 " (2)		5,68	0,15	0,18	2,21	2,54	0,56	2,49	3,41	8,46	0,30
4 " (5)		5,48	0,09	0,23	2,17	2,49	0,60	3,35	3,94	7,89	0,31
5 Saare		5,15	0,14	0,26	1,48	1,88	0,26	2,27	2,18	4,71	0,40
6 Kallaste (0,5)		5,35	0,13	0,15	1,57	1,85	0,36	2,15	3,15	5,66	0,33
7 " (2)		5,30	0,05	0,09	1,24	1,38	0,29	2,36	2,77	5,42	0,25
8 " (5)		5,95	0,07	0,20	1,65	1,92	0,33	1,91	4,00	6,24	0,31
9 Torma-Võtikvere		5,90	0,27	0,70	2,30	3,27	0,58	2,16	3,17	5,91	0,55
10 Mustvee (0,5)		5,80	0,14	0,32	1,55	2,01	0,85	1,94	2,86	5,65	0,36
11 " (2)		7,28	0,53	0,65	5,05	6,23	1,60	2,72	4,59	8,91	0,70
12 " (5)		5,25	0,09	0,47	1,43	1,99	0,63	2,95	4,22	7,80	0,26
13 Avinurme		6,20	0,27	0,62	3,42	4,31	0,82	5,34	6,02	12,18	0,35
14 Rannapungerja (0,5)		6,78	0,55	0,63	3,00	4,18	1,46	6,33	13,53	21,32	0,20
15 Alajõe (0,5)		7,70	1,77	1,38	16,92	20,07	5,07	6,00	14,30	25,37	0,79
16 Vasknarva (0,5)		7,58	0,47	0,78	4,94	6,19	2,39	2,30	4,45	9,14	0,68
17 Kivinõmme		7,20	0,21	0,40	8,48	9,09	0,82	3,42	11,08	15,32	0,59
18 Karoli		7,75	0,22	0,40	8,47	9,09	1,20	3,58	10,75	15,53	0,59
19 Kuningaküla		7,75	0,13	0,29	8,82	9,24	0,77	4,29	10,80	15,86	0,58
20 Utria		9,15	0,43	1,06	14,70	16,19	1,87	1,47	15,53	18,87	0,86
21 Aa		9,45	0,63	1,05	11,17	12,85	1,81	2,23	17,18	21,22	0,61
22 Kuusalu		6,90	0,29	0,41	2,20	2,90	0,76	1,44	1,76	3,96	0,73

Põlevkivirajooni atmosfääriheitmete mõju Peipsi järvele on märgatav veel Mustvee joonel (joon. 1, tab. 3). Peipsi põhjaosas, eriti Alajõe lähedal on kõrge ka teiste katioonide (Na^+ , K^+) kontsentratsioon (tab. 3). Peipsi läänekaldal (Kallaste, Varnja) on foonilähedane ionide kontsentratsioon, mis ilmselt järve seisundit ei halvenda, küll aga vajab märkimist küllaltki kõrge K^+ sadenemine Koosal ja Torma—Võtikveres. Selle ilmingu põhjused pole teada.



Lumevee pH tõuseb lõunast põhja, olles happeline kuni Avinurme—Rannapungerja jooneni, edasi aluseline. pH väärtus on loogilises seoses katioonide ja anioonide suhtega (korreleeruvad omavahel koefitsiendiga $r=0,86$) ja on põhiliselt määratud Ca^{2+} -ioonide kontsentratsiooniga sademetes (joon. 2).

Joon. 2. Kaltsiumioonide ja pH omavaheline sõltuvus lumevee proovides, mis on kogutud 1986/87. aasta märtsis Peipsi järvel ja selle ümbruses. Punktide numeratsioon vastab joonisele 1.

Tabel 4

Anorgaaniliste ionide ja BaP maapinnale sadenemise intensiivsus (mg/m^2 ööpäevas) sõltuvalt antud punkti kaugusest Slantsõ kombinatsioonist *

Ioonid	Kaugus kirde suunas km		
	6	15	40
SO_4^{2-}	183	55,9	44,1
Ca^{2+}	142	61,4	28,5
K^+	8,2	1,2	0,9
BaP **	51,6	7,6	2,7

* Jegorov, D., Trapido, M., Rajur, K., Loosaar, J. Põlevkivienergeetika ja keskkond // Teesid «Kaasaegse ökoloogia probleemid». Trt., 1988, 38—40.

