

---

# Srovių greičio ypatumai skirtingose Pietryčių Baltijos hidrodinaminėse zonose

---

**Rimas Žaromskis**

*Vilniaus universitetas*

*El. paštas: rimas.zaromskis@gf.vu.lt*

**Donatas Pupienis**

*Geologijos ir geografijos institutas*

*El. paštas: donatas@geologin.lt*

---

## ĮVADAS

Jūros srovės, jų kryptis ir greitis nuo seniausių laikų domino visus, nors kiek su jūros veršlais susijusius žmones. XIX a. viduryje „butelių pašto“, pavienių stebėjimų ir tyrinėtojų patirties dėka sudaromos pirmosios Baltijos jūros srovių pasiskirstymo schemos, nurodomos srovių greičio charakteristikos (Stjencreutz, 1861). XIX a. pabaigoje ir XX a. pradžioje jau vykdomi nuolatiniai instrumentiniai matavimai, nes besiplėtojanti Baltijos jūrą supančių šalių ekonomika, jūriniai ryšiai ir daugelio naujų uostų statyba reikalavo naujų, tikslesnių duomenų apie vandens dinamiką. Tam labai padėjo iš plaukiojančių švyturių surinkti duomenys. Praūžus Antrajam pasauliniam karui jūriniuose hidrodinamikos tyrimuose vis plačiau naudojami autonominiai savirašiai prietaisai, plūdūrinės stotys, o duomenys apdorojami kompiuterine technika. XX a. paskutiniaisiais dešimtmečiais vertinant hidrodinaminį procesus, taip pat ir sroves, prioritetinę reikšmę įgavo modeliavimas.

Nepaisant technikos pažangos ir prieinamo didžiulio informacijos srauto, net ir šiandien sprendžiant daugelį praktinių problemų lieka aktualus hidrodinaminį procesų intensyvumo pažinimas. Su šia problema susiduria Klaipėdos uostas bei Būtingės terminalo rekonstrukcijos arba eksploatavimo specialistai. Neteisingas jūros srovių vertinimas neretai gresia laivų avarijomis ir kitais nemalonumais.

Lietuvos tyrinėtojų ir kitų šalių specialistų atliktų matavimų skaičius Pietryčių Baltijos sektoriuje siekia dešimtis tūkstančių. Apie hidrodinaminį procesus jau paskelbta daugybė straipsnių, bet kiekvienoje ekstremalioje situacijoje specialistams vis vien kyla klausimas: koks greitis audros metu galėjo būti

tam tikroje jūros vietoje, koks hidrometeorologinių sąlygų kompleksas lemia tam tikrą vandens masės pernašos greitį.

Šiame straipsnyje literatūrinių ir fondinių duomenų pagrindu bandoma atlikti Pietryčių Baltijos hidrodinaminį procesų rajonavimą akcentuojant maksimalų kada nors čia matuotų suminių srovių greitį. Nors čia nagrinėjamas srovės greičio pasiskirstymas visoje vandens stovymėje, bet jis tiesiogiai nesusijęs su vandens tankio kaitos ypatumais matavimų vertikalėse.

Sudarant 1-ą ir 3-ią paveikslą buvo panaudotas L. Ž. Gelumauskaitės Baltijos jūros batimetrinis žemėlapis M 1: 500 000 (Gelumauskaitė, 1998). Autoriai dėkoja Klaipėdos jūrinių tyrimų centro direktoriui dr. A. Stankevičiui, hidrologijos skyriaus viršininkui O. Vyšniauskui, darbuotojams H. Lesiui, I. Vyšniauskui už suteiktus duomenis.

## METODIKA

Tiriamoji akvatorija užima rytinę Vidurio (Centrinės) Baltijos jūros dugno orografinio rajono dalį (Grigelis (red.), 1991). Šiaurinė tirtos akvatorijos riba sutampa su Lietuvos–Latvijos valstybine siena, kuri Baltijoje kerta Klaipėdos–Ventspilio plynaukštę. Pietinėje dalyje riba eina Kuršių–Sambijos plynaukštėje beveik statmenai atsiremama į Kuršių neriją tarp Nidos ir Rybačių (Rusijos Kaliningrado sritis) gyvenviečių (1 pav.). Vakarų kryptimi nagrinėjamas rajonas laipsniškai gilėja pereidamas į Gotlando įdubos šlaitą. Taigi morfologiškai tiriamasis rajonas šiaurėje ir pietuose yra išsidėstęs ant palyginti seklių moreninių plynaukščių, tarp kurių nuo kranto VŠV

kryptimi link Gdansko įdaubos nusidriekia gerai išreikštas ProNemuno senslėnis (Grigelis (red.), 1991).

