

---

# Vandens telkinių – elektrinių aušintuvų ekologinių tyrimų apžvalga

---

**Birutė Pernaravičiūtė**

*Vilniaus universiteto  
Ekologijos institutas,  
Akademijos g. 2,  
LT-2600 Vilnius*

Straipsnyje pateikta ekologinių šiluminės taršos vandens telkiniuose – elektrinių aušintuvuose tyrimų apžvalga nuo jos atsiradimo iki šių dienų aktualijų įvairiose pasaulio šalyse bei Lietuvos vandens telkiniuose: Elektrėnų mariose – Lietuvos šiluminės elektrinės ir Drūkšių ežere – Ignalinos atominės elektrinės aušintuvuose.

**Raktažodžiai:** elektrinė, šiluminė tarša

---

## IVADAS

Visame pasaulyje energetikos pramonės plėtotė neišvengiamai susiduria su problemomis, kylančiomis dėl nepalankaus jos poveikio gamtai. Ypač tai akivaizdžiai matyti statant bei eksploatuojant elektrines. Žinoma, kad elektrinių reaktoriams aušinti reikia milžiniško kiekio vandens, todėl jos paprastai statomos šalia didelių vandens telkinių, į kuriuos išliejamas reaktoriams aušinti panaudotas šiltas vanduo pakelia natūralią vandens temperatūrą, šitai pažeidžia natūralų tokių vandens telkinių ekosistemos autoreguliacijos procesą.

Vandens telkinių – elektrinių aušintuvų efektyvaus naudojimo bei jų mažesnio neigiamo poveikio aplinkai problemos negali būti sprendžiamas be nuodugnių gamtinių procesų tyrimų. Šilumos apykaita su atmosfera labai lemia vandens telkinių šiluminį režimą, o dirbtiniai šilumos šaltiniai jį smarkiai keičia. Todėl viena pagrindinių tokių vandens telkinių aušintuvų racionalaus funkcionavimo problemų yra jų šiluminio režimo bei jį sąlygojančių veiksnių tyrimai ir įvertinimas.

Žinoma, kad šiltame vandenyje intensyviau dauginasi dumbliai, vanduo labiau „žydi“, sumažėja vandens skaidrumas, pablogėja deguonies režimas ir apsivalymo procesai, padidėja jo rūgštingumas, mineralizacija, kai kurių toksinių chemikalų poveikis, greičiau dauginasi patogeninės bakterijos ir t. t. Dėl minėtų antropogeninių veiksnių nukenčia vandens kokybė, neigiamai veikianči vandens telkinių-aušintuvų ekosistemas, todėl jų šiluminis režimas yra vienas pagrindinių ekologinių veiksnių, turinčių didelę įtaką ežerų biologiniam produktyvumui. Kartu ryškus vandens kokybinių savybių pokytis neigiamai veikia funkcionuojančius elektrinių aušinimo sistemos įrengimus.

Anksčiau elektrinių poveikio aplinkai problemos buvo prieinamos tik nedaugeliui specialistų, pastaruoju metu svarstant ekologines problemas vis aktyviau dalyvauja visuomenė.

Šiuo metu Lietuvos visuomenė informuojama ne tik apie Ignalinos atominės elektrinės (AE) darbą, bet ir apie techninius sutrikimus joje.

Žinoma, kad Ignalinos AE reikšmė Lietuvos ekonomikai yra didžiulė: atominės energijos dalis bendroje energijos gamyboje sudaro net 86,8%, tuo tarpu Prancūzijoje – 75%, Vengrijoje – 42,1%, Ukrainoje – 32,7%, Vokietijoje – 27,3%, Čekijoje – 21,1%, Rusijoje – 12,5%. Tačiau visus šiuos ekonominius rodiklius nustelbia Ignalinos AE saugumas. Teigiama, kad erbiourano kuras, kurį Ignalinos AE pradėjo naudoti, ypatingas tuo, jog atsiradus cirkuliacijos sutrikimams jis pats save užgesina, todėl tokia avarija, kokia buvo Černobylio atominėje elektrinėje, Lietuvoje įvykti negali (Rinka, 1997).

Apie saugų Ignalinos AE funkcionavimą kalbėjo ir Lietuvos prezidentas V. Adamkus, 2002 m. sausio mėnesį viešėdamas JAV (Lietuvos..., 2002). Tačiau pastarųjų metų Lietuvos tarptautiniuose santykiuose, susijusiuose su stojimu į Europos Sąjungą bei NATO, dar labiau išryškėjo atominės energijos saugaus eksploatavimo Lietuvoje problema. Kaip žinoma, Vakarų valstybės kuo skubiau nori sustabdyti Ignalinos AE veiklą, baiminantis atominės energetikos sukeltų avarių pasekmių. Tačiau kita, šiuo atveju ekologinio pobūdžio, avarija labai reali. Daugiamečiai Drūkšių ežero – Ignalinos AE ir Elektrėnų marių – Lietuvos šiluminės elektrinės (ŠE) aušintuvų ekologiniai tyrimai rodo neigiamą jų ekosistemų būklės tendenciją.

Šio darbo tikslas – supažindinti skaitytoją su ekologinių problemų, susijusių su elektrinių veikla bei

jos įtaka aplinkai, tyrimų raida – nuo šiluminės taršos problemos atsiradimo iki šių dienų aktualijų tarptautinėje bei Lietuvos mokslo plotmėje.

Lietuvos nacionalinėje M. Mažvydo ir Mokslų akademijos (MA) bibliotekose tarptautinės mokslinės literatūros šaltinių nagrinėjama tema aptikti beveik nepavyko, todėl daug tarptautinių mokslinių tyrimų apžvalgai panaudotos medžiagos buvo surinkta tuometinėse SSSR MA Vidaus vandenų biologijos instituto bei Maskvos valstybinio M. Lomonosovo universiteto bibliotekose bei tarptautiniuose moksliniuose sambūriuose: Rusijoje bei Ukrainoje 1986, 1997, 2001 m. įvykusiųse hidroekologų suvažiavimuose, I–III tarptautinėse vandens telkinių limnologijos ir vandens kokybės konferencijose, įvykusiųse 1987, 1992, 1997 m. Čekijoje, V–IX tarptautinėse ežerų panaudojimo ir apsaugos konferencijose, įvykusiųse 1990, 1995, 1997, 1999, 2001 m. Japonijoje, Argentinoje, Danijoje ir kt. Daugumos minėtų konferencijų bei suvažiavimų darbe teko dalyvauti ir Ekologijos instituto mokslininkams.

Drūkšių ežero bei Elektrėnų marių ekologinių tyrimų apžvalga parengta pagal šio straipsnio autorės ir jos kolegų atliktų tyrimų rezultatų analizę, panaudojus Lietuvos mokslininkų darbus bei respublikinių mokslinių konferencijų ir tarpžinybinių seminarų „Atominė energetika ir aplinka“ medžiagą.