** BaP ng/m^2 ööpäevas.

Tabel 5

Benso(a)püreeni ja anorgaaniliste ionide saastuskoormus erinevates Eesti paikades 1985/86. aasta lumikatte analüüsi põhjal

Proovivõtu-koht	BaP $\mu\text{g}/\text{m}^2$	pH	Katioonid mg/m^2				Anioonid mg/m^2				Σ kat Σ an
			Na^+	K^+	Ca^{2+}	Σ kat	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	Σ an	
Aa rand	7,9	7,66	193	163	3498	3854	256	15	4001	4272	0,90
Kohtla	2,3	8,00	203	51	2574	2828	156	264	2998	3418	0,83
Kuningaküla	0,16	7,21	226	43	598	867	108	262	1332	1702	0,51
Valaste	1,3	7,99	122	37	2251	2410	139	306	2300	2745	0,88
Toila	0,9	7,41	131	32	204	367	134	121	583	838	0,44
Aidu	0,81	6,01	141	16	115	272	18	168	44	230	1,18
Mäo	2,50	6,47	147	117	98	362	106	219	294	619	0,58
Edivere	1,3	6,94	313	35	783	1131	24	188	470	682	1,66
Agusalu		6,67	150	95	410	655	128	175	670	973	0,67

Samad seaduspärasused, mida täheldasid PA-de atmosfäärses leviku kohta sõltuvalt saasteallika kaugusest M. Voll ja teised autorid [7], keh-
tivad ka mineraaloolade suhtes (tab. 4). Kuid võrreldes kantserogeeni-
dega kanduvad anorgaanilised ioonid saastusallikast tunduvalt kauge-
male: 15 km kaugusel oli SO_4^{2-} ja Ca^{2+} hulk vastavalt 30,5 ja 43,2%
6 km kaugusel määratud hulgast, BaP-d oli alles ainult 14,7%; 40 km
kaugusel on vastavalt arvud 24,1, 20,1 ja 5,2%.

Et võrrelda põlevkivirajooni atmosfäärset saastust teiste Eesti NSV
paikadega, on tabelis 5 toodud andmed 1985/86. aasta talve lumikatte ana-
lüüsi kohta. Neist nähtuvad üldjoontes samad seaduspärasused, mida on
eespool kirjeldatud: saasteainete omavahelisi kontsentratsioone iseloomus-
tavad järgmised korrelatsioonid: $\text{Ca}^{2+}/\text{Cl}^-$ ($r=0,73$); $\text{Ca}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}$ ($r=$
 $=0,98$); $\text{Ca}^{2+}/2\text{Cl}+\text{SO}_4^{2-}$ ($r=0,97$); $\Sigma_{\text{kat}}/\Sigma_{\text{an}}$ ($r=0,97$).

Tabel 6

Kantserogeenide sisaldus (ng/l) Peipsi järve vees, proovid (3 l) võetud
13. ja 14. mail 1986

PA*	Proovivõtukoht**						
	2	3	5/6	8	15/16	22	26
P	0,19	0,50	0,39	—	—	—	—
Kr	0,15	0,28	0,60	0,08	—	—	—
BaP	—	***	2,4	0,4	—	—	0,12
B(e)P	—	—	—	0,04	0,8	0,3	0,95
B(ghi)Per	2,9	2,3	5,8	—	—	—	25,0
DB(ah)A	—	—	—	—	—	0,8	—
DB(aj)A	***	—	—	—	—	—	23,0
DB	—	—	—	—	—	—	7,5
Σ PA	3,24	3,08	9,19	0,52	0,8	1,1	56,57

* Vrd. tabel 1.

** Proovivõtukohtade asukohad on näidatud joonisel 3. Punktides 21, 23 ja 30 PA-sid
identifitseeritavas koguses ei leitud.