Siekdami paaiškinti litodinaminis procesus, srovių pobūdį skirtingo gylio zonose jau nagrinėjo A. N. Aibulovas ir R. Žaromskis (Aibulov, 1990; Žaromskis, 1996), bet šie autoriai palyginti mažai pasinaudojo įvairių žinybų fondine medžiaga.

Pietryčių Baltijos akvatorijos hidrodinaminis režimas ištirtas ne visur tolygiai. Daugiausia duomenų, surinktų net stiprių audrų metu, yra priekrantinėje, iki 25 m gylio, zonoje. Duomenų apie šios zonos srovių tyrimus ne tik Lietuvos ir Latvijos, bet ir Rusijos vandenyse, ties Liepoja, Rybačiumi, Nida, Giruliais ir Kunigiškiais galime rasti Lietuvos ir Rusijos mokslininkų darbuose (Morozov, 1957; Filimov, 1965, 1966; Dubra, 1970; Šadrin, 1972; Aibulov ir kt., 1977; Kirlys, 1984; Aibulov, 1990; Babakov, 1998).

Šiame straipsnyje, remiantis devynių okeanografinių matavimo stočių (lentelė, 1 pav.) duomenimis,

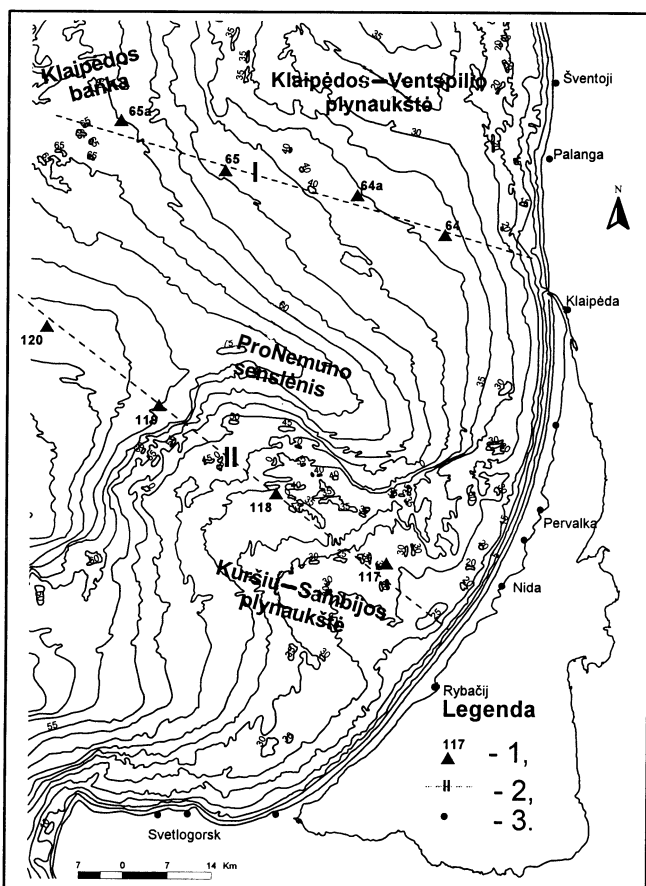
buvo nagrinėjamos skirtingų hidrometeorologinių sąlygų dinaminės situacijos. Išskiriant hidrodinaminį procesų zonas arba patikslinant jų ribas, atsirinktos okeanografinės stotys, kuriose matuota pagal daugparines, sezonines ir ilgalaikes programas.

Sroves įvairiais laikotarpiais matavo TSRS Valsybinio okeanografijos instituto Leningrado skyrius ir Klaipėdos hidrometeorologijos observatorija. Matavimai buvo atliekami skirtingomis hidrometeorologijos sąlygomis. Iš viso buvo apibendrinti 14298 matavimo rezultatai, surinkti Lietuvos hidrometeorologinės tarnybos fonduose (Lietuvos Hidrometeorologijos..., 1960–2001; Nabliudėnii nad..., 1960; Nabliudėnii nad..., 1967; Spravočnik..., 1971; 1973), taip pat prieinamuose literatūros šaltiniuose.

Visose okeanografinėse stotyse buvo matuojama automatiniais raidžiaspaudžiais Aleksejevo sistemos malūnėliais BPV–2 ir jūriniais modernizuotais malūnėliais (VMM). Visi tyrimai buvo atliekami pagal okeanografinių matavimų metodiką (Nabliudėnii nad..., 1971; 1973).