## ŠILUMINĖS TARŠOS PROBLEMA

Pakėlus vandens temperatūrą pažeidžiama natūrali aušintuvų ekologinė būklė, todėl šilto vandens išleidimas į natūralius vandenis, pažeidžiant pastarųjų fizines savybes, JAV buvo pavadintas šilumine tarša (*thermal pollution*).

Pirmieji darbai, skirti kai kuriems šios srities klausimams nagrinėti, pasirodė penktojo dešimtmečio pabaigoje JAV. Tai buvo nedideli straipsniai, skelbti daugiausia techniniuose žurnaluose (*Industrial Wastes, Industrial and Engineering Chemistry, Journal WPCF, Industrial Water Engineering, Water and sewage works, International Journal air and water pollution* ir kt.). Juose buvo pateikiama duomenų ir abstrakčių samprotavimų apie ekologinius pakitimus, kuriuos sukelia papildoma šiluma, patenkanti į vandens telkinius. Pirmieji moksliniai darbai apie šilto vandens poveikį vandens organizmams pasirodė 1956–1963 m. JAV. Tarp žymesnių mokslininkų, tyrusių šiluminės taršos problemą, verta paminėti G. E. Arnold, J. R. Brett, J. Cairns, R. D. Hoak, H. B. Hynes, R. H. Laberge, S. Markowshi, E. W. Moor, J. B. Spraque ir kt.

Pirmieji šios srities darbai tuometinėje SSSR buvo straipsniai apie elektrinių aušintuvų užžėlimą. Tokie vandens telkiniai, ypač pietuose užželia 50% ir daugiau, dėl to smarkiai pablogėja vandens aušinio sąlygos, užsikemša vandens valymo filtrai, užsi-

teršia vandens telkinys, ypač masiškai suvešėjus povandeniniams augalams (Шиманский, 1963). Pasirodė mokslinių darbų, skirtų vandens gyvūnijos funkcionavimui kontrastingos temperatūros (termogradientinėmis) sąlygomis. Laboratoriniai tyrimai bylojo, kad vandens gyvūnų reakcija į aplinkos temperatūros kitimą yra nevienareikšmė.

Pirmoji mokslo įstaiga tuometinėje SSSR, pradėjusi nagrinėti šilto vandens poveikį elektrinių aušintuvų vandens organizmams, buvo Ukrainos SSR MA Hidrobiologijos institutas. 1962 m. jame pradėti, o nuo 1966 m. pagal kompleksinę ekologinę programą išplėtoti Ukrainos elektrinių aušintuvų hidrologiniai bei hidrobiologiniai tyrimai, kurie tęsiami iki šiol.

Jau nuo septintojo dešimtmečio ėmė sparčiai gausėti publikacijų, nagrinėjančių elektrinių poveikį vandens telkinių-aušintuvų ekosistemoms. Tiriant Ukrainos vandens telkinius – hidroelektrinių aušintuvus pagal hidrobiologinio režimo ypatumus šie vandenys skirstyti į didžiausio, vidutinio ir mažiausio išilimo, jei jų vandens temperatūra vasarą būdavo aukštesnė už natūralią atitinkamai 6, 4–6 ir 0,5–3,0°C (Пидгайко и др., 1970).

Nustatyta, kad elektrinių aušintuvuose pakilus vandens paviršiaus temperatūrai ( $t_p$ ) aukščiau nei 30°C, gausiai suveša dumbliai, ypač melsvadumbliai. Jei  $t_p$  siekia 33–35°C ir daugiau, sumažėja fitoplanktono biomasė (Гринь, Виноградская, 1968). Taip pat nustatyta, kad šiek tiek pakėlus vandens temperatūrą, mikrofitobentos kiekis padidėja 6–8 kartus, o jei  $t_p > 25^\circ\text{C}$  – jo kiekis pradeda mažėti. Dėl smarkaus vandens išilimo gerokai sumažėja makrozoobentos gausumas ir biomasė. Nustatyta, kad esant  $t_p \geq 25^\circ\text{C}$  labai pakenkiama makrozoobentosui (Пидгайко и др., 1970).

Apibendrinus Ukrainos elektrinių aušintuvų tyrimo rezultatus, padaryta išvada, kad  $t_p = 28\text{--}30^\circ\text{C}$  yra ta riba, kurią pažeidus prasideda neigiami reiškiniai, t. y. pablogėja vandens kokybė ir sumažėja vandens telkinio produktyvumas (Пидгайко и др., 1970).

1967 m. SSSR MA Vidaus vandenų biologijos institutas pradėjo hidrobiologinius tyrimus dideliame Volgos upės baseinui priklausančiame Ivankovsko tvenkinyje – Konakovsko hidroelektrinės aušintuve. Ivankovsko tvenkinio-aušintuvo terminio režimo pokyčių bei vandens dinaminį procesų tyrimus atliko daugelis žymių Rusijos hidrologų, tokių kaip N. Butorinas, T. Kudrina, A. Litvinovas ir kt.

Nustatyta, kad Ivankovsko tvenkinio-aušintuvo šilumos atsargos dėl patenkančio iš Konakovsko hidroelektrinės šilto vandens labiausiai padidėja žiemą: sausį 30–40%, o vasarį ir kovą – 3–3,5 karto. Tuo tarpu vasarą vandens telkinio šilumos atsargos dėl šilumos veiksnio kinta nežymiai (Буторин, Кудрина, 1975).

1967–1970 m. atlikti tyrimai parodė, kad Ivankovsko tvenkinyje-aušintuve šilto vandens išplitimo

zonoje 1,5–3,0 kartus padidėjo fitoplanktono biomasė (Девяткин, 1975). Taip pat nustatyta, kad šiltuoju metų laiku termiškai užterštoje Ivankovsko tvenkinio-aušintuvo dalyje žūsta visi planktono pirmuonys (Мамаева, 1975) ir pelaginiai vėžiagyviai (Ривьер, 1975).

Vertėtų pažymėti, kad daugelis žymių Vidaus vandenų biologijos instituto ekologų padėjo paruošti bei konsultavo Lietuvos mokslininkus, pradėjusius Elektrėnų marių bei Drūkšių ežero ekologinius tyrimus.

Daugėjant mokslinių tyrimų, skirtų elektrinių aušintuvų ekologinėms problemoms, iškilo būtinybė rengti mokslinius pasitarimus. Todėl 1967 m. Kijeve buvo surengtas pirmasis koordinacinis pasitarimas elektrinių aušintuvų biologinės ir cheminės būklės klausimais. Kai kurie šių vandens telkinių biologijos klausimai nagrinėti ir 1970 m. Lvove įvykusiame pasitarime, skirtame hidroelektrinių aušintuvų ekologinėms problemoms spręsti.