*** Sisaldus alla meetodi tundlikkust, mis on olenevalt ühendist 10^{-9} — 10^{-10} g.

Tabel 7

Katioonide ja anioonide sisaldus (mg/l) Peipsi järve vees, proovid võetud
13. ja 14. mail 1986

Proovi- võtukoht*	Katioonid				Anioonid				Σ_{kat} Σ_{an}
	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Σ_{kat}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	Σ_{an}	
2	2,6	1,9	1,7	6,2	5,55	0,95	7,6	14,1	0,44
3	2,3	2,2	1,3	17,5	5,15	1,65	6,0	12,8	1,37
5/6	2,2	2,2	1,6	20,4	5,0	1,6	6,2	12,8	1,60
8	2,3	2,5	1,5	19,8	5,15	1,9	6,0	13,0	1,52
15/16	3,5	1,9	2,0	25,4	8,35	0,95	12,0	21,3	1,20
21	3,8	2,3	2,1	27,1	9,45	1,05	9,8	20,3	1,33
22	3,9	2,4	2,1	27,3	9,65	0,85	10,5	21,0	1,30
23	3,6	1,8	2,0	25,4	8,2	—	12,5	20,7	1,23
26	3,0	1,6	1,8	22,6	6,2	0,85	10,9	17,95	1,26
30	3,6	2,0	2,0	25,6	8,65	0,5	11,1	20,25	1,26

* Proovivõtukohtade asukohad on näidatud joonisel 3.

PA-de hulga ja mineraalsete soolade seose uurimisel selgub, et nii 1986/87. kui ka 1985/86. aasta talve lumikatte vaatluse andmetel korreleerub PA-de koguhulk paremini kui indikaatorühendi BaP kogus. Vastavad arvulised väärtused on järgmised: $\Sigma\text{PA}/\text{Ca}^{2+}$ ($r=0,83$); $\text{BaP}/\text{Ca}^{2+}$ ($r=0,75$). Kuna Ca^{2+} kontsentratsioon on omakorda heas korrelatsioonis teiste ionidega, siis on need seosed üldisemat laadi.

1985/86. aasta talvel uuriti ka saasteainete kontsentratsiooni lumes viies punktis Peipsi järve põhjarannikul (6 km kaugusel kaldast). Tähelepanu on anorgaaniliste soolade kui ka BaP sadenemise intensiivsuse alanemist Vasknarvast Mustveeni.

Viimaste talvede lumikatte uurimise andmed (tab. 1, 3 ja 5) võimaldavad jälgida atmosfäärse saastumise dünaamikat aastate lõikes. Kõrvutades samades punktides kantserogeense BaP sadenemise intensiivsust või koormust, võib täheldada selle näitaja mõningat vähenemist 1986/87. aastal võrreldes 1985/86. ja veelgi enam 1984/85. aastaga.

Anorgaaniliste ionidega on lugu keerulisem. Peipsi põhjarannikul (Vasknarva, Alajõe, Rannapungerja) Ca^{2+} sadenemise intensiivsus oli 1986/87. aasta talvel üle kahe korra suurem kui kahe aasta eest, samas suurenes ka Cl^- kogus, vähenes aga SO_4^{2-} hulk, mille põhjuseks võib olla muutus saasteallika(te)s. Peipsi läänerannik (Mustvee, Saare) on ilmselt teiste saasteallikate mõjusfääris. Nende punktide lumikattes vähenes kahe aasta jooksul nii Ca^{2+} kui ka Cl^- ja SO_4^{2-} hulk.