Ketrios okeanografinės stotys (117, 118, 119, 120), sudarančios sąlyginę tiriamos akvatorijos pjūvį, yra išsidėsčiusios piečiau Nidos ir tęsiasi 305 laipsnių azimutu į jūrą. 117-a ir 118-a okeanografinė stotis atspindi Kuršių–Sambijos plynaukštės akvatorijos srovių režimus. Matavimai 119-oje ir 120-oje okeanografinėje stotyje leidžia pažinti hidrodinaminis procesus, vykstančius Gdansko įdaubos PR šlaite. Jose buvo atliekami sezoniniai matavimai. Antrasis keturių okeanografinių stočių (64, 64a, 65, 65a) pjūvis išsidėsčius ties Giruliais. Minėtose stotyse buvo atliekami sezoniniai ir ilgalaikiai tyrimai. Antrojo pjūvio stotys (64, 64a, 65) parodo hidrodinaminį režimą, kuris vyksta Klaipėdos–Ventspilio plynaukštės rajone. 65a okeanografinės stoties srovių duomenys atspindi Gdansko įdaubos ŠV šlaite vykstančius procesus. Papildomai buvo naudojami ir 9-os okeanografinės stoties, kurioje buvo atliekami daugpariniai matavimai, duomenys. Būdamas už 30 m izobatos ši stotis reprezentuoja vandens, plytinčių tarp atviros jūros ir kranto zonos, dinamiką. Panašiai gali būti traktuojami ir 117-os stoties duomenys.

Sezoniniai srovių matavimai buvo atliekami pavasarį, vasarą, rudenį ir žiemą nusistovėjus orams, pučiant iki 10 m/s vėjui ir esant palankioms sąlygoms, kai bangų aukštis neviršija 2 metrų. Iš sezoninių matavimų buvo atrinkti 1960 metų rudenis – rugsėjo mėn. 14 dienos ir žiemos – gruodžio mėn. 14–15 dienos matavimai. Žiemos sezono matavimai buvo atlikti, kai pūtė ŠR, R rumbų 4,8–9,1 m/s vėjai, o rudens sezono nuotrauka padaryta vyraujant P, PV krypties vėjams, kurių greitis svyravo nuo



1 pav. Srovių matavimo okeanografinių stočių padėtis Pietrytinėje Baltijos jūros dalyje. 1 – okeanografinės stotys ir jų numeriai, 2 – matavimo pjūviai, 3 – miestai ir gyvenvietės  
Fig. 1. Arrangement of current measuring oceanographic stations in the south-eastern part of the Baltic Sea. 1 – oceanographic stations and their numbers, 2 – measuring section, 3 – towns and settlements

Lentelė. Okeanografinių stočių gylis ir geografinės koordinatės  
Table. Depth and geographic coordinates of oceanographic stations

Pjūvis Section	Stotis Station	Gylis m Depth, m	Platuma Latitude	Ilguma Longitude
I pjūvis Section I	117	23	55°18'	20°46'
	118	41	55°24'	20°28'
	119	72	55°30'	20°11'
	120	80	55°37'	19°51'
II pjūvis Section II	64	34	55°49'	20°53'
	64a	37	55°49'	20°39'
	65	47	55°51'	20°20'
	65a	60	55°55'	20°02'

3,6 iki 6,5 m/s. Pirmame pjūvyje atlikti 54, o antrajame – 52 matavimai.

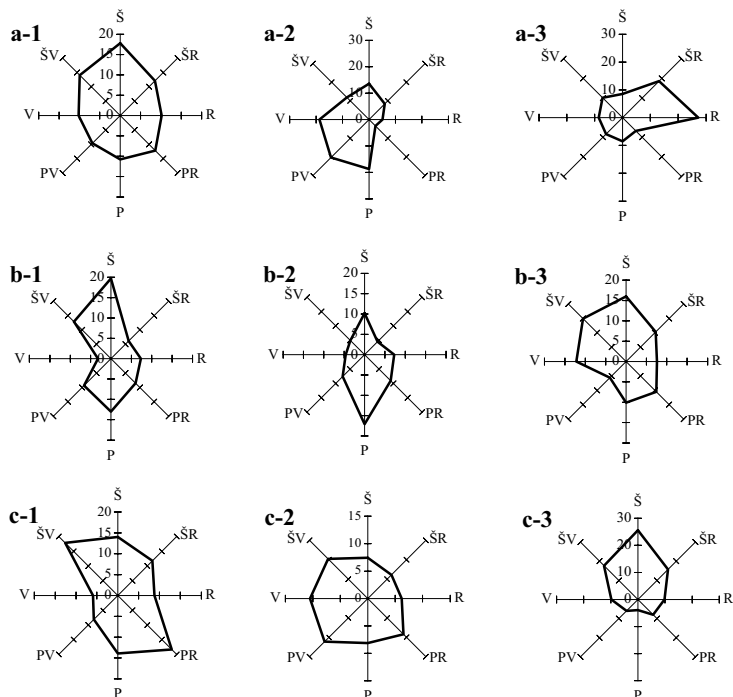
Ilgalaikiais okeanografiniais stebėjimais laikytini matavimai, atlikti 1947–1965 metais trijose okeanografinėse (64, 64a, 65) stotyse, esančiose Lietuvos akvatorijoje. Jie atspindi 18 metų laikotarpį. Daugpariniai matavimai buvo atlikti 9-oje okeanografinėje stotyje ties Kunigiškiais. Iš ilgos 1967 metų matavimų serijos buvo atrinkti lapkričio 11–14 dienos duomenys (110 matavimų kas 30 min.). Šie matavimai atspindi audros metu vykusius hidrodinaminius procesus. Patogumo dėlei šiami straipsnyje pagal greitį buvo išskirtos: sąlyginai silpnos – iki 0,10 m/s, vidutinio stiprumo – 0,11–0,30 m/s ir greitos – daugiau kaip 0,31 m/s viršijančios srovės.

