

Enn LOIGU, Ülle LEISK

**PEIPSI-PIHKVA JÄRVE SUUBUVATE JÕGEDE SEISUNDI
 MUUTUSED**

Peipsi-Pihkva järve suubub üle 30 jõe. Vesikonna jõgede võrk on küllalt tihe. Järve seisundit mõjutavad kõige enam kaks suurimat jõge — Velikaja (valgla 25 200 km²) ja Emajõgi (valgla 9960 km²).

Jõgede vee keemiline koostis muudub nii ajas kui ka ruumis. Üldiselt pinnavee koostis ja seisund oleneb veekogu hüdrokeemilisest foonist ja inimõjust, eeskätt veejuhtmesse juhivate reovete reostuskoormusest.

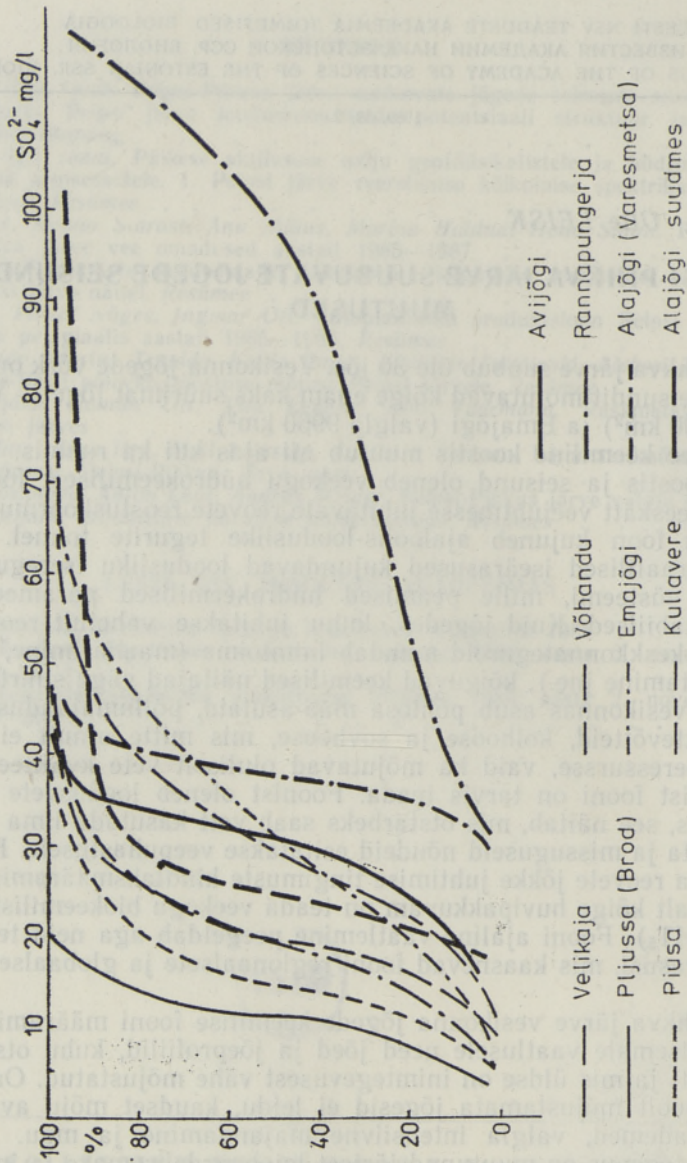
Looduslik foon kujuneb ajaloolis-looduslike tegurite toimel. Valgla füüsilis-geograafilised iseärasused kujundavad loodusliku isereguleeruva ökoloogilise süsteemi, mille peamised hüdrokeemilised parameetrid on suhteliselt stabiilsed. Kuid jõgedes, kuhu juhatakse vahetult reovett või mille valgla keskkonnategureid muudab inimtoime (maaharimine, kuivendustööd, väetamine jne.), kõiguvad keemilised näitajad väga suurtes piirides. Jõgede vesikonnas asub põhiosa maa-asulaid, põllumajandussaadusi töötlevaid ettevõtteid, kolhoose ja sovhoose, mis mitte ainult ei kasuta kohalikke veeressursse, vaid ka mõjutavad oluliselt vete kvaliteeti. Veekogu keemilist fooni on tarvis teada. Foonist oleneb loodusvete kasutamiskõlblikkus, see näitab, mis otstarbeks saab vett kasutada ilma eelneva puhastamiseta ja missuguseid nõudeid esitatakse vee puhastusele. Fooni on vaja teada ka reovete jõkke juhtimise tingimuste kindlaksmääramisel. Sellelt seisukohalt kõige huvipakkuvam on teada veekogu biokeemilist hapnikutarvet (BHT₅). Fooni ajaline vaatlamine peegeldab aga neid tendentse ja seaduspärasusi, mis kaasnevad fooni regionaalsete ja globaalsete muutustega.

Peipsi-Pihkva järve vesikonna jõgede keemilise fooni määramiseks on võetud detailsemale vaatlusele need jõed ja jõeprofiilid, kuhu otseselt ei juhita heitvett ja mis üldse on inimtegevusest vähe mõjustatud. On ilmne, et inimese poolt mõjustamata jõgesid ei leidu, kaudset mõju avaldavad saastunud sademed, valgla intensiivne majandamine ja muu. Inimese majanduslik tegevus on muutunud järjest laiahaardelisemaks ja inimõju keskkonnale ja veesfäärile üha süveneb, seetõttu võib eeldada, et ka keemilises foonis on aset leidnud muutusi. Fooni väärtuste analüüsimisel on kasutatud Tartu Territoriaalse Veekasutamise ja -kaitse Valitsuse, Eesti NSV Hüdro meteoroloogia Valitsuse ja Rakendusgeofüüsika Instituudi Läänemere Osakonna vaatlusandmeid.

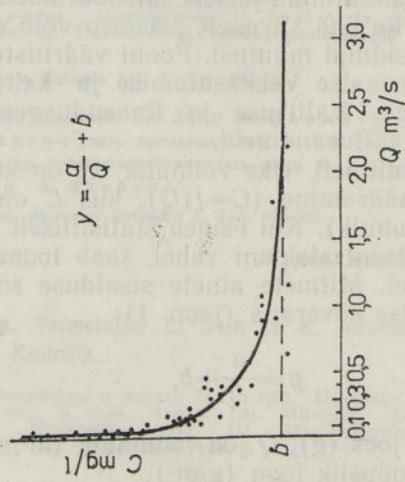
Fooni võib hinnata mitmeti. Üks võimalik tee on keemilise näitaja ja vooluhulga sõltuvuse määramine ($C=f(Q)$, kus C on aine kontsentratsioon jõevees ja Q vooluhulk). Kui esineb statistiliselt usaldatav seos jõe vooluhulga ja aine kontsentratsiooni vahel, saab fooni väärtust määrata kindla vooluhulga alusel. Mitmete ainete sisalduse sõltuvust äravoolust väljendatakse hüperboolse kõverana (joon. 1):

$$y = \frac{a}{Q} + b,$$

kus a on reoaine kogus jões (g), Q jõe vooluhulk (m³/s), y aine kontsentratsioon (g/m³) ja b looduslik foon (g/m³).



Joon. 2. Sulfaatide (SO₄²⁻) sisaldus Peipsi-Pihkva järve suubuvates jõgedes.



Joon. 1. Reoainete kontsentratsiooni sõltuvus vooluhulgast ($C=f(Q)$).

Vooluhulga suurenedes väheneb lahjenduste arvel pidevalt aine sisaldus vees ja läheneb asümptoodile, mis tegelikult peegeldab antud aine foonilist sisaldust (joon. 1). On täheldatud tihedat korrelatiivset seost mineraalainete üldsisalduse, ionkoostise ja äravoolu vahel. Seda seost võib edukalt kasutada fooni hindamisel. Korrelatiivse seose leidmine ($C=f(Q)$) hüdrooloogiliste režiimide kohta (kevad, suvi, sügis, talv) võimaldab määrata eri aastaegadele vastavaid fooniväärtusi. Veekogu üks olulisemaid reostusnäitajaid on biokeemiline hapnikutarve (BHT_5). Et selle järgi selgub, kui palju hapnikku kulub vees oleva orgaanilise aine lagundamiseks, on vaadeldud detailsemalt orgaanilise aine sisaldust Peipsi-Pihkva järve suubuvates jõgedes.

Kuna uurimisobjektide BHT_5 ja vooluhulga vahel ei täheldatud usaldusväärset seost, on vaadeldud BHT_5 väärtusi kui juhuslikke suurusi ja nende alusel on koostatud kontsentratsiooni tagatuse kõverad. Kontsentratsiooni jaotus ei allu tavaliselt normaaljaotusele. Üldjuhul on jaotus asümmeetriline, mistõttu keskvärtus ei ole küllaldaselt informatiivne. Tõenäosuskõveralt on võetud vee kvaliteedi hindamise aluseks 95, 50 ja 5%-lisele tagatusele vastavad väärtused. Arvutuslike fooniväärtuste aluseks tuleb võtta mediaanväärtus (X_{50}), 95%-line tagatus peegeldab aine minimaalkontsentratsiooni ja 5%-line vastavalt maksimumväärtusi. Fooniväärtused on esitatud tabelis 1. Varasemate, 1950.—1960. aastate uuringute järgi Eesti jõgedes, millede valgla soostumus ületas 33%, saadi BHT_5 fooniväärtuseks 2,0 mg/l, soostumuse korral alla 33% soovitati võtta arvutuslikuks fooniks aga 1,5 mg/l (Основы..., 1967).

Tabel 1

Jõgede fooniline biokeemiline hapnikutarve (BHT_5 mg/l)

Jõgi	Profiil	Tagatus			Looduslik foon 1950.—1960. aastail *
		5%	50%	95%	
Piusa	ülalpool Vastseliinat	4,8	1,7	6,9	1,5
Emajõgi	Rannu-Jõesuu	4,6	3,0	1,4	2,0
Võhandu	Võru—Antsla mnt. sild	4,1	1,3	0,5	1,5
Ahja	Kiidjärve	3,4	2,0	1,5	1,5
Pedja	Jõgeva sordiaretusjaam	6,7	2,2	1,1	2,0
Põltsamaa	Piibe	3,2	2,0	1,1	2,0
Amme	Sääsküla	5,9	2,3	1,0	1,5
Orajõgi	ülalpool Põlvat	4,4	2,1	1,0	1,5
Väike Emajõgi	enne Pedelit	5,8	2,2	0,8	1,4
Ohne	enne Tõrvat	4,3	2,2	1,1	1,5
Tarvastu	Viljandi—Pikasilla mnt.	5,7	2,0	1,0	1,5
Tänassilma	Kuudeküla sild	5,4	2,3	1,5	1,5
Pedeli	enne Piirioja	4,7	2,4	1,3	1,7

* Andmed võetud allikast: Основы..., 1967.

Vaatlusandmete interpreteerimisel on selgunud, et käesoleval ajal on enamiku jõgede BHT_5 väärtused kasvanud, jõevees on suurenenud kergesti lagunevate orgaaniliste ainete osatähtsus. Eeltoodut kajastab Emajõgi: Võrtsjärvest väljavoolul täheldati BHT_5 fooniks 50%-lise tagatuse korral 1960. aastatel 2,0 mg/l, käesoleval ajal aga juba 3,0 mg/l (tab. 1). Emajõe vee BHT_5 fooniväärtus ei vasta kõrgema kategooria veekogudele kehtestatud biokeemilise hapnikutarbe piirnormidele ($BHT_{täielik}$ 3,0 mg/l). Pealegi aastate 1980—1986 vaatlusandmetest 86% juhtudest täheldati BHT_5 väärtusi üle 2,0 mg/l. See viitab veenvalt Võrtsjärve reostuskoruse suurenemisele ja järve seisundi jätkuvale halvenemisele. On tarvis rakendada tõhusaid meetmeid kogu Võrtsjärve vesikonna vete kaitseks.

On täiesti arusaadav, et kasvanud on kaudse inimõju osatähtsus väikejõgede vee kvaliteedi formeerumisel (saastatud sademed, valgla intensiivsem majandamine, muutused hüdroloogilises režiimis jne.) ja sellest tingituna on muutunud ning muutub ka tulevikus foon.

Seni kuni inimesed ei ole suutelised ohjeldama hajureostust, mis haarab laialdasi maa-alasid, ka kogu jõe valglat, tuleb veekaitseorganitel ja veemajandusspetsialistidel, kes projekteerivad heitvete sisselaske, arvestada ajas muutuva fooniga. Fooni peab käsitlema kui teatud aastakümnetel kujunenud vete seisundit ja lähtudes sellest lahendama projektülesanded.

Jõgede vee kvaliteeti ja sanitaarset seisundit mõjustavad oluliselt punktreostusallikad, eeskätt linnade, maa-asulate, tööstus- ja muude ettevõtete reoveed. Eestis on Peipsi-Pihkva järve vesikonna jõgede suurimaks ohustajaks Tartu linn (Emajõkke juhitakse ligi 70% Peipsi vesikonna jõgede kogukoormusest), samuti Viljandi ja Võru (Raia jt., 1987). Kahjuks ei ole Tartu ega Viljandi veel seni saanud ajakohaseid veepuhasteid.

Peipsi-Pihkva järve vesikonna jõgede keskkonnakaitselise seisundi hindamiseks on jälgitud jõgede vee kvaliteedi pikaajalisi muutusi. Heitvetest tingitud jõgede reostatuse dünaamikat hinnati BHT₅ järgi, see iseloomustab küllalt hästi jõgedesse juhitavat heitvett ja vete üldist seisundit. Omavahel on võrreldud kolme vaatlusperioodi (1970—1975, 1976—1980 ja 1981—1986) orgaaniliste ainete sisaldust iseloomustava BHT₅ keskmisi väärtusi. Et eri vaatlusperioodide andmed oleksid omavahel võrreldavad, on arvatud kõik üksikanalüüsandmed arvutuslikule miinimumarvoolule, s. t. veekogu seisukohalt kõige kriitilisema veevaese (95%-lise tagatusega) perioodi kohta. Kasutati üldkehtivat meetodikat (Гидрохимические материалы, 1977):

$$C_{arv} = (C_m - C_f) \frac{Q}{Q_{min}} + C'_f,$$

kus C_{arv} on arvutuslik aine kontsentratsioon jõevees, mis vastab arvutuslikule miinimumvooluhulgale (Q_{min}), C_m mõõdetud reoaine kontsentratsioon vees, C_f reoaine foonikontsentratsioon, C'_f arvutuslik, miinimumvooluhulgale vastav fooni kontsentratsioon ja $\frac{Q}{Q_{min}}$ lahjendusarv, proovivõtu momendi vooluhulga (Q) suhe jõe miinimumvooluhulga (Q_{min}).

Uurimistulemused (tab. 2) näitavad, et Peipsi-Pihkva järve vesikonna jõgede seisund madalveeperioodil on küllaltki pingeline, pealegi mitmetes jõgedes on BHT₅ väärtused viimastel aastatel kasvanud. Võhandu ja Emajõe biokeemilises hapnikutarbes ei ole olulisi muutusi. Pidevalt on aga suurenenud heitvete mõju Tarvastu, Amme, Elva, Avijõe ja Pedja jõe vee kvaliteedile. Seni ei ole suudetud veel tagada jõgede küllaldast puhtust. Reostuskoormused aina kasvavad, veepuhastite ehitamine ei jõua aga sammu pidada uute tööstus- ja põllumajandusettevõtete käikulaskmisega, sageli ei tööta olemasolevad puhastid nõuetekohaselt ja kõige selle tagajärjeks on meie sisevete ebarahuldav seisund. Analoogiline on olukord ka teiste reostusnäitajate puhul. Paljudes jõgedes, eriti väikejõgedes ja kuivenduskraavides, on fosfori- ja lämmastikuühendite ning orgaaniliste ainete sisaldus kõrge, soodustades veekogude eutrofeerumist. Mitmetes jõgedes (Võhandu, Pedja, Tännassilma, Avijõgi jt.) arenevad suurtaimed nii ohtralt, et põhjustavad ummistusi; väheneb oluliselt jõe vee läbilaskevõime, mistõttu vegetatsiooniperioodil tõuseb veetase märgatavalt (Võhandu jões kuni 1,2 m). Peipsi jõgede vee ionkoostises avalduvad samuti olulised nihked (Loigu jt., 1988). Kõigi peamiste ionide sisaldus on suurenenud. Sellest hoolimata, et vesinikkarbonaat- ja kaaliumionide sisalduse absoluutväärtused on suurenenud, täheldatakse nende suhtelise osakaalu vähenemist vee ionkoostises. Samal ajal aga

Heitvete dünaamiline mõju jõgede vee kvaliteedile
 (arvutusliku BHT₅ järgi)

Jõgi	Profiil	Arvutuslik keskmine BHT ₅		
		1970—1975	1976—1980	1981—1986
Piusa	allpool Vastseliinat	5,0	8,8	20,5
Emajõgi	Rannu-Jõesuu	5,4	3,0	10,0
	Kvissental	4,0	4,8	5,1
	Ihaste	4,8	10,8	7,1
Võhandu	Kirunpää	6,7	7,6	7,4
	Himmiste	—	6,7	7,5
	allpool Räpinat	3,2	5,6	6,9
Elva	Vapramäe sild	3,2	9,5	12,7
Pedja	allpool Painküla	—	27,3	29,9
	Tõrve	9,2	13,8	19,7
Põltsamaa	Piibe	4,0	3,7	3,5
	Rutikvere	2,7	3,6	3,9
	Tallinn—Tartu mnt. sild	3,2	4,6	4,3
	allpool Põltsamaad	4,2	8,1	4,4
Amme	allpool Kärknat	—	47,9	84,9
Avijõgi	Mulgi	—	29,9	40,3
Väike Emajõgi	ülevallpool Pedelit	3,8	11,8	12,6
	Tõlliste	5,6	15,4	12,8
	Pikasilla	6,5	17,5	11,2
Ohne	peale Tõrvat	7,9	13,1	23,5
	allpool Suislepat	17,8	10,5	19,6
Tarvastu	Viljandi—Pikasilla mnt.	4,0	6,7	37,0
	Linnaveski pais	67,5	98,2	90,8
Tänassilma	Kuudeküla sild	5,2	35,5	24,6
	Oiu mnt. sild	5,8	58,5	46,0

on märgatavalt suurenenud inimtegevusest tulenevate sulfaat-, kloriid-, naatrium- ja kaaliumioonide osakaal. Isegi jõgedes, kuhu reovett vahetult ei juhita, täheldatakse analoogilisi muutusi ionkoostises (Лофры jt., 1985; Loigu jt., 1988). Tabelis 3 on esitatud Peipsi-Pihkva järve suubuvate suuremate jõgede vee kvaliteedi olulisemad näitajad. Kõige suurem reostuskoormus jõuab järve vesikonna suurima jõe Velikaja kaudu, mis hõlmab ligikaudu 57% kogu vesikonnast. Pihkva linnas on valminud ajakohased bioloogilised veepuhastid, mis likvideerivad heitveest orgaanilise reostuse. Fosfori- ja lämmastikuühendid muudetakse veetaimedele omastatavaks, mistõttu mineraalse fosfori sisaldus Velikaja jões on kõrge, keskmiselt 66 mg/m³, Emajões vastavalt 44 mg/m³. Velikaja jõgi ohustab tõsiselt Pihkva järve biogeensete ainetega, juba täheldatakse seal vetikate vohamist (Lindpere jt., 1987). Eestist Peipsisse voolavatest jõgedest on kõige halvemas seisundis Emajõgi ja Võhandu (tab. 3). Peipsi-Pihkva järve vesikonna vete seisundi parandamiseks tuleb tagada kõigi heitvete bioloogiline puhastus, suurima reostuskoormusega linnadele (Pihkva, Tartu) on hädasti vaja fosforiärastust. Lisaks toite- ja orgaanilistele ainetele satub jõgede kaudu järve märkimisväärselt väävlit. Jõgedes on sulfaatiooni sisaldus kõrge (tab. 3). Eriti kõrge on sulfaatide sisaldus Rannapungerja jões, kuhu juhitakse mineraalaineterikkad kaevandusveed. Keskmise SO₄²⁻ sisaldus Rannapungerja jõe vees on ligikaudu 100 mg/l, kusjuures maksimaalväärtused ulatuvad 200 mg/l. Madalveeperioodidel moodustavad kaevandusveed kuni 95% jõe äravoolust. Sulfaatide suurenenud sisaldust täheldatakse ka Alajõe ülemjooksul ja Varesmetsa peakraavis, kus sulfaatide keskmine sisaldus on 40 mg/l, maksimaalväärtused ulatuvad aga 60—70 mg/l. Alajõe vesikonna sulfaatide suurenenud sisaldus on

Jõgede vee kvaliteedi põhinäitajad

Jõgi	Profiil	Taga- tus %	BHT ₅ mg/l	PHT* mg O/l	N _{min} mg/l	P _{min} mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l
Velikaja	allpool Pihkvat	5	3,4	—	2,02	0,097	34,4
		50	2,2	—	0,69	0,066	20,2
		95	1,0	—	0,06	0,000	10,9
Piusa	allpool Vastseliinat	5	4,1	17	3,02	0,08	27
		50	2,0	9,4	0,76	0,04	15,0
		95	1,2	4,7	0,10	0,01	8,0
Võhandu	allpool Räpinat	5	3,8	22	2,26	0,16	42
		50	2,3	9,9	0,96	0,09	20
		95	1,3	6,4	0,10	0,01	9,0
Emajõgi	Rannu-Jõesuu	5	4,7	18	2,89	0,07	40
		50	2,9	13	0,50	0,01	20
		95	1,2	6,9	0,13	0,01	15
Emajõgi	Kavastu	5	4,1	19	4,40	0,190	61,0
		50	3,1	14	1,56	0,044	33,5
		95	1,1	6,7	0,30	0,001	12,0
Kullavere	suudmes	5	4,9	21	3,61	0,16	52
		50	1,9	11	1,24	0,04	30
		95	0,9	5,6	0,20	0,01	15
Avijõgi	suudmes	5	4,8	46	1,85	0,070	37
		50	1,5	13	1,53	0,009	31
		95	0,4	2,0	0,24	0,001	19
Rannapungerja	suudmes	5	4,3	73	1,85	0,012	200
		50	1,9	19	0,47	0,007	99
		95	0,3	7,7	0,14	0,000	32
Alajõgi	Ees-Varesmetsa	5	3,4	37	3,59	0,047	43
		50	1,8	20	0,96	0,015	37
		95	0,4	9,6	0,18	0,007	31
Alajõgi	suudmes	5	3,2	48	2,75	0,062	198
		50	1,6	17	0,38	0,024	25
		95	0,4	10	0,07	0,000	18

* Permanganaatne oksüdeeritavus.

seotud intensiivse põllumajandusliku maakasutusega. Intensiivse põllunduse piirkonna jõgede ja ojade sulfaatide sisaldus ei erine oluliselt pinnasevee horisondi vastavatest näitajatest. Peipsi-Pihkva järve vee sulfaatide päritolu ei ole veel täielikult selge, osalt mõjutab seda õhu üldine saastatus ja happelihmad, kuid väavli allikaks võivad olla ka väetised. Negatiivselt mõjuvad kuivendustööd. Metsa- ja põllumaade kuivendamisel teiseb aeratsioonivöö, mille tulemusel pinnases olevad sulfiidid oksüdeeruvad, aktiveerub väavli geokeemiline ringe. Arvatavasti eeltoodust tingituna esinevad sulfaatide maksimumväärtused magistraalkraavide vetes. Joonisel 2 on võrdluseks toodud Pljussa jõe ülemjooksu SO₄²⁻ sisaldus, kusjuures jõe valgla on suhteliselt looduslikus seisundis ja sulfaatide kontsentratsioonid vees väga madalad. Vähe mõjustatud on ka Piusa jõe valgla, jõgi läbib enamasti loodusmaastikke ja vee sulfaatide sisaldus on väike.

Peipsi-Pihkva järve vesikonna jõed ei ole küllaldaselt kaitstud reostumise eest, mistõttu mitmete jõgede praegune seisund on pingeline. On vaja pöörata senisest suuremat tähelepanu jõgede komplekssele kaitsele, et igati vähendada nii otsest kui ka kaudset inimõju (heitveed, hajureostus, maaparandus) jõgede vee kvaliteedile.

KIRJANDUS

- Lindpere, A., Starast, H., Milius, A., Pihlak, A.* Peipsi-Pihkva järve vee omadused ja nende seos biogeensete ainetega // ENSV TA Toim. Biol., 1987, 36, nr. 2, 146—153.
- Loigu, E., Kuslap, P., Narusk, M.* Peipsi vesikonna vete mineraalainete sisaldusest // Kaas-aegse ökoloogia probleeme. Trt., 1988, 67—70.
- Raia, T., Järvet, A., Loigu, E., Maastik, A.* Peipsi-Pihkva järve reostuskoormuse formeerumisest // ENSV TA Toim. Biol., 1987, 36, nr. 12, 156—160.
- Гидрохимические материалы. Т. LXVII. Вопросы исследования и прогнозирования загрязненности рек. Л., 1977, 37.
- Лойгу Э. О., Блинова И. Н., Марксоо П. А.* Оценка антропогенного воздействия на гидрохимический режим малых рек Эстонии // Рациональное использование и охрана водных ресурсов малых рек. Таллин, 1985, 133—136.
- Основы прогнозирования качества воды водоемов с учетом их самоочищения (на примере Эстонской ССР) // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. Сер. А. 1967, № 248, 27.

*NSV Lüdu Riikliku Hüdrometeoroloogia Komitee
Rakendusgeofüüsika Instituudi Läänemere Osakond*

Toimetusse saanud
6. VI 1988

Энн ЛОЙГУ, Юлле ЛЕЙСК

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ РЕК, ВПАДАЮЩИХ В ПСКОВСКО-ЧУДСКОЕ ОЗЕРО

В настоящее время существенное влияние на формирование качества воды рек бассейна Псковско-Чудского озера оказывает антропогенная деятельность. Отмечены значительные повышения фоновых значений (содержание легкоокисляемых органических веществ, ионного состава и т. д.), а также показателей БПК₅, вызванных сбросом сточных вод в речную систему. К настоящему времени по республике в целом наблюдается тенденция нарастания уровня загрязненности многих рек. Неблагоприятное действие на формирование качества вод оказывает и рассредоточенный смыв загрязняющих веществ с водосбора. Результаты исследований показывают, что особое внимание следует уделять комплексной охране рек.

Enn LOIGU, Ülle LEISK

CHANGES IN THE WATER QUALITY OF RIVERS IN THE LAKE PEIPSI DRAINAGE BASIN

At the present time human activities have a considerable influence on the water quality formation in the L. Peipsi drainage basin. Significant changes in the water quality are evident, at the same time natural concentrations have also increased (biochemical oxygen demand, ion composition, etc.). Long-term changes in the BOD₅-values in river systems, polluted by sewage outlets, have been found. Generally, the pollution level (BOD₅) has a tendency to increase in many rivers of our republic. Due to the absence of purification facilities the ecological situation in many rivers is bad. The wash-out of pollutants from the drainage area has a considerable influence on the river water quality formation. As seen from the results of investigations, much attention has to be given to the protection of rivers.