Peipsi vee seisukord

Peipsi vett on uuritud samuti kantserogeenide ja mineraaloolade kontsentratsiooni määramiseks proovivõtupunktides (joon. 3), analüüsi tulemused PA-de kohta on toodud tabelis 6, mineraaloolade kohta tabelis 7 1986. aasta ekspeditsiooni andmetel; 1989. aasta olukorda kajastab tabel 8. Kantserogeenid esinesid mõlemal uuritud aastal peamiselt Pihkva järves ja Peipsi põhjaosas põlevkivirajooni läheduses. Väärrib tähelepanu kahe PA homoloogi — B(ghi)Per ja DB(aj)A märkimisväärne hulk järve vees, mis viitab nende sissevoolule. Nimelt märkisid autorid [8] nimetatud ühendite kõrget kontsentratsiooni Suures Emajões ning põlevkivirajooni jõgede vees ja põhjasetetes. Kui võrrelda järve kantserogeense saastumise dünaamikat indikaatoraine BaP kontsentratsiooni põhjal (tab. 6 ja 8), siis on viimane näitaja 1989. aastal tunduvalt kõrgem kui kolm aastat varem, kuid kõigis punktides madalam kehtestatud piirkontsentratsioonist (5 ng/l).

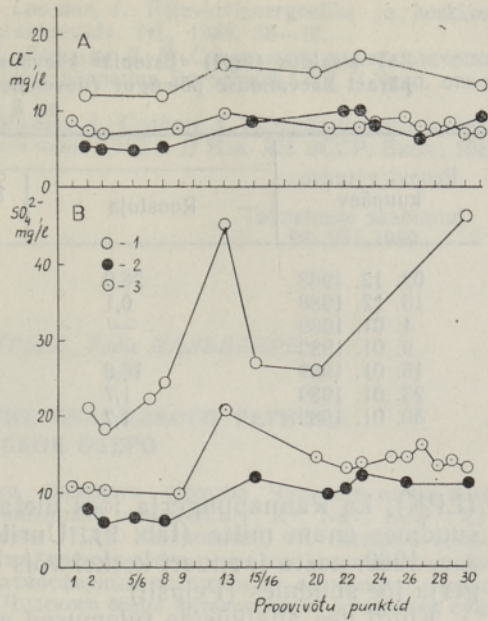
Ka mineraaloolade hulk oli suurem Peipsi põhjaosa ja Pihkva järve vees, eriti ilmeks oli vee sissevoolu osa järve saastamisel anorgaaniliste ionidega Suure Emajõe ja Velikaja jõe suudmealal (tab. 8, joon. 3), aga ka põlevkivirajooni jõgede suubumiskohtadel. pH väärtus on kõigis uuritud punktides kõrge, s. t. vesi on rohkemal või vähemal määral aluseline. Anioonide summaarne kontsentratsioon vees (tab. 8) ja prevaleeriva esindaja SO_4^{2-} kogus on seotud pH väärtusega, aga korrelatsioon ei ole hea.

Joonisel 4 on toodud kahe peamise aniooni SO_4^{2-} ja Cl^- sisalduse dünaamika kolme aasta jooksul Peipsi järve vees lõuna—põhja suunas, kusjuures võrdluseks on kasutatud A. Pihlaku jt. [9] andmeid 1985. aasta ekspeditsioonist. Selgub, et Peipsi valupunktid on aastate lõikes samad, kõige puhtam oli järve vesi 1986., kõige mustem 1985. aastal.

Lõpetuseks mõned andmed «Estonia» kaevanduse põlengu (november 1988) mõjust Peipsi sissevoolu kantserogeenide sisaldusele. Analüüsiit normeeritud kantserogeense BaP kontsentratsiooni otse kaevanduse piirkonnast voolavas Roostojas endas, Rannapungerja jões pärast Roostoja suubumist ning Rannapungerja jõe suudmes, s. o. Peipsi järves. Kuu pärast põlengut oli Roostojas viiekordne BaP lubatud piirkontsentratsioon



Joon. 3. Peipsi järve vee kogumise punktid erinevatel aastatel. Punktide numeratsioon on olnud kogu aeg ühesugune.



Joon. 4. Anioonide Cl^- (A) ja SO_4^{2-} (B) sisalduse (mg/l) dünaamika Peipsi järve vees aastatel: 1985 — 1 (andmetel [9]); 1986 — 2 ja 1989 — 3 (käesoleva kirjutise autorite andmetel). Punktide numeratsioon vastab joonisele 3.

Tabel 8

BaP (ng/l), pH ja anioonide kontsentratsioon (mg/l) Peipsi järve vees, proovid võetud 26. ja 27. aprillil 1989

Proovivõtu-koht*	pH	BaP	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	Σ anioonid
1	7,8	0,7	10,5	9,27	2,2	21,97
2a	7,3	0,8	10,2	7,07	2,0	19,27
3	7,5	0,5	10,0	7,13	1,7	18,83
9	7,3	0,3	9,9	7,50	1,6	19,00
13	7,6	0,5	20,4	9,30	4,6	34,30
20	7,7	0,5	14,5	7,37	0,9	22,77
22	7,8	0,2	13,0	7,70	0,7	21,40
23	8,1	0,5	13,6	8,13	0,4	22,13
25	7,8	0,3	14,5	8,80	0,8	24,10
26	8,0	0,3	14,3	7,57	0,4	22,27
27	8,0	0,2	16,0	7,33	0,5	23,83
28	7,8	0,7	13,0	7,93	0,5	21,43
29	7,9	0,6	13,7	7,10	0,2	21,00
30	7,8	0,2	13,0	7,10	0,6	20,70

* Proovivõtukohtade asukohad on näidatud joonisel 3.

BaP sisaldus (ng/l) «Estonia» kaevandusest lähtuvates Peipsi sissevooludes pärast kaevanduse põlengut (november 1988), lubatud piirkontsentratsioon on 5 ng/l

Proovi võtmise kuupäev	Proovivõtukoht		
	Roostoja	Rannapungerja jõgi (farmi juures)	Rannapungerja jõe suue
02. 12. 1988	26,0	5,6	4,6
15. 12. 1988	0,1	0,1	1,0
4. 01. 1989	—	3,6	2,7
9. 01. 1989	—	2,5	1,0
15. 01. 1989	16,8	9,0	6,3
23. 01. 1989	1,7	2,3	0,9
30. 01. 1989	1,7	5,8	—

(LPK), ka Rannapungerja jões ületas kantserogeeni sisaldus normi, aga suudmes enam mitte (tab. 9). Uuritud ajavahemikul ainult ühel korral, s. o. 1989. aasta jaanuari keskel võis täheldada LPK ületamist Rannapungerja jõe suudmes (Peipsil).

Kuigi vee analüüside tulemused on üsnagi lohutavad, peab lisama, et vees vähelahustuvad saasteained, nende hulgas ka kantserogeensed PA-d akumuleeruvad veekogude põhjasetetes ja biotasse, kus nende kontsentratsioon on 10^3 – 10^4 korda kõrgem kui vees. Seega vastuse küsimusele veekogu tegelikust seisundist annab ainult tema igakülgne, süstemaatiline ja kompleksne uurimine, mis Peipsi järve ökosüsteemi osas seisab veel ees.

Järeldused

1. Kirde-Eesti põlevkivirajoon ohustab Peipsi järve seisundit anorgaaniliste sooladega, peamiselt CaCl_2 ja CaSO_4 kujul, mis levivad eelkõige atmosfääri kaudu. Neist kaltsiumsulfaadi sadenemise intensiivsus Peipsi põhjaosas on kuni 109 kg/ha aastas. Identifitseeritud mitmetuumaliste areenide sama näitaja on 8,0 mg/ha aastas.

2. Kantserogeensed mitmetuumalised areenid satuvad Peipsisse rohkem jõgede (Suur Emajõgi, Rannapungerja jt.) sissevooluga kui atmosfääri kaudu. Rannapungerja jõe suudmes oli identifitseeritud kantserogeenide hulk $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sellest normeeritud areeni BaP $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

KIRJANDUS

1. Отс А. А., Егоров Д. М., Лоосаар Ю. М. Вредные выбросы тепловых электростанций, сжигающих пылевидный эстонский сланец // Тез. докл. всесоюз. совещания «Мало- и безотходные технологии в энергетике как средство защиты окружающей среды и повышения эффективности топливоиспользования». М., 1984, 120, 121.
2. Kirso, U., Urbas, E., Kivi, K. Polycyclic arenes in the Baltic waters // ENSV TA Toim. Keemia, 1981, 30, пр. 3, 219–223.
3. Федосеева Г. Е., Хесина А. Я. Использование квазилинейчатых спектров люминесценции для количественного определения ряда полициклических углеводородов // Ж. прикл. спектр. 1968, 9, № 2, 282–288.
4. Егоров Д., Халдна Ю., Лоосаар Ю., Пенчук Я., Леммик А. Использование одноколочной ионной хроматографии при исследовании вредных газообразных выбросов энергетических котлоагрегатов, сжигающих пылевидное топливо // Горючие сланцы, 1986, № 4, 432–436.
5. Хавезов И., Цалев Д. Атомно-абсорбционный анализ. Л., 1983.
6. Trapido, M., Jegorov, D., Rajur, V., Odinets, V. Tallinna lumekatte mikrokomponentide uurimine // Teesid «Kaasaegse ökoloogia probleemid». Trt., 1988, 152–154.

7. Jegerov, D., Trapido, M., Rajur, K., Loosaar, J. Põlevkivienergeetika ja keskkond // Teesid «Kaasaegse ökoloogia probleemid». Trt., 1988, 38—40.
8. Велдре И. А., Игра А. Р., Урбас Э. Р., Паальме Л. П. Содержание полициклических аренов в воде и донных отложениях водоемов Эстонской ССР // Эксп. онкол. 1983, 5, № 1, 72—74.
9. Пихлак А., Маремяэ Э., Линдпери А., Милиус А., Стараст Х. Гидрохимическое состояние вод Псковско-Чудского озера в июне 1985 г. // Изв. АН ЭССР. Биол., 1987, 36, № 2, 133—145.

Eesti Teaduste Akadeemia
Keemia Instituut

Toimetuse saabunud
26. VII 1989

Lia ПААЛЬМЕ, Мартин ВОЛЛЬ, Эха УРБАС, Рейн ПАЛЬВАДРЕ,
Илле ИОХАННЕС, Уве КИРСО

АТМОСФЕРНОЕ ВЛИЯНИЕ СЛАНЦЕВОГО РЕГИОНА НА ЧУДСКОЕ ОЗЕРО

Проведено исследование 95-суточного снежного покрова Чудского озера и его окрестностей на содержание в нем неорганических ионов (Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^-) и канцерогенных полиядерных аренов (ПА). Установлено, что снежный покров загрязнен в основном минеральными солями, прежде всего хлоридом и сульфатом кальция, которые «транспортированы» сюда атмосферным воздухом из сланцевого региона северо-востока Эстонии. В северной части Чудского озера интенсивность осаждения сульфата кальция составляет 109 кг/га, суммарных ПА — 80,5 мкг/га, индикаторного бенз(а)пирена (БП) — 23 мкг/га в год. Основное количество канцерогенных ПА поступает в Чудское озеро через впадающие в него реки (Суур-Эмайги, Раннапунгеря и др.), концентрация суммарных ПА составляет в них 57 мкг/м³, БП — 0,7 мкг/м³. Подчеркивается необходимость создания комплексной системы контроля за состоянием Чудского озера.

Lia PAALME, Martin VOLL, Eha URBAS, Rein PALVADRE, Ille JOHANNES,
Uwe KIRSO

OIL SHALE REGION INFLUENCE ON THE ATMOSPHERIC POLLUTION OF LAKE PEIPSI

The snowwater samples of the atmospheric carcinogenic and mineral pollutants deposited on L. Peipsi have been studied. The snow samples were collected in March 1987 after 95 days of continuous snow cover from different points on the surface of L. Peipsi and in its vicinity (sampling location in Fig. 1). The content of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH and ions Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-}) in the snow-water samples have been determined. The main components were CaCl_2 and CaSO_4 , which precipitation intensity in the north of L. Peipsi was 109 kg/ha per year. The results of the analysis indicated that the oil shale region of northeastern Estonia was the source of pollution of L. Peipsi with mineral components, and also, but to a lesser extent with the carcinogenic ones. The total intensity of PAH in the same spot was 8 mg/ha per year. The carcinogenic PAH were carried into L. Peipsi mainly by the rivers like Suur Emajõgi, Rannapungerja a. o., the concentration of PAH in the mouth of Rannapungerja was 57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.