**SILPNI IR VIDUTINIO STIPRUMO SROVĖS REŽIMAI**

Kaip minėta, didžioji visų matavimų dalis buvo vykdoma esant silpniems vėjams, kurių greitis neviršijo 10 m/s, todėl daugiausiai duomenų tirtoje akvatorijoje yra surinkta apie silpnus (iki 0,1 m/s) ir vidutinius (0,11–0,30 m/s) srovių režimus. Atsižvelgiant į surinktus per 18 metų duomenis galima teigti, kad paviršiniame 0–10 m sluoksnyje vyrauja silpnas ir vidutinis srovių greitis, neviršijantis 0,20 m/s. Mūsų skaičiavimais, jis užfiksuotas 87,2% visų atvejų. Vyraujantis srovės greitis svyruoja tarp 0,09–0,13 m/s (Spravočnik po..., 1971; 1973). Tokius duomenis patvirtina kitos publikacijos (Dubra, 1998). Didesnis kaip 0,21–

0,30 m/s srovių greitis yra gerokai retesnis – tik 10,8%. Tai rodo, kad vyraujant iki 10 m/s vėjams, Lietuvos akvatorijos paviršiniam sluoksniui būdingos silpnos ir vidutinės srovės. Akvatorijoje, kuri plyti tarp kranto ir 35 m izobatos, vyrauja į šiaurę nukreiptos srovės, kurių pasikartojimas siekia 18,4%. Gerokai rečiau srovės nukreiptos pietų kryptimi, o rečiausiai – pietvakarių. Yra pagrindo manyti, kad nemažą reikšmę nukreipiant į šiaurę sekliavandenės zonos paviršinio sluoksniu vandenį turi iš Kuršių marių ištekantis gėlo vandens srautas (2 pav., a-1). Dar toliau nuo kranto, t. y. akvatorijos, esančios tarp 35–45 m gylio izobatų, paviršiniame sluoksnyje susidaro priešinga situacija (2 pav., a-2). Šioje zonoje vyrauja PV, P ir V srovių kryptis, o jų pasikartojimas atitinkamai siekia 20,3, 18,7 ir 18,7%. Dar toliau, t. y. akvatorijoje už 45 m gylio izobatos, srovės labai ryškiai yra nukreiptos R ir ŠR kryptimis; pasikartojimas atitinkamai – 27,2 ir 18,6% (2 pav., a-3). Galima pažymėti, kad paviršiniame 0–10 m sluoksnyje labai retai nebūna srovės. Tokių atvejų pasikartojimas neviršija vieno procento (Spravočnik po ..., 1971; 1973).

Tarpiniame sluoksnyje formuojasi taip pat trys skirtingi tėkmių režimai. Pirmuoju atveju (2 pav., b-1) išryškėjo, kad akvatorijoje iki 35 m gylio izobatos 10–30 metrų sluoksnyje vyrauja šiaurės krypties srovė. Maždaug trečdaliu kartų rečiau srovės teka į



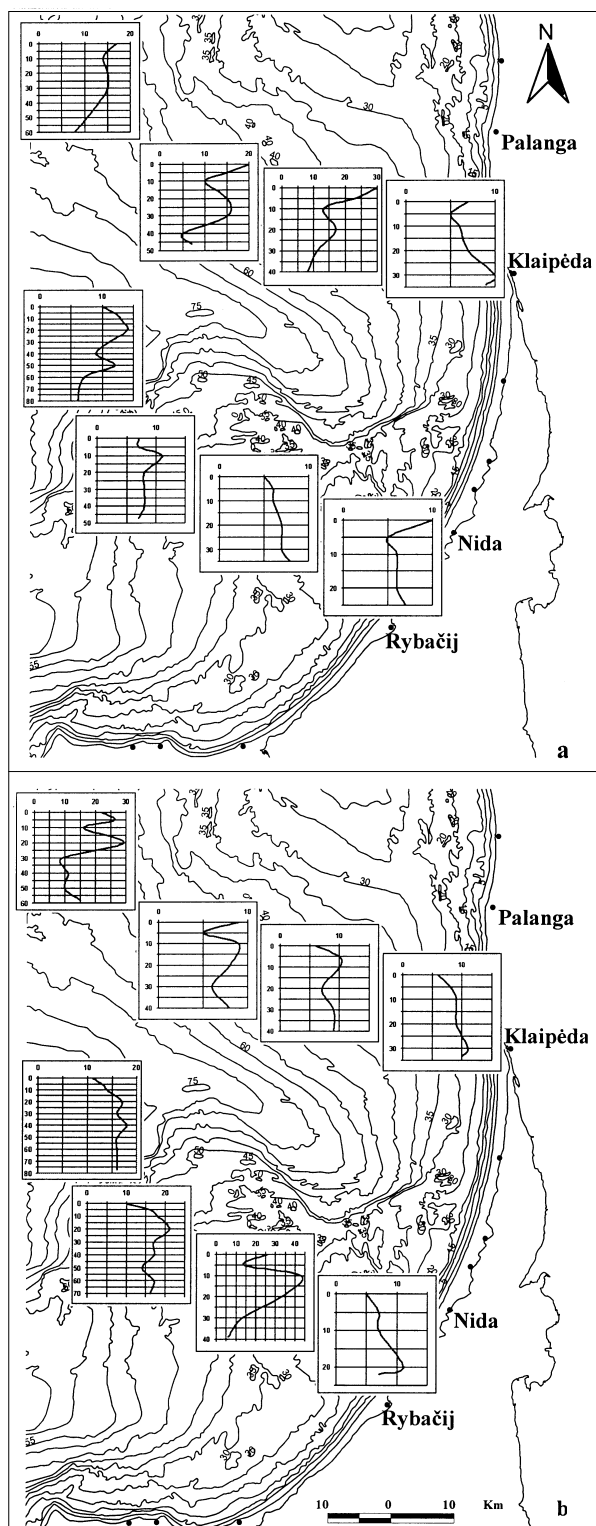
2 pav. Vyraujančios srovės krypties pasikartojamumo (%) rožės paviršiniame (a), tarpiniame (b) ir priedugniniame (c) sluoksnyje. Skaičiai prie raidės nurodo: 1 – sekliavandenę, 2 – tarpinę ir 3 – giliavandenę zoną  
Fig. 2. Dominant current trend recurrence (%) roses in the surface (a), intermediate (b) and near-bottom (c) layers. Numbers near letters denote: 1 – shallow-water, 2 – transitory, and 3 – deep water zones

pietus ir labai retai tėkmės įgauna vakarų kryptį. Tai galima teigti, kad sekliavandenės zonos tarpiniame sluoksnyje dažniausiai kone per visą vandens storumę paplitę Š–P krypties cirkuliaciniai srautai. Antruoju atveju tarp 35 ir 45 metrų gylio izobatų plytinčios akvatorijos tarpiniame 10–35 metrų sluoksnyje taip pat susidaro išilgai kranto nukreiptos, bet jau vyraujančią pietų kryptį išlaikančios srovės (2 pav., b-2). Galima pastebėti, kad šioje zonoje rečiausios V ir ŠR krypties srovės. Trečiuoju atveju toliau nuo kranto esančioje akvatorijoje, t. y. už 45 m izobatos, vyrauja Š ir ŠR srovės (2 pav., b-3). Šios srovės dažniausiai pasitaiko 10–40 metrų vandens horizonte. Silpnos ir vidutinės (0,10–0,30 m/s) tarpinio sluoksnio srovės pagal bendrus apskaičiavimus dažniausiai teka Š ir P kryptimi. Atsižvelgiant į dugno reljefo ypatumus, galima teigti, kad tarpiniame sluoksnyje srovės dažniausiai orientuotos pagal izobatas.

Tarpiniame sluoksnyje silpnos iki 0,10 m/s srovės pasikartoja 28,7% (Spravočnik po ..., 1971; 1973). Čia daug dažniau negu paviršiniame sluoksnyje išmatuojamos vidutinio stiprumo srovės, kurių greitis svyruoja nuo 0,11 iki 0,30 m/s, o šių srovių pasikartojimas siekia 38,8%. Vidutinis srovių greitis tarpiniame sluoksnyje svyruoja nuo 0,11 iki 0,14 m/s. Tykos pasikartojimas šiame horizonte lygus 16,9%. Tokie atvejai čia dažnesni nei paviršiniame sluoksnyje, nes išjudinti gilesnius horizontus reikia stipresnių vėjų.

**Priedugniniame sluoksnyje** vyrauja silpniausios – 0,07–0,09 m/s srovės. Tokių srovių pasikartojimas siekia 61,0% matavimo atvejų. Vidutinio stiprumo srovių, kurių greitis svyruoja tarp 0,11 ir 0,20 m/s, pasikartojimas siekia tik 8,5%. Priedugniniame sluoksnyje beveik du kartus dažniau nei tarpiniame pasitaiko tykos atvejų, kurie sudaro 29,8%. Priedugniniame sluoksnyje gerai išryškėja srovių krypties pasiskirstymas pagal gylio horizontus. Akvatorijoje iki 35 m izobatos vyrauja ŠV ir PR kryptimi tekančios srovės (2 pav., c-1). Kadangi tai santykinai sekliavandenė zona, prie dugno srovės beveik tiksliai nukreiptos pagal izobatas. Akvatorijoje, plytinčioje tarp 35–45 m gylio izobatų, vyrauja ŠV, V ir PV rumbų srovės (2 pav., c-2), tuo tarpu akvatorijoje už 45 m gylio izobatos jau formuojasi šiaurės kryptimi tekančios srovės (2 pav., c-3). Didėjant akvatorijos gyliui, dugno poveikis vandens storumės dinamikai palaipsniui mažėja, bet kartu didėja Ekmano spiralės vaidmuo. Be to, pastebėta, kad keičiantis gyliui srovė dažnai nukrypsta 45° kampu nuo paviršinės srovės. Dar toliau nuo kranto visoje vandens masėje stiprėja kvazistacionarios Baltijos jūros vandens pernašos (nukreiptos į šiaurę) vaidmuo (Soskin, Kuznecov, Soloviev, 1963).

Netolygų greičio pasiskirstymą vertikalėje gerai iliustruoja konkretūs matavimai žiemos ir rudens



3 pav. Srovių greitis vertikalėse rudens (a) ir žiemos (b) sezonais skirtingose Pietryčių Baltijos okeanografinėse stotyse. Epiūrose horizontaliosios ašies viena padala atitinka 5 cm/s srovės greitį, vertikaliosios ašies viena padala atitinka 5 m gylį

Fig. 3. Vertical current velocities in autumn (a) and winter (b) seasons in different oceanographic stations of the South-East Baltic. One division on the horizontal axis of the epiure corresponds to 5 cm/s current velocity, one division on the vertical axis corresponds to a depth of 5 m

sezonais (3 pav., *a*, *b*). Tikslinga prisiminti, kad žiemos metu vyrauja PR krypties vėjai, o rudens – V, PV (Bukantis, 1994; Klimato..., 1996; Gailiušis, 2000). Vienose stotyse srovės greitis mažėja didėjant gyliui, kitose būna atvirkščiai. Vis dėlto dažniausiai srovės greitis padidėja tarpiniame 10–30 m (3 pav., *a*, *b*) ir 40–50 m horizonte. Greičio išaugimas arba sumažėjimas matavimų vertikalėje tarp paviršiaus ir priedugnio gali svyruoti 2 kartus. Toks atvejis buvo užfiksuotas 119-oje matavimo stotyje, esančioje Gdansko duburio pietiniame šlaite. 1960 m. gruodžio 14 d. srovės greitis 20 m gylio horizonte siekė 0,21 m/s, kai tuo tarpu paviršiuje srovė tekėjo 0,10 m/s greičiu. Srovės greičio padidėjimas 10 m gylio horizonte nuo 0,26 iki 0,43 m/s buvo išmatuotas tuo pačiu laikotarpiu 118-oje matavimo stotyje, esančioje Kuršių–Sambijos plynaukštėje. Yra pagrindo manyti, kad didžiausius pokyčius vertikalėje sukelia sudėtingas dugno reljefas, ypač netoli didelių ir mažų gylių kontakto zonų, kaip yra 118-oje ir 119-oje stotyje. Kiek mažesnis, bet panašiai pasiskirstęs pagal vertikalę srovės greitis buvo išmatuotas ir kitose matavimo stotyse – 120, 65a (3 pav., *a*, *b*). Panašus netolygus srovės greičio pasiskirstymas vertikalėje, ne tik su greičio padidėjimais, bet ir su sulėtėjimais, buvo būdingas stotyse, kur gylis buvo pakankamai didelis, t. y. 40–50 m, ir realią reikšmę galėjo įgyti terminė vandens masių stratifikacija (Michailov, 1992).

Galima pastebėti, kad greitis vertikalėje pasiskirsto pagal tam tikrą taisyklę. Paviršiniame ir priedugniniame sluoksnyje srovių greitis esti mažesnis nei tarpiniame (10–30 m ir 40–50 m) (Nabliudeni nad..., 1960). Tokie atvejai gerai matomi 65a, 65, 64a, 120, 119, 118 stoties srovių greičio epiūrose (3 pav., *a*, *b*). Kartais gali pasitaikyti ir išimčių, kai didžiausias greitis išmatuojamas priedugniniame sluoksnyje, kaip buvo 117-oje ir 64-oje hidrologinėje stotyje.

## INTENSYVŪS DINAMINIAI REŽIMAI

Kaip jau minėta, greitoms srovėms bus priskiriamos tos srovės, kurių greitis viršija 0,31 m/s. Remiantis 18 metų duomenimis, galima teigti, kad pučiant iki 10 m/s vėjams, stiprių srovių pasitaiko labai mažai. Atveju, kai **paviršiniame sluoksnyje** srovės greitis viršijo 0,30 m/s, pasikartojimų procentas labai mažas. Sekliavandenėje akvatorijoje iki 35 m gylio izobatos stipriausios srovės tekėjo V kryptimi. Tokie atvejai sudarė tik 1,2%. Tarp 35 ir 45 m gylio izobatų plytinčios akvatorijos paviršiniame sluoksnyje nebuvo išmatuota stipresnių srovių, kurių greitis viršytų 0,31 m/s. Už 45 m gylio izobatos plytinčioje akvatorijoje stipriausios srovės tekėjo ŠV kryptimi, nors ir jų pasikartojimas neviršijo 1,7%. Atviroje

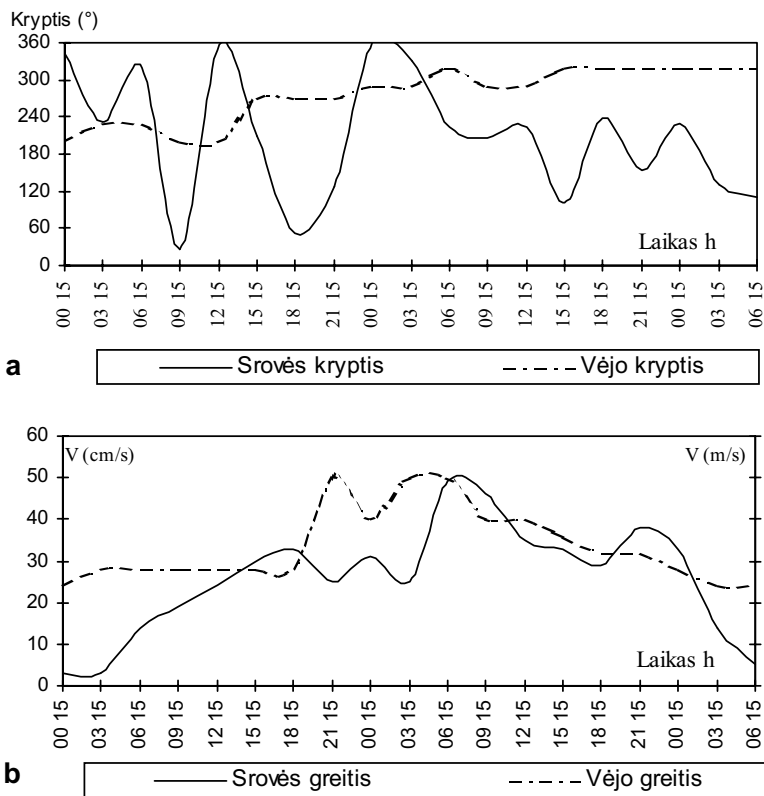
jūroje stiprių srovių greitis paviršiniame sluoksnyje svyravo nuo 0,33 iki 0,48 m/s.

Sekliavandenėje jūros zonoje iki 35 m gylio izobatos **tarpiniame** 10–30 metrų **sluoksnyje** stiprios srovės pasitaiko retai, o jų pasikartojimas tesiekia 0,6%. Dažniausiai jos teka PR kryptimi. Nors jos retos, bet buvo išmatuotos ir ganėtinai stiprios 0,51–0,58 m/s srovės. Stiprių srovių pasikartojimas yra daug didesnis tarp 35–45 metrų gylio izobatų plytinčioje akvatorijoje, čia 10–35 metrų sluoksnyje jų pasikartojimas siekia 16,5%, iš kurių net 15,4% tenka 0,31–0,40 m/s greičio srovėms. Greičiausios srovės dažniausiai nukreiptos PV, V ir ŠV kryptimis, o jų pasikartojimas siekia atitinkamai 3,6, 3,0 ir 2,6%. Didžiausias šiame sluoksnyje išmatuotų srovių greitis – 0,41 ir 0,44 m/s.

Rečiausiai stiprios srovės buvo užfiksuotos tarpiniame 10–40 metrų sluoksnyje. Jūroje už 45 metrų gylio izobatos jų pasitaikė tik 0,4%, o greitis svyravo tarp 0,31 ir 0,36 m/s. Pažymėtina, kad tokios srovės dažniausiai tekėjo PR kryptimi.

Mažiausias stiprių srovių pasikartojimas stebimas **priedugniniame sluoksnyje** ir siekia 0,2%. Reikia pažymėti, kad stiprios priedugninės srovės buvo išmatuotos tik iki 35 m gylio izobatos, o didžiausias srovės greitis siekė 0,56 m/s. Remiantis daugiamečiais matavimais, galima pasakyti, jog akvatorijos, plytinčios už 35 m gylio izobatos, priedugniniame sluoksnyje stiprių srovių, kai vėjo greitis – iki 10 m/s, išmatuota nebuvo. Tai leidžia daryti prielaidą, jog šiame sluoksnyje srovės greitis gali pasiekti maksimalias reikšmes tik labai stiprių štormų metu. Grįžtant prie 3 pav., *b*, galima paminėti, kad 0,43 m/s srovės greitis buvo išmatuotas 10 m gylyje, o 0,33 m/s greitis – 20 m gylyje.

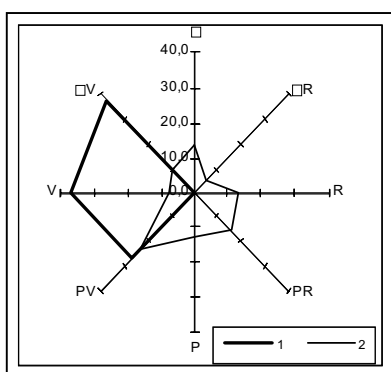
Įdomūs matavimai audros metu buvo atlikti 9-oje okeanografinėje stotyje 1967 m. lapkričio 11–14 dienų ties Giruliais priedugniniame sluoksnyje, 33 m gylyje (Nabliudeni nad..., 1967). Tuo metu vėjo greitis siekė 25 m/s, o gūsiai pasiekdavo ir 30 m/s. Srovės greitis sustiprėdavo dažniausiai ilgesnį laiką pučiant pastovaus greičio vėjui arba jam ilgesnį laiką esant bent pastovios krypties (4 pav., *a*). Pirmasis srovės sustiprėjimas iki 0,35 m/s buvo stebimas, kai pūtė pastovaus 14–15 m/s greičio vėjas. Antrasis srovės greičio maksimumas buvo pasiektas, kai vėjo greičio gūsiai viršijo 25 m/s. Pastaruoju atveju srovės greitis pasiekė 0,74 m/s, nors vidutinis greitis išliko 0,51 m/s. Paskutinis srovės greičio maksimumas buvo užfiksuotas, kai nusistovėjo pastovus ŠV vėjas (4 pav., *b*). Srovės greitis padidėdavo, kai srovė keisdavo kryptį tarp 45°–180°. Tada jis staiga išaugdavo nuo 1,5 iki 2 kartų, t. y. nuo 0,49 m/s iki 0,74 m/s. Toks greičio nepastovumas priskiriamas sinoptiniam srovės greičio pokyčio tipui (Belyšev i dr., 1981; Michailov, 1983). Nors vidutinis srovės greitis yra kiek mažesnis už maksimalų, audros metu jis dažnai viršijo



4 pav. Baltijos jūros srovių ir vėjo krypties (a) bei greičio (b) sinchroniniai grafikai. Matavimai atlikti 1967 11 11–14 dieną 9-oje okeanografinėje stotyje

Fig. 4. Synchronous graph of the Baltic Sea currents and wind direction (a) and velocity (b). The measuring was carried out in 11–14 November 1967 at the oceanographic station No. 9

0,20 m/s (4 pav., a). Analizuojant matavimų duomenis, kai priedugninės srovės greitis viršija 0,50 m/s (išmatuota 14,5% visų matuotų atvejų, t. y. 16 matavimų iš 110), galima įsitikinti, kad srovė yra pulsacinio pobūdžio. Toks srovės greičio pulsavimas pastebėtas ir ma-



5 pav. Vėjo (1) ir priedugninės srovės (2), išmatuotos 1967 11 11–14 dieną 9-oje okeanografinėje stotyje, kryptių pasikartojimo rožė %

Fig. 5. Trend recurrence (%) rose of wind (1) and current (2). The measuring was carried out in 11–14 November 1967 in the oceanographic station No. 9

tuojant srovės Nidos poligone (Aibulatov ir dr., 1977), o dar anksčiau jis paminėtas I. Šadrino darbuose (Šadrin, 1972). Audrėjimo fazėje pulