

УДК 551.481:628.515(474.2)

Tiiu RAI, Arvo JÄRVET, Enn LOIGU, Aleksander MAASTIK

PEIPSI-PIHKVA JÄRVE REOSTUSKOORMUSE FORMEERUMISEST

Peipsi-Pihkva järve vesikonna suurus on 47 814 km², sellest jääb Eesti NSV-sse 16 187 km² ehk 33,8%. Eesti NSV territooriumist toidab järve üle kolmandiku — 35,8%, Mandri-Eestist ligi 40%.

Järve reostuskoormus pärineb punkt- ja hajusatest allikatest. Peamised punkt-reostuskolded on asulad, tööstusettevõtted, kaevandused ja loomafarmid. Punkt-reostuse suurust on võimalik mõõta või tekkeallikat iseloomustavate parameetrite kaudu suhteliselt rahuldava täpsusega hinnata. Hajureostus moodustub kogu vesikonnas. Osa sellest kaasneb loodusliku aineriingega ja on paratamatu. Antropogeense hajureostuse põhjustavad sademevees ja põllumajanduskõlvikute valgvees sisalduvad ained. Hajureostuse suurust saab määrata vaid kaudselt ekspert hinnangute tasemel, selle lausmõõtmine ei ole praktiliselt võimalik.

Järve reostuskoormust saab suubuvate jõgede vooluhulkade ja vee keemiliste analüüside andmeil rahuldaval tasemel arvutada. Ka sademetega kantud ainehulgad on mõõtmisandmeist määratavad. Kuivõrd eesmärgiks on järve reostuskoormuse vähendamine, on selleks vajalike meetmete kavandamiseks tarvis informatsiooni koormuse kujunemisest ning üksikute reostusallikate osakaalust selles protsessis.

Vee kvaliteeti hinnatakse mitmesuguste orgaaniliste ja anorgaaniliste ainete sisalduse järgi. Biokeemiliselt lagundatava aine koormuse mõõt on biokeemiline hapnikutarve (BHT). Kõrge BHT-ga kaasneb vee hapnikusisalduse vähenemine ja veeasukate elutingimuste halvenemine. Kasvav lämmastiku ja fosfori juurdevool pinnaveekogudesse soodustab antropogeenset eutrofeerumist. Toitainete rohkus põhjustab taimorganismide vohamise ja see omakorda toorvee kvaliteedi halvenemise veehaaretel. Vee mineraalainetesisalduse ja ioonkoostise nihked Peipsi-Pihkva järves tõendavad inimõju üha kiirenevat suurenemist.

Peipsi-Pihkva järve jõudva vee hulka ja kvaliteeti on pikemat aega uuritud (Hüdro meteoroloogia ja Looduskeskkonna Kontrolli Valitsus, Rakendusgeofüüsika Instituudi (RGI) Läänemere Osakond, Eesti Veeinspeksioon, ENSV TA Zooloogia ja Botaanika Instituut jt.). Uurimisandmed näitavad, et inimtegevuse mõju on üsna suur. RGI Läänemere Osakonnas analüüsiti jõgede vee keemilise koostise pikaajalisi muutusi. Võrreldi aastail 1956—1965 ja 1966—1982 talviseid, kevadisi ja suviseid näitajaid. Statistiline andmetöötlus näitas, et Peipsi vesikonna Eesti NSV territooriumilt voolavate jõgede vee ioonkoostis on oluliselt muutunud (tab. 1). Üldiselt inimtegevust peegeldavate ionide — SO₄²⁻, Cl⁻, Na⁺ + K⁺ — osakaal ioonkoostises on kasvanud. Sedasama võib täheldada Velikaja jões (ka ülalpool Pihkva linna Pjatonova lävendis), kus sulfaatiooni sisaldus on suurenenud 92—113%. Inimtegevus on aastail 1966—1982 intensiivistunud, seda kajastab näitajate suurem varieerumine (standardhälve) võrreldes varasema ajavahemikuga.

Vee kvaliteedi dünaamika Peipsi-Pihkva järve suubuvates jõgedes

Ioon	1958—1965			1966—1982			Suurenemine %
	Keskmine mg/l	Standardhälve	Vaatluste arv	Keskmine mg/l	Standardhälve	Vaatluste arv	
Avijõgi — Mulgi							
Ca ²⁺	53,6	15,9	23	55,4	23,8	12	3
Mg ²⁺	14,0	6,1	23	15,0	7,0	12	36
Na ⁺ +K ⁺	3,2	3,2	23	16,5	7,8	12	416
SO ₄ ²⁻	14,7	4,4	23	31,7	18,7	12	116
Σi	309	105,3	23	338	120,2	12	9
Rannapungerja — Roostoja							
Na ⁺ +K ⁺	3,8	2,4	6	22,9	15,7	10	503
SO ₄ ²⁻	31,2	2,1	6	115,7	49,0	10	271
Cl ⁻	7,0	1,3	6	14,9	6,4	10	113
Σi	329	68	6	454	163	10	40
Velikaja — Pjatonova (suvine madalvesi)							
SO ₄ ²⁻	6,0	2,0	25	12,8	7,0	13	113
Σi	232	14,0	25	274	29	13	18
Velikaja — Pjatonova (talvine madalvesi)							
SO ₄ ²⁻	8,2	3,1	15	15,9	5,7	13	94
Σi	298	40	12	308	31	13	3
Velikaja — Pjatonova (kevad)							
SO ₄ ²⁻	7,2	2,7	36	13,8	3,5	41	92
Σi	139	36	34	159	35	41	14
Emajõgi — Tartu (suvine madalvesi)							
Ca ²⁺	48,8	4,4	16	56	8,6	5	15
Cl ⁻	3,0	1,3	16	13,0	3,0	8	333
SO ₄ ²⁻	10,6	2,8	16	24,0	13,4	8	126
Emajõgi — Tartu (talvine madalvesi)							
Ca ²⁺	57,9	6,3	12	72,0	13,6	12	24
Cl ⁻	4,1	1,4	12	13,6	4,1	12	232
SO ₄ ²⁻	13,2	3,5	12	27,0	15,9	12	105
Emajõgi — Tartu (kevad)							
Ca ²⁺	(40,2)	10,9	16	(47,8)	13,1	8	
Cl ⁻	1,8	1,2	16	6,6	3,4	10	
SO ₄ ²⁻	9,8	3,0	16	30,2	8,8	10	
Σi	198,8	54,6	16	296,4	35,3	10	

Kirjeldatuga analoogilised muutused on toimunud ka neis paigus, kus jõgede vett otseselt reostavad punktallikad puuduvad. Põhjuseks saab olla vaid hajureostus ja sealhulgas sademetes sisalduvad antropogeensed ühendid. RGI Läänemere Osakonna esialgsete uuringute järgi langeb sademetega Peipsi vesikonda aastas 0,23—0,53 kg fosforit ja 10—14 kg lämmastikku hektarile, suuri regionaalseid kõikumisi ei täheldatud. Sulfaatidesisaldus on seevastu Kirde-Eesti sademes väga muutlik: SO₄²⁻-sisaldus lumevees on kõikunud 5—14 mg/l piires ja pinnakoormus 3 ja 11 tonni vahel ruutkilomeetrile aastas.

Viimasel ajal on erilise tähelepanu all olnud Peipsi vee sulfaatidesisalduse suurenemine. Seetõttu on RGI Läänemere Osakond uurinud sulfaatide äravoolu järve suubuvates jõgedes (tab. 2).

Jõgede kaudu satub järve keskmise äravooluga aastatel umbes 280 000 t sulfaate, sellest 90—95% langeb jõgede ja 5—10% sademete arvele. Veebilansi järgi toitub järv põhiliselt temasse suubuvate jõgede veest (keskmisel aastal 77%), järve pinnale langevate sademete osatähtsus on umbes 16%. Sulfaatidekoormuses on jõgede osakaal suurem kui nende osatähtsus vooluhulga järgi. Eriti kõrge on sulfaatidesisaldus Rannapungerja jões, kuhu juhatakse mineraalaineterikkad kaevandusveed. Seetõttu annabki Rannapungerja jõgi sulfaatide juurdevoolest järve 4,4%, vooluhulgast aga vaid 1,5%, s. t. et reostuskoormuse osakaal on juurdevoolu omast ligi kolm korda suurem. Rannapungerja ülemjooksul (Roostoja) ja Jõuga kanalis, kuhu juhatakse «Estonia» kaevanduse vesi, on sulfaatidesisaldus 200—350 mg/l. Madalveeperioodidel moodustavad kaevandusveed 70—95% Rannapungerja ülemjooksu vooluhulgast. Rannapungerja jõe suudmealal on kalamajanduslik tähtsus. Teatavasti on sulfaatide kalamajanduslikult lubatud piirkontsentratsioon 100 mg/l, jõe suudmes on SO_4^{2-} -sisaldus kalamajandusliku normi piiril: 72—120 mg/l.

Peipsi-Pihkva järve jõudvate sulfaatide päritolu suhtes kindlalt väljakujunenud seisukohta ei ole. Võib arvata, et peale kaevandus- ja saastunud sademevee võivad sulfaatide allikaks olla ka väetised (superfosfaat, ammoniumsulfaat jt.). Võimalik on ka kuivenduse mõju, mille tulemusel aeratsioonivöö tüseneb, pinnases olevad sulfiidid oksüdeeruvad ning sellega kiireneb väävli geokeemiline ringe. Kuivendusega pääseb jõgedesse rohkem põhjavett, mille ülemiste horisontide sulfaatioonisaldus 25—45 mg/l on praktiliselt sama kui Kirde-Eesti väikejõgedes.

Orgaaniliste ja taimetoitainete sisaldust Peipsi-Pihkva järve suubuvates jõgedes iseloomustab tabel 3.

Estist Peipsisse voolavatest jõgedest on kõige halvemas seisus Emajõgi ja Võhandu. Emajões ulatub BHT_5 allpool Tartut 9,4 mg/l-ni, mis ületab mitu korda sanitaarnormi. Tartule on hädasti vaja niihästi bioloogilist puhastust kui fosforiärastust. Võhandu jõkke on aastatega kogunenud hulgaliselt reoaineid, jõgi on mudastunud, täis kasvanud ja vesi on ajuti isegi anaeroobne. RGI Läänemere Osakonna andmeil ulatub põhjasetete hapnikutarve 1,8 grammini ruutmeetri kohta ööpäevas, see on suurusjärgult sama kui biotiikides ja reoveekanalites (2—16 g/m².d).

Tabel 2

Sulfaatide äravool Peipsi-Pihkva järve suubuvates jõgedes

Jõgi	SO_4^{2-}		%	
	t/a	t/km ²	SO_4^{2-} koormusest	äravoolust
Velikaja	116500	4,6	41,6	46,4
Emajõgi	56200	5,8	20,1	19,6
Võhandu	5700	4,0	2,0	2,7
Rannapungerja	12400	20,7	4,4	1,5
Kullavere	4300	6,9	1,5	1,1
Avijõgi	2800	7,0	0,9	0,8
Alajõgi	1000	6,7	0,3	0,3

Tabel 3

Orgaaniliste ja taimetoitainete juurdevool (t/a) Peipsi-Pihkva järve aastail 1982—1985

Jõgi	BHT_7	$\text{N}_{\text{üld}}$	$\text{P}_{\text{üld}}$
Velikaja	10000	3800	220
Emajõgi	9000	—	150
Võhandu	450	250	20
Rannapungerja	250	200	5
Kullavere	220	190	4
Avijõgi	180	230	3
Alajõgi	60	45	2

Punktrestusallikaist on ligikaudne reostuskoormus kasutatud vee hulga ja juhuproovide keskmiste alusel teada kanaliseeritud asulail ja eraldi seisvail tööstusettevõttele. Heitvee hulgast on 37% kalamajanditest voolavat tinglikult puhast heitvett ja 63% reovett. Viimasest on omakorda suurem osa (53% ehk 31% üldhulgast) kaevandusvett, mis jõuab Peipsisse Rannapungerja jõe kaudu. Kaevandusvesi sisaldab peamiselt sulfaate ja hõljumit. Kanaliseeritud asulate ja tööstusettevõtete reovett on 32% üldhulgast ning sellest puhastatakse normikohaselt 36%.

Hulga poolest juhitakse Peipsi järve vesikonna jõgedesse 15% Eesti NSV-s tekkivast reoveest, orgaanilistest reoainetest (BHT järgi hinnatuna) aga 20%. See on tingitud põllumajanduslikku toorainet töötlevate suure reostuspotentsiaaliga ettevõtete domineerimisest selle piirkonna tööstuse struktuuris.

Kanaliseeritud objektide orgaanilise aine koormusest langeb põhiosa Tartu linnale: igal aastal juhitakse Emajõkke ligi 70% Eesti NSV Peipsi vesikonna jõgede kogukoormusest. Järgnevad Viljandi (~10%) ja Võru (~7%) linn. Neist sai 1986. aastal reoveepuhasti Võru. Kõige parem on reoveepuhastus Põltsamaal ja Põlvas, kuid nende osa üldkoormuses on kokku vaid alla ühe protsendi. Väiksematel kanaliseeritud objektidel (maasulad, farmid) on reoveepuhastid suuremalt jaolt olemas, paraku on paljude puhastite tehniline seisund halb ja nende kasutamine puudulik.

Suurel osal Eesti NSV territooriumil korraldatud uurimistööd (Eesti Põllumajanduse Akadeemia, RPUI «Eesti Maaparandusprojekt»), ENSV TA Geoloogia Instituut) on näidanud, et suur osa (45–65%) punktrestustusest lähtub loomafarmidest ning on tingitud sõnnikuhooldlate puudumisest või nende ebarahuldavast tehnilisest seisundist.

1985. aastal uuris RPUI «Eesti Maaparandusprojekti» töögrupp Pedja jõgikonna punktrestuskoldeid ning mõõtis vee kvaliteeti iseloomustavate ühendite (sealhulgas BHT₅, NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻ ja PO₄³⁻) äravoolu viies Pedja ja viies Põltsamaa jõe lävendis. Kasutades Eesti Põllumajanduse Akadeemias väljatöötatud meetodikat arvatati farmidest jõgedesse jõudva reostuskoormuse (BHT₅ järgi) ning fosfori- ja lämmastikuhulga tõenäoline suurus, arvestades loomade liiki ja arvu, farmide tehnilist seisundit ja nende kaugust pinnaveejuhtmeist. Mõõtmis- ja arvutustulemuste suhteliselt hea kokkulangevus tõestab farmide märgatavat osatähtsust vooluvete orgaanilise aine ja biogeenikoormuse kujunemisel.

Kanaliseeritud objektide ja farmide hinnatud BHT₅-koormuste summad (vastavalt Veeinspeksiooni ja EPA andmeile) ületasid mõõtmiste järgi arvatatud koormused Pedja ja Põltsamaa jões 10 ja 22%. Pedjas kujunes farmireostuse ja kanaliseeritud objektide reostuse suhteks 1:1, Põltsamaa jões 3:1. Neis arvutustes ei kajastu isepuhastus ega jõgede looduslik (fooniline) orgaanilise aine koormus, mis teineteist mingil määral kahtlemata kompenseerivad. Uurimistulemused kinnitasid üldlevinud arvamust, et fosforikoormuses on oluline osa asulatel, mille reovees on hulgaliselt pesuainetes sisalduvaid polüfosfaate.

Hajureostusele on meil seni suhteliselt vähe tähelepanu pööratud. Mõõtmisandmed praktiliselt puuduvad. Usaldatavate andmete saamiseks on tarvis teha väga ulatuslikke ja mitmekülgeid mõõtmisi. Hajureostuse allikaiks on mineraal- ja orgaanilised väetised, taimekaitsevahendid ja sademevesi, soodustavateks teguriteks aga väetiste laotamine ebaõigel ajal ja hulgal, maaharimine veekogude vahetus läheduses ja maaparandustööd. Fosforväetiste tavaliseks kaoks loetakse Eestis umbes 1%, lämmastikku ei jõua taimeni 30–35%. Eriti suur on lämmastiku, aga ka fosforikadu lumele ja külmunud maale laotatud sõnnikust. Sõnnikulämmastiku laotuskao hindamiseks on ligikaudne meetod välja töötatud Eesti Põllumajanduse Akadeemias.

Pedja ja Põltsamaa jõel 1985. aastal tehtud mõõtmiste järgi oli orgaa-

nilise aine (BHT₅ järgi) ja biogeenide suurveeaegne läbivool madalveeaegsetest tunduvalt suurem. Lämmastiku suurveeaegse mõõdetud äravoolu suhteliselt hea ühtelangevus eespool nimetatud meetodi järgi hinnatuga lubab väita, et sõnnikukäitluse ratsionaalsem korraldus võimaldaks meie jõgede, sealhulgas Peipsit toitvate veejuhtmete reostuskoormust märgatavalt vähendada.

Üldpilt Peipsi-Pihkva järve reostuskoormusest ja selle jagunemisest mitmesuguste reostusallikate vahel veel puudub. Ometi on juba kavandatud meetmeid, mille reostust vähendavas efektis ei saa olla kahtlust.

Peipsi järve kaitseks suuremate punktreostusallikate vastu on meie vabariigis ette nähtud XII ja XIII viisaastakul järgmised abinõud:

- 1) «Estonia» kaevanduse heitvee puhastusseadmed (30 000 m³/d) (II jrk.) — 1990. a.
- 2) Tartu linna biopuhastusseadmed (75 000 m³/d) — 1990. a.
- 3) Valga linna biopuhastusseadmed (~7000 m³/d) — 1993. a.
- 4) Jõgeva linna puhastusseadmete rekonstrueerimine (~9000 m³/d) — XIII viisaastak
- 5) Põltsamaa linna puhastusseadmete laiendus (lisaks 1000 m³/d) — XIII viisaastak
- 6) Võru linna puhastusseadmed (10 000 m³/d), II ehitusjärg (järelpuhastus ja settekäitlus) — 1990. a.
- 7) Viljandi linna puhastusseadmete I ehitusjärg (3400 m³/d) — 1988. a.
- 8) Tõrva linna biopuhastusseadmed (~1000 m³/d) — 1990. a.

Peipsi-Pihkva järve vesikonna reostamise lõpetamiseks kanaliseeritud objektide puhastamata ja mittenormatiivselt puhastatud reoveega on vaja ca 70 miljonit rubla kapitaal mahutusi.

Nagu eespool selgus, on loomafarmide osakaal punktreostuses vähemalt niisama suur kui kanaliseeritud objektide oma. Seega on tarvis teha pingutusi farmide sõnnikumajanduse korrastamiseks.

Ka hajureostuse vähendamise peamisi mooduseid on sõnniku ja mineraalväetiste laotamise õige korraldamine. Soodne on ka kaitsevööndite ja ribade rajamine veekogude kallastele.

Peipsi-Pihkva järve kaitseks on koostatud järve veekaitsevööndi ja veekoguäärse kaitseriba skeem, milles on ettepanekud ehituslike meetmete ning veekaitsevööndisse jääva territooriumi kasutusrežiimi kohta põhiliste maavaldajate kaupa. Skeemi realiseerimiseks vajalikud kapitaal mahutused on ca 1 miljon rubla.

*Eesti NSV Ministrite Nõukogu juures asuv
Eesti Veemajandusinspeksioon*

Toimetusse saabunud
30. IX 1986

*NSV Liidu Hüdro meteoroloogia ja
Looduskeskkonna Kontrolli Komitee
Rakendusgeofüüsika Instituudi Läänemere Osakond*

Eesti Põllumajanduse Akadeemia

О ФОРМИРОВАНИИ ЗАГРЯЗНИТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ ПСКОВСКО-ЧУДСКОГО ОЗЕРА

Почти третья часть водосбора Псковско-Чудского озера расположена в Эстонской ССР, следовательно, стоки с ее территории значительно влияют на качество воды озера. Количество и качество притока в озеро исследовалось рядом организаций ЭССР. Оказалось, что в 1966—1982 гг. (по сравнению с 1956—1965 гг.) заметно изменился ионный состав воды питающих озеро рек (табл. 1). Такие изменения наблюдались даже в местах, где точечных источников загрязнения нет. Это обусловливается диффузным загрязнением с территории водосбора и изменениями в химическом составе атмосферных осадков.

Особое внимание следует обращать на увеличение содержания сульфатов в озеро. Годовой приток сульфатов речной водой (табл. 2) составляет порядка 280 000 т, т. е. 90—95% от общего количества; 5—10% выпадает с атмосферными осадками. Особенно велик удельный приток сульфатов рекой Раннапунгерья, которая является приемником большого количества шахтных вод. Сток органических и биогенных веществ в реках показан в табл. 3.

Загрязняют впадающую в озеро воду как точечные, так и диффузные источники. Из общего канализационного стока республики в бассейне Псковско-Чудского озера образуется 15%. Доля нагрузки органическими веществами (по БПК) составляет 20%, что объясняется доминированием в водосборе предприятий пищевой промышленности. Большая часть (45—65%) точечного загрязнения вносится животноводческими фермами, т. е. недостаточной организованностью навозохранилищ. Для оценки вероятной загрязнительной нагрузки вод разработана методика. Подсчитанные по этой методике данные о нагрузке двух рек (Педья и Пылтсамаа) бассейна озера органическим веществом, азотом и фосфором совпадают с измерительными.

Значительным является диффузное загрязнение рек органическим веществом и биогенами во время весеннего половодья. Это можно уменьшить рациональным использованием органических удобрений (отказ от зимнего разбрасывания).

Оценка загрязнительной нагрузки Псковско-Чудского озера и источников ее формирования еще весьма приближительна. Несмотря на то, в республике намечен ряд мероприятий по улучшению существующего положения, в частности строительство очистных сооружений сточных вод общей стоимостью около 70 млн. руб., создание водоохраных полос вдоль берегов озера и его притоков и т. п.

ON THE FORMATION OF THE POLLUTION LOAD OF LAKE PEIPSI-PIHKVA

As about one third of the Lake Peipsi-Pihkva watershed is in Estonia, the runoff from its territory strongly influences the quality of the lake water. The quantity and quality of river water falling into the lake was investigated by various organizations. As compared with the period 1956—1965 the ion content of water (Table 1) in the years 1966—1982 has markedly changed. It is so even in such places where there are no point sources of pollution. That is caused by non-point pollution and changes in the chemical composition of precipitation water.

Most remarkable is the rise of lake water sulfate content. The sulfate load of the inflowing rivers (Table 2) is about 280 000 tons a year, that is 90—95% of the total influx, 5—10% precipitates from the atmosphere. The inflow of organic (BOD) and biogenous matter is demonstrated in Table 3.

Animal husbandry farms contribute the major part (45—65%) of point source pollution, the cause is a poor animal waste management. A method for estimating the probable pollution load of runoff from a given territory is proposed. A verification of the assessed and measured load of organic matter (BOD), nitrogen and phosphorus of two rivers of the lake basin gave good results.

A strong increase of the organic and biogenous matter concentration as well as load of the spring flood runoff demonstrates the marked role of non-point pollution. That pollution may be reduced by better fertilizing habits (e.g. banning winter spreading).

The assessment of the pollution load of Lake Peipsi-Pihkva and its sources is yet preliminary. Nevertheless measures for improving the lake water quality have been planned: in the 1980s waste water purification plants for 70 million roubles will be built and border strips along the lake shore and inflowing river banks laid out.