Iš elektrinių išleidžiamo šilto vandens poveikio vandens ekosistemoms problema ypač aktyviai svarstyta JAV. Pavyzdžiui, 1968 m. Nešvilyje ir Portlende surengti simpoziumai, skirti šiluminės taršos problemoms spręsti, t. y. jų inžinieriniams ir biologiniams aspektams aptarti, jie taip pat įvyko pagal tarptautinę biologinę programą dirbančios šiluminių problemų darbo grupės Čisapiko (Chesapeak) laboratorijoje (JAV). Ši laboratorija paskelbė nemažai mokslinių darbų, nagrinėjančių bendrą šiluminės taršos įtaką JAV elektrinių aušintuvų vandens organizmams (Adams et al., 1970; Chang, 1971; Countant, 1970; Edinger, 1970; Graham, 1971), taip pat vandens telkinių-aušintuvų terminio režimo (Rahman, Marcotte, 1974; Ryan et al., 1974; Sundaram, Rehm, 1972) bei jo poveikio žuvims (Adams et al., 1970; Fry, 1971; Neil, Magnuson, 1974), bentosui (Barnett, 1972), zooplanktonui (Heinle, 1979) ir fitoplanktonui (Morgan, Stross, 1969) klausimu. 1970 m. įvyko simpoziumas (Vašingtone), nagrinėjęs šiluminių atliekų reikšmę elektros energijos gamyboje, taip pat simpoziumas (Niujorke), skirtas atominių elektrinių aušintuvų ekologinėms problemoms aptarti. 1971 m. Londone surengta mokslinė konferencija, skirta gėlujų vandenų biologijos problemoms, susijusioms su elektros energijos gamyba, spręsti bei simpoziumas (Vienoje), nagrinėjęs šiluminių ir atominių elektrinių poveikį įvairioms vandens telkinių-aušintuvų ekosistemoms. Iš minėtų mokslinių renginių publikacijų ryškiai išsiskiria biologinio pobūdžio darbai šiluminės taršos tematika.

Tyrinėjant Anglijos upes, kurių vanduo aušina šiluminių bei atominių elektrinių agregatus, tarp kelių šimtų rūšių dugno bestuburių buvo aptiktos 32 rūšys, gyvenančios 30°C temperatūroje; iš jų tik penkios rūšys buvo labai atsparios aukštai temperatūrai (Langford, Aston, 1972). Taip pat nustatyta, kad pir-

minė vandens telkinių produkcija padidėja vandeniui išilus ne daugiau kaip 15–20°C, tačiau jos vystymasis sustoja, kai vandens temperatūra yra aukštesnė nei 25°C (Morgan, Stross, 1969; Wariner, Brehmer, 1966).

Ištirta, kad aukšta vandens temperatūra stipriai veikia zooplanktoną. Pavyzdžiui, Grin Riverio (Green River) upėje, priklausančioje Kolorado upės baseinui (JAV), vandeniui išilus 27,5–36,3°C žuvo apie 10, o esant 40°C – iki 80% zooplanktono (Churchill, Wojtalik, 1969; Heinle, 1969).

Taip pat ištirta, kad aukštesnieji vandens augalai termiškai užterštose vandens telkinių dalyse iki tam tikros temperatūros vystosi labai intensyviai. Pavyzdžiui, Turku Rago (Florida) elektrinės apylinkėse subtropikų zonoje gausūs „vėžlinės žolės“ kilimai suvešėjo esant vandens temperatūrai 28°C, o pasiekus 40–41°C pradėjo nykti (Barer, Tabb, 1970). Kai kurių autorių (Countant, 1970; Countant, 1973) tyrimų duomenimis, makrofitų vystymasis sulėtėja esant 30–35°C.

Daugėjant mokslinės literatūros apie šilto vandens poveikį vandens telkinių – elektrinių aušintuvų ekosistemoms iškilo būtinybė šiuo klausimu rengti bibliografijas ir apžvalgas. Todėl jau septintojo dešimtmečio viduryje pasirodė pirmosios tokios apžvalgos: literatūros apie vandens temperatūros poveikį jūros organizmams (Naylor, 1965) bei šilto vandens poveikį upių biologijai (Trembley, 1965). 1967 m. JAV išleista išsami bibliografija šiluminės taršos tema (Bibliography on thermal pollution) bei darbų rodyklė apie temperatūros pokyčių poveikį vandens organizmams (Kennedy, Mihursky, 1967).

Išsamių bibliografijų rusų kalba nebuvo išleista, tačiau kai kurie autoriai sudarinėjo nedideles literatūros apie šilto vandens poveikį vandens telkinių – elektrinių aušintuvų biologijai apžvalgas (Быкова, 1973).

1975 m. išleistas mokslinių straipsnių rinkinys „Vandens telkinių aušintuvų organizmų ekologija“, kuriame paskelbtas F. Morduchajaus-Boltovskio apžvalginis straipsnis „Šiluminių ir atominių elektrinių poveikio hidrobiologiniam vandens telkinių režimui problemos“. Šiame straipsnyje pirmą kartą tuometinėje SSSR buvo analizuojamas iš šiluminių elektrinių išleidžiamo šilto vandens poveikis aušintuvų ekosistemoms bei pateikiama literatūros apžvalga (daugiau nei 260 pavadinimų) apie šiluminių elektrinių poveikį vandens telkinių hidrobiologijai, taip pat nurodomi pagrindiniai darbai apie pakilusios vandens temperatūros poveikį hidrobiontams.

1977 m. išleistas mokslinių straipsnių rinkinys, redaguotas garsaus rusų biologo G. Vinbergo. Jame plačiai aprašoma vandens temperatūros pokyčių įtaka žuvims. Tuo metu pasirodo darbų apie šiluminės taršos problemas hidrobiologinius aspektus, t. y. apie

šilto iš elektrinių išleidžiamo vandens pasiskirstymą tam tikrose vandens telkinių dalyse ypatybes (Филатова и др., 1976; 1976), apie termiškai užterštų zonų aušintuvuose apskaičiavimo metodus (Филатова, Ципперт, 1975), apie Baltarusijos ežerų – šiluminių elektrinių aušintuvų terminio režimo pakitimus (Доброжанская, 1976) bei vandens sroves ir turbulentinę vandens apykaitą (Литвинов, Буторин, 1976). Tuo metu JAV buvo išleista mokslinių darbų apžvalga apie šilumos poveikį vandens organizmams (Talmage, 1980).

1979 m. San-Franciske (JAV) įvyko mokslinė konferencija vandens telkinių apsaugos ir racionalaus energijos išteklių naudojimo klausimais. Joje konstatuota, kad visame pasaulyje auga elektros energijos gamybos ir vartojimo poreikiai, todėl susiduriama su naujomis ekologinėmis problemomis, ypač su tuo metu visame pasaulyje išaugusia atominių elektrinių statybų apimtimi.

Vienas svarbiausių veiksnių, iš esmės veikiantis metabolinius vandens organizmų, iš jų ir gyvūnų procesus, yra temperatūra. Žinoma, kad kiekviena hidrobiontų rūšis turi apatinę ir viršutinę tolerancijos ribas. Nutolus nuo šių ribų, kinta jų bendroji medžiagų apykaita, atsiranda kitų reiškinių, būdingų energetinės ir plastinės apykaitos krypties kaitai.

Per visą gyvenimą žuvis labai veikia vandens temperatūrų pokyčiai. Vandens temperatūros poveikį žuvų organizmui nagrinėjo daugelis mokslininkų.

Dėl pakeisto terminio režimo ir todėl pakitusio vandens išsivystymo lygio (optinių rodiklių) dėsninai kinta žuvų populiacijų struktūros (ekologinės, genetinės) ir funkcionavimo (augimo, gausumo, mirtingumo, produkcijos, biomasės ir kt.) rodikliai (Вирбицкас, 1988).

Esant vandens temperatūrai 22,8–23,9°C, šilumėgių žuvų elgesio nukrypimų nenustatyta, o esant 33,9°C sutrinka kvėpavimas. Pavyzdžiui, unguriai žuva, esant 45–46°C (Szeky, 1968).

Daugelį praeivių žuvų rūšių blogai veikia staigus temperatūros kilimas. Ketos šiųmetukai visiškai žuva pakilus vandens temperatūrai nuo 15,5 iki 24°C per min. (Snyder, Blahm, 1971). Dėl tokių vandens terpės parametrų pokyčių sumažėja upėtakio produktyvumas (Wurstbaugh, Davis, 1977).

Pažymėtinos ir neigiamos pakilusio vandens temperatūros pasekmės žuvų auginimui: žiemą aušintuve esant aukštai vandens temperatūrai ir didesniai metabolizmo greičiui, tačiau trumpam maitinimosi periodui, energijos atsargos, sukauptos vegetacijos periodu, greitai sunaudojamos, todėl vėliau badaujama bei sulėtėja augimas (Sandström et al., 1995).

Aušintuvuose kinta visų struktūrinių lygių ekosistema. Organizmų funkcionavimo, populiacijų ir bendrijų struktūros ir funkcionavimo pokyčiai sukelia medžiagų ir energijos srautų pokyčius – ekosistemos

pokyčius apskritai. Įdomūs rezultatai gauti atlikus tyrimus Baltijos jūros priekrantinėje zonoje ties Švedija. Skirtingo termofiliškumo žuvis natūraliomis sąlygomis įvairiais savo gyvenimo periodais pasirenka aplinką, labiausiai tenkinančią jų gyvybines funkcijas (Astrauskas ir kt., 1994; Neuman, 1983). Tyrimai, atlikti vandens aušinimo baseinuose, parodė šilumėgių žuvų rūšių eliminaciją ir rūšių kaitą į šilumėgesnes (Haroszewich, 1975; Астраскас, 1993; Вирбицкас, 1993). Taip pat konstatuota, kad skirtingo termofiliškumo žuvų pasiskirstymui įtakos turi ne tik vandens temperatūra, bet ir telkinio morfometrines savybės, bendra vandens mineralizacija, dujinis režimas ir kiti veiksniai (Романенко, 1980).

Praėjusio šimtmečio devintajame dešimtmetyje išleidžiama nemažai leidinių, nagrinėjančių šiluminės taršos problemas, kuriami modernūs tyrimų metodai. Tarp jų paminėtini įvairių procesų vandens ekosistemoje modeliavimas ir prognozavimas pasitelkiant aerokosmines nuotraukas.

Dėl padidėjusio atominių elektrinių darbo pavojaus po avarijos Černobylio AE buvo pasiūlytas naujas šiluminės taršos vertinimo kriterijus – ekologinio pavojaus indeksas, tiksliau įvertinantis ekologinę aušintuvo būklę (Иванова, Трущевский, 1989).

Tuo metu tarptautiniu mastu aktyviai organizuojamos mokslinės konferencijos bei pasitarimai, į kurių dienotvarkes buvo įtraukti šiluminės taršos poveikio aplinkai klausimai. Iškilusios ekologinės problemos, ypač dėl padaugėjusių statomų elektrinių prie natūralių ir dirbtinių vandens telkinių ir jų poveikio aplinkai buvo gvildenamos daugelyje atomine energetiką eksploatuojančių šalių.

Viena pagrindinių šio šimtmečio ekologinių problemų yra susijusi su pramonės plėtros sukeltais pasaulio klimato pokyčiais. Tiriant elektrinių aušintuvų šiluminės taršos poveikį aplinkai iškilo klausimas, kokią dalį papildomos šilumos vandens telkiniai-aušintuvai gauna iš elektrinių, o kokią dalį iš atmosferos, kurios temperatūra per pastaruosius dešimtmečius palaipsniui kyla.

## LIETUVOS ENERGETIKA IR APLINKOS TYRIMAI

Lietuva su šiluminės taršos problema susidūrė pradėjus eksploatuoti Lietuvos šiluminę elektrinę (ŠE) Elektrėnuose. Jos aušintuvu tapo 5 Strėvos upės baseino ežerai, kuriuos užtvindžius atsirado Elektrėnų marios. Pirmieji elektrinės energetiniai blokai pradėjo veikti 1962 m. pabaigoje. Vėliau, pradėdant eksploatuoti vis naujus agregatus, elektrinės galingumas nuo 1972 m. didėjo ir Elektrėnų marių šiluminis apkrovimas ( $\geq 400 \text{ W/m}^2$ ) pasidarė būdingas labai perkaitintiems aušintuvams. Nuo 1992 m. Lietuvos ŠE gaminamos elektros energijos produkcija ir vandens

talpyklos šiluminis apkrovimas ( $<10 \text{ W/m}^2$ ) labai sumažėjo (Bernotas, 2001).

Be papildomos šilumos, išliejamos į vandens telkinius-aušintuvus, į atmosferą ir dirvožemį patenka nemažai kuro (Lietuvos ŠE atveju – mazuto) dalelių, t. y. sunkieji metalai, sieros rūgštis, radioaktyviosios bei didelio biologinio aktyvumo dalelės ir t. t. Todėl, be vandens telkinio ekosistemos tyrimų, buvo atliekami ir aplinkinio regiono ekologiniai tyrimai. Jie pradėti 1967 m., o 1977 m., patvirtinus specialią respublikinę Lietuvos ŠE poveikio aplinkai kompleksinių tyrimų programą, ekologiniai tyrimai išplėsti. Šią tyrimų programą vykdė Lietuvos MA institutai: Fizikinių-techninių energetikos problemų, Zoologijos ir parazitologijos, Chemijos ir cheminės technologijos, Botanikos, Fizikos bei Geografijos skyrius ir kitos įstaigos.

Sukaupta mokslinė informacija apie Elektrėnų marių – Lietuvos ŠE aušintuvo ekosistemos funkcionavimą paskelbta Atominės energetikos komisijos prie Lietuvos MA Prezidiumo nutarimu pradedtoje leisti mokslo darbų serijoje „Šiluminė energetika ir aplinka“.

Ekologiniais tyrimais nustatyta, kad Elektrėnų marių vanduo vidutiniškai per metus pašildomas  $6-7^\circ\text{C}$ , o šilto vandens išliejimo kanalų zonoje vasarą  $t_p$  siekė  $35^\circ\text{C}$ . Iš šio telkinio paviršiaus pašildyto vandens išgaruoja daugiau kaip du kartus daugiau, palyginus su natūraliais vandens baseiniais (Теплоэнергетика ..., 1981).

Lietuvos ŠE aušintuve vyrauja šiltamėgiai diatominiai ir žalieji dumbliai. Vasarą vietose, kuriose  $t_p$  siekė  $29-31^\circ\text{C}$ , dumbliai vystėsi lėčiau, o fitoplanktono sumažėjo daugiau kaip 4 kartus. Ryškus augalų fenologinių fazių kitimas – pailgėjimas – nustatytas šilto vandens zonoje. Čia daug anksčiau nei kitose zonose augalai pradėjo vegetuoti, žydėti, bręsti. Šioje zonoje fenologinis pavasaris prasidėjo anksčiau. Ištirta ir mikrodumblių reakcija į temperatūrą:  $34^\circ\text{C}$  temperatūroje rūšių sumažėjo, o  $40^\circ\text{C}$  dumblių augimas ryškiai sulėtėjo. Nustatyta, kad vegetacijos metu, kai išliejamas iš ŠE  $t_p$  būna  $21-31^\circ\text{C}$  elektrinės šaldymo sistemos agregatuose žūva 47–70, o kai  $t_p = 15-28^\circ\text{C}$  – 23–47% zooplanktono rūšių (Теплоэнергетика..., 1981).

Gautųjų hidrobiologinių duomenų pagrindu padaryta išvada, kad Lietuvos ŠE aušintuvo – Elektrėnų marių vandens temperatūros riba, leidžianti funkcionuoti gėlavandeniams hidrobiontams aušintuvuose, esančiuose vidutinio klimato juostoje, yra  $28^\circ\text{C}$ . Tačiau išsamūs Drūkšių ežero – Ignalinos AE aušintuvo tyrimų rezultatai pakoregavo sanitarinę normą – ji sumažėjo iki  $24,3^\circ\text{C}$  (Gailiušis, 1995).

Ichtiologiniai Elektrėnų marių tyrimai parodė, kad dėl antropogeninio poveikio sumažėjo žuvų gausumas ir biomasė, pasikeitė rūšinė sudėtis: 1990 m.

žvejų laimikiuose vyravo menkavertė smulki kuoja ir aukšlė.

Ne tik atominių, bet ir šiluminių elektrinių šilto vandens tyrimai glaudžiai susiję su jų radiaciniais tyrimais. Radionuklidai  $^{90}\text{Sr}$  ir  $^{210}\text{Pb}$  vandens augalijoje ir moliuskuose šilto vandens zonoje kaupiasi intensyviau. Aukštesnėje vandens temperatūroje didėja švino toksiškumas dumbliams, o  $t_p$  pakilus iki  $29^\circ\text{C}$ , daugiau kaupiasi radionuklido (Теплоэнергетика ..., 1981).

Taip buvo padėtas pagrindas būsimiems Drūkšių ežero – Ignalinos AE aušintuvo ekologiniams tyrimams.

Buvusios SSSR vadovybei nutarus statyti didelio pajėgumo atominę elektrinę šalia didžiausio Lietuvoje Drūkšių ežero, nuo 1977 metų, tik pradėjus statyti Ignalinos AE, grupė Lietuvos mokslo institutų ir aukštųjų mokyklų specialistų pradėjo tyrinėti Drūkšių ežero – Ignalinos AE aušintuvo baseiną ir aplinkinį regioną. Buvo nustatomos kokybinės ir kiekybinės Drūkšių ežero ir jo regiono charakteristikos, kad vėliau būtų galima įvertinti antropogeninio poveikio sąlygotus pokyčius. Pirmą kartą atominių elektrinių statybos praktikoje buvusioje SSSR ir kituose kraštuose buvo taip išsamiai tiriamas AE poveikis gamtai. Dar prieš paleidžiant Ignalinos AE pirmuosius energetinius blokus buvo užfiksuoti nemaži Drūkšių ežero vandens kokybės ir biocenozų struktūros bei jų funkcionavimo pakitimai, susiję su AE statyba. Jau tada kompetetingų specialistų apskaičiavimai bei išvados privertė iš esmės keisti numatytas elektrinės eksploatacijos sąlygas, kad būtų išvengta pavojingo poveikio ne tik gamtai, bet ir žmonėms.

Dabartinę Drūkšių ežero geologinę aplinką suformavo kvarteto periodo ledynai. Kristalinis uolienų pagrindas yra 750 m gylyje, ežero regiono geologinė aplinka nėra stabili – tai būdinga žemės plutos tektoninių lūžių dislokacijos vietoms. Būtent tokioje vietoje stovi Ignalinos AE.

Drūkšių ežero aplinkos hidrologiniai baseinai ir krituliai maitina Pabaltijo arteinį baseiną – susidaro spūdis, todėl šio baseino paviršiniai vandenys praskverbia ir pasklinda požeminiuose horizontuose, iš kurių išgaunamas geriamasis vanduo (Atominė..., 1993).

Iki Ignalinos AE eksploatacijos pradžios Drūkšių ežeras buvo mažo produktyvumo mezotrofinis su oligotrofijos bruožais vandens telkinys su tipiška tokiems vandens telkiniams biotos rūšine sudėtimi – vyravo šaltamėgiai ir euriterminiai organizmai.

Dėl Ignalinos AE statybos Drūkšių ežero pelaginių žuvų santykinis gausumas žuvų bendrijoje pakito: 1979–1983 m. buvo stebima stintelių populiacijos gausumo mažėjimo tendencija, nors 1950–1967 m. ežere stintelių sugauta iki 50% visos žuvų biomasės.

Seliavų pradėjo mažėti nuo 1979 m. Tuo metu jų biomasė ežere buvo apie 23 t, tačiau per dvejus metus jų gausumas sumažėjo net 23 kartus (Астраускас, 1986).

Iki Ignalinos AE paleidimo vidutinė fosfatinio fosforo ( $P_f$ ) koncentracija Drūkšių ežere buvo tik apie 0,002 mg/l, o vidutinių metinių bendro azoto ( $N_b$ ) ir fosforo ( $P_b$ ) koncentracijų santykis buvo 21:1 (Буникис и др., 1987). Fitoplanktono biomasė buvo ne didesnė kaip 3,0 mg/l (Янкавичюте, Янкявичюс, 1993), o jo vidutinė integralinė metinė pirminė produkcija buvo 27 gC/m<sup>2</sup> per metus (Шулиене, Янкявичюс, 1987). Zoobentos biomasė ežero litoralėje buvo 2,99 g/m<sup>2</sup> (Račiūnas, 1991).

Nuo 1984 m., pradėjus eksploatuoti pirmuosius Ignalinos AE energetinius blokus, Drūkšių ežeras tapo aušintuvu. Vienam reaktoriui aušinti naudojama 80 m<sup>3</sup>/s vandens, kuris pašildytas 9–12°C išliejamas atgal į ežerą. Po Ignalinos AE paleidimo vidutinė  $t_p$  pakilo 2–3°C, o priedugninė (30 m gylyje) – 2,2°C, t. y. ji pakilo dėl Ignalinos AE išleidžiamo šilto vandens ir dėl oro pašildymo tiriamuoju metu. Didelis šilto vandens poveikis buvo nustatytas visoje ežero vandens masių vertikaloje (Pernaravičiūtė, 1999; Жукайте, 1992; Янукенене, 1993). Žiemą išliejamo šilto vandens poveikis yra didesnis, po ledu jis pasklinda gerokai plačiau ir giliau nei vasarą (Жукайте, 1992).

Tęsiant ekologinius tyrimus iškilo poreikis sukurti Ignalinos AE regiono, kaip vieningo gamtos komplekso, tyrimų programą. 1993 m. iniciatyvinė mokslininkų grupė sukūrė tokią programą, pavadinę ją „Atominė energetika ir aplinka“. Programos vykdymo trukmė – 1993–1997 m.

Pirmaisiais Ignalinos AE eksploatacijos metais (1984–1988) Drūkšių ežero trofinis statusas iš esmės liko nepakitęs (Буникис, Салицкайте, 1993; Шулиене, Янкявичюс, 1993). Vėliau, ežerą nuolat teršiant Visagino miesto buitiniiais nutekamaisiais vandenimis, miesto lietaus kanalizaciją, Ignalinos AE aikštelių, cheminio vandens paruošimo cecho nuotekomis, 1994–1997 m. vidutinė  $P_b$  koncentracija buvo didesnė už ankstesnę 2,4, o  $P_f$  – net 9 kartus (Salickaitė-Bunikienė ir kt., 1997).  $N_b$  ir  $P_b$  vidutinių metinių koncentracijų santykis jau 1993 m. pasidarė artimas, o 1995–1997 m. – būdingas tipiskai eutrofinei vandens telkinio būklei. Tai patvirtina ir optiniai ežero tyrimai: iš optiškai vidutiniškai gilaus ežeras virto optiškai sekliu: vandens skaidrumas vasarą sumažėjo vidutiniškai nuo 5 (1976 m.) iki 2 m (1997 m.), o vandens spalva nuo XI (1976 m.) iki XIII (1997 m.) Forelio-Ulės skalės spalvos numerio (Pernaravičiūtė, 1999).

Fitoplanktono biomasės pokyčiai įgavo neapibrėžtą pobūdį tiek sezono, tiek daugiamečio vystymosi

eigoje, tačiau jo metinės integralinės pirminės produkcijos didėjimo tendencija buvo pakankamai akivaizdi ir paskutiniaisiais tyrimo metais (1997 m.) jau pasiekė eutrofiniams vandens telkiniams būdingus dydžius (Янкавичюте, Янкявичюс, 1993). Zoobentos biomasė ežero litoralėje padidėjo 2,5 karto. Per Ignalinos AE eksploatacijos metus ežere masiškai paplito moliuskas dreisena, o vienintelis ledynmečio reliktas – vėžiagyvis *Limnocalanus macrurus* išnyko (Račiūnas, 1991).

Radioekologinė Ignalinos AE regiono situacija taip pat nepalankiai pakito. Nors nė vieno tiriamų radionuklidų koncentracija ežero dugno nuosėdose nėra didžiausios leidžiamos koncentracijos, tačiau jau priartėjo prie jos. Dėl geologinės ir hidrologinės aplinkos struktūros specifiškumo įmanoma greita teršalų, pirmiausiai radionuklidų migracija milžiniškoje teritorijoje (Atominė..., 1993). Į tai būtina atsižvelgti įvertinant AE poveikį gamtai.

Šiuo metu ekologiniai Drūkšių ežero tyrimai nevykdomi dėl numatomo AE uždarymo bei dėl finansinių problemų. Tačiau uždarius Ignalinos AE mokslininkų laukia ne mažiau įdomūs tyrimai nei jai veikiant. Įdomu, kaip ir per kurį laiką atsistatys Drūkšių ežero ekosistema po tokio didelio antropogeninio poveikio, jai padaryto eksploatuojant Ignalinos AE.

Pastarieji moksliniai darbai apie žuvų produktinius procesus Elektrėnų mariose ir Drūkšių ežere byloja, kad aušintuvuose su maža šilumine apkrova (<100 W/m<sup>2</sup>) žuvų produkcijos ir fitoplanktono pirminės produkcijos santykis sumažėja ir išlieka būdingas natūraliems vandens telkiniams, o dėl išliejamų pašildytų vandenų poveikio atsiradę žuvų produktinių procesų sutrikimai atsistato, jeigu aušintuvo šiluminis apkrovimas sumažėja iki mažiausio lygio (<10 W/m<sup>2</sup>) (Bernotas, 2001).

Uždarius Ignalinos AE prognozuojama atnaujinti Lietuvos ŠE eksploataciją, padidinus jos pajėgumus, todėl mokslinio darbo rezultatai bei patirtis, gauti tiriant Elektrėnų marių ir Drūkšių ežero ekosistemų funkcionavimą termogradientinėmis sąlygomis, galėtų praversti optimizuojant elektrinės darbą bei gerinant aplinkos apsaugą.

Tačiau, be ekologinių problemų, šiame regione labai svarbūs klausimai, susiję su žmonių sveikata bei socialine apsauga. Savaiame suprantama, jog Ignalinos AE neapsiriboja vien tiesiogine radiacinio ar cheminio užteršimo įtaka žmonėms. Jau dabar planuojant uždaryti Ignalinos AE ryškėja įvairios socialinės, psichologinės ir demografinės problemos, kurių negalima ignoruoti ar laikyti antraeilėmis nagrinėjant atominės energetikos būklę Lietuvoje.

Gauta  
2002 05 03

## Literatūra

1. Adams J. R., Gormly H. J., Doyle M. J. Thermal investigations in California. *Marine Pollution Bull.* 1970. Vol. 1. N 9. P. 140–142.
2. Anderson R. R. Temperature and rooted aquatic plants. *Chesapeake Science.* 1969. Vol. 10. P. 155.
3. Astrauskas A., Jovaiša R., Sandström O. Distribution and abundance of young pelagic fish, monitored by hydroacoustics in two coastal areas in the SW Bothnian Sea. *Kustlaboratoriet, Kustrapport.* Öregrund, 1994. P. 18.
4. *Atominė energetika ir aplinka.* Mokslo programa. Vilnius, 1993. 70 p.
5. Barer R. G., Tabb D. C. *An ecological study of South Biscayne Bay in the vicinity of Turkey Point Press.* University of Miami, 1970. 265 p.
6. Barnett P. R. O. Effects of warm water effluents from power stations on marine life. *Proc. Roy. Soc. (London),* 1972. Vol. 180. N 1061. P. 56.
7. Bernotas E. *Žuvų produkciniai procesai termogradinginėse ekosistemose.* Daktaro disertacijos santrauka. Vilnius, 2001. 30 p.
8. Chang T. J. Thermal pollution and its effects on aquatic life. *Techn. Eng. News.* 1971. Vol. 53(1). P. 35.
9. Churchill M. A., Wojtalik T. A. Effects of heated discharges. *The T. V. A. Experience Nuclear News.* 1969. Vol. 12. N 9. P. 1230–1242.
10. Countant C. C. Thermal pollution – biological effects. *Journ. WCPF.* 1970. Vol. 42(6). P. 200.
11. Countant C. C. Thermal pollution – biological effects. *Journ. WCPF.* 1973. Vol. 42(6). P. 509.
12. Edinger J. E. Vertical temperature structure and water surface heat exchange. *Water Resour. Res.* 1970. Vol. 6. P. 1392–1395.
13. Fry F. E. The effect of environmental factors on the physiology of fish. *Fish Physiology.* 1971. Vol. 6. P. 11–98.
14. Gailiūšis B., Virbickas J. Drūkšių ežero ekosistemos bendrijų kaita ir leistinas vandens pašildymas. *Aplinkos tyrimai, inžinierija ir vadyba.* Kaunas, 1995. Nr. 1. P. 25–32.
15. Graham T. P. *Ecological effects of hot water discharged by an electric power generating plant.* Asherville, 1971. 230 p.
16. Haroszewich L. Changes of fish communities in heated environments. *Pol. Ecol. Stud.* Warsaw. 1975. Vol. 5. P. 96–99.
17. Heinle D. R. Temperature and zooplankton. *Chesapeake Science.* 1969. Vol. 10. N 3(4). P. 375–390.
18. Kennedy V. S., Mihursky J. A. Bibliography on the effects of temperature in the aquatic environment. *Univ. Maryland, Natur. Res. Inst. Control.* 1967. 326 p.
19. Langford T. E., Aston R. J. The ecology of some British rivers in relation to warm water discharges from power station. *Proc. Roy. Soc. (London),* 1972. Vol. 180. N 1061. P. 1335.
20. *Lietuvos žinios.* 2002 m. sausio 24 d. P. 2.
21. Morgan R. P., Stross R. G. Destruction of phytoplankton in the cooling water supply of stream electric station. *Chesapeake Science.* 1969. Vol. 10. N 3(4). P. 508–522.
22. Naylor E. Effects of heated effluents upon marine and estuarine organisms. *Advan. Marine Biol.* 1965. Vol. 3. P. 167–179.
23. Neil W. H., Magnuson J. J. Distributional ecology and behavioral thermoregulation of fishes in relation to heated effluent from a power plant at Lake Manona Wisconsin. *Transactions of the Amer. Fisher. Society.* 1974. Vol. 103. P. 663–710.
24. Neuman E. Thermal discharge and fish fauna in Sweden. *Water Sci.* Copenhagen, 1983. Vol. 15. P. 67–87.
25. Pernaravičiūtė B. *Drūkšių ežero vandens temperatūros ir optinių rodiklių pokyčių įtaka stenoterminių šaltamėgių žuvų populiacijų funkcionavimui.* Daktaro disertacijos santrauka. Vilnius, 1999. 47 p.
26. Račiūnas L. *Ežero dugno bestuburių gyvūnų gausumas ir paplitimas skirtinguose biotopuose.* Ekologijos instituto ataskaita. Vilnius, 1991.
27. Rahman M., Marcotte N. On thermal stratification in large bodies of water. *Water Resour. Res.* 1974. Vol. 10. P. 1143–1147.
28. *Rinka.* „Respublikos“ priedas. 1997. Nr. 11. P. 2.
29. Ryan P. J., Harleman D. R. F., Stolzenbach K. D. Surface heat loss from cooling ponds. *Water Resour. Res.* 1974. Vol. 10. P. 930–938.
30. Salickaitė-Bunikienė L., Bunikis A., Miliauskaitė R. Permanentinės terminės ir cheminės taršos poveikis Drūkšių ežero vandens cheminei sudėčiai bei hidrocheminiam režimui. *Mokslinių ataskaitų rinkinys „Atominė energetika ir aplinka“ 1 sąs.* Vilnius, 1997. P. 67–117 (rankraštis).
31. Sandström O., Neuman E., Thoresson G. Effects of temperature on life history variables in perch. *Journ. of Fish Biol.* 1995. Vol. 47. P. 652–670.
32. Szekey P. A hol es a vizkomerseklet. *Holazor.* 1968. Vol. 14 N 4. P. 35–40.
33. Snyder C. R., Blahm F. H. Effect of increased temperature on coldwater organism. *J. Water Pollut. Contr. Fed.* 1971. Vol. 43. N 5. P. 890–899.
34. Sundaram T. R., Rehm R. G. The seasonal stratification cycle of temperature lakes including the effects of power plant thermal discharge. *Journ. Amer. Inst. Aeronaut.* 1972. Vol. 10. P. 204–210.
35. Talmage S. S. Thermal effects on aquatic organisms. *An annotated bibliography of the 1978 literature.* Oak Ridge National Laboratory, 1980. 156 p.
36. Trembley F. J. Effects of cooling water from stream-electric power plants on stream biota. *Biol. probl. in water pollut., U. S. A. Public. Health service, Publ.* 1965. N 999. P. 1110–1125.
37. Warinner J. E., Brehmer M. Z. The effects of thermal effluents on marine organisms. *Intern. Journ. Air and water pollut.* 1966. Vol. 10. N 4. P. 135–143.
38. Wurstbaugh W. A., Davis G. H. Effect of temperature and reaction level on the growth and conversion efficiency of *Salmo gairdneri* Richardson. *Journ. Fish Biol.* 1977. Vol. 11. N 2. P. 87–98.
39. Астраускас А. Пространственно-временное распределение пелагических рыб оз. Друкшай. *Теплоэнергетика и окружающая среда.* Вильнюс, 1986. Т. 5. С. 110–122.
40. Астраускас А. Пространственное распределение рыб. *Состояние экосистемы водоема-охладителя Игналинской АЭС в начальный период ее эксплуатации.* Вильнюс, 1993. Т. 10. Ч. 2. С. 175–189.
41. Буникис А. А., Салицкайте Л. П., Гураускайте В. В. Гидрохимическая характеристика во-

- доема-охладителя. *Теплоэнергетика и окружающая среда*. Вильнюс, 1987. Т. 6. С. 9–19.
42. Буникис А. А., Салицкайте Л. П. Гидрохимический режим. *Теплоэнергетика и окружающая среда*. Вильнюс, 1993. Т. 10. Ч. 2. С. 10–18.
  43. Буторин Н. В., Кудрина Т. Н. Особенности термического режима Иваньковского водохранилища в условиях искусственного подогрева. *Экология организмов водохранилищ-охладителей*. Ленинград, 1975. С. 70.
  44. Быкова А. В. Термальное загрязнение водоемов и влияние повышенных температур на водные организмы. Обзор информ. рыбхоз. исполз. вод ИНИИТ ЭПРХ, 1973.
  45. Вирбицкас Ю. Структура и динамика популяций и рыбного населения пресноводных водоемов под влиянием теплового воздействия. Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. Москва, 1988. 46 с.
  46. Вирбицкас Ю. Структура ихтиоценоза. Состояние экосистемы водоема-охладителя Игналинской АЭС в начальный период ее эксплуатации. Вильнюс, 1993. Т. 10. Ч. 2. С. 111–119.
  47. Гринь В. Г., Виноградская Т. А. Перегретые воды тепловых электростанций как фактор формирования фитопланктона в водохранилищах-охладителях. *Цветение воды*. Киев, 1968. Т. 1. С. 68–75.
  48. Девяткин В. Г. Влияние подогретых вод на фитопланктон Иваньковского водохранилища. *Экология организмов водохранилищ-охладителей*. Ленинград, 1975. С. 75.
  49. Доброжанская Ж. В. Изменение термического режима озер Белоруссии, являющихся водоемами-охладителями. *Вопр. водн. хоз-ва*. 1976. Вып. 2. С. 32.
  50. Жукайте Э. Изменение величины термических зон после пуска ИАЭС. Состояние экосистемы водоема-охладителя Игналинской АЭС в начальный период ее эксплуатации. Вильнюс, 1992. Т. 10. Ч. 1. С. 69–76.
  51. Иванова В. П., Трушевский В. Л. Опыт эколого-гидрологической экспертизы естественных водоемов-охладителей. *Вестн. ЛГУ*. 1989. Сер. 7. № 1. С. 50–57.
  52. Литвинов А. С., Буторин Н. В. О течениях и турбулентном обмене вод в водохранилищах. *Acta Hydrophysica*. 1980. Vol. XXV. N 1(12). P. 61–77.
  53. Мамаева Н. В. Влияние сбросных теплых вод Конаковской ГРЭС на планктонных простейших Иваньковского водохранилища. *Экология организмов водохранилищ-охладителей*. Ленинград, 1975. С. 92.
  54. Пидгайко М. Л., Гринь В. Г., Поливанная М. Ф. и др. Итоги изучения гидробиологического режима пресных водоемов-охладителей юга СССР. *Гидробиол. журнал*. 1970. Т. VI. № 2. С. 112–120.
  55. Ривьер И. К. Зоопланктон Иваньковского водохранилища в зоне влияния подогретых вод Конаковской ГРЭС. *Экология организмов водохранилищ-охладителей*. Ленинград, 1975. С. 110.
  56. Романенко В. Д. Влияние экологических факторов на метаболизм рыб при тепловом выращивании. *Вопр. ихтиологии*. 1980. Т. 20. Вып. 6(125). С. 921–926.
  57. *Теплоэнергетика и окружающая среда*. Т. 1, 2. Вильнюс, 1981. 1963.
  58. Филатова Т. Н. и др. „Тепловое загрязнение“ водоемов и гидрологические аспекты проблемы. *Тр. ГГИ*. 1976. Вып. 231. С. 163–180.
  59. Филатова Т. Н. и др. Особенности распределения теплых вод ГРЭС на отдельных участках водоемов разных типов. *Тр. ГГИ*. 1976. Вып. 231. С. 181–206.
  60. Филатова Т. Н., Ципперт М. Р. Натурные исследования и расчет растекания сбросных теплых вод Прибалтийской и Эстонской ГРЭС в Нарвском водохранилище. *Основы биопрод. внутр. водоем. Прибалтики*. Вильнюс, 1975. С. 29–31.
  61. Шиманский Б. А. Активные меры борьбы с зарастанием водохранилищ-охладителей. *Тр. Всесоюзн. гидробиол. общества*. 1963. Т. 14. С. 154–163.
  62. Шулиене Р. Ю., Янкявичюс К. К. Первичная продукция фитопланктона. *Теплоэнергетика и окружающая среда*. Вильнюс, 1987. Т. 6. С. 43–50.
  63. Шулиене Р. Ю., Янкявичюс К. К. Первичная продукция фитопланктона. Состояние экосистемы водоема-охладителя Игналинской АЭС в начальный период ее эксплуатации. Вильнюс, 1993. Т. 10. Ч. 2. С. 23–28.
  64. Янкавичюте Г. Ю., Янкявичюс К. К. Фитопланктон. *Теплоэнергетика и окружающая среда*. Вильнюс, 1987. Т. 6. С. 30–42.
  65. Янкавичюте Г. Ю., Янкявичюс К. К. Состояние фитопланктона. Состояние экосистемы водоема-охладителя Игналинской АЭС в начальный период ее эксплуатации. Вильнюс, 1993. Т. 10. Ч. 2. С. 19–23.
  66. Янукенене Р. Оценка степени подогрева. Состояние экосистемы водоема-охладителя Игналинской АЭС в начальный период ее эксплуатации. Вильнюс, 1993. Т. 10. Ч. 1. С. 76–80.

#### Birutė Pernaravičiūtė

#### A REVIEW OF ECOLOGICAL INVESTIGATIONS OF THE COOLERS OF ELECTRIC POWER PLANTS

#### S u m m a r y

The course of ecological investigations of the Elektrėnai Reservoir – the cooler of the Lithuanian Thermal Power Plant and Lake Drūkšiai – the cooler of the Ignalina Nuclear Power Plant is summarised.

A review of the thermal pollution problem of the coolers in the USA, Russia and in other countries is presented.

**Key words:** power plant, thermal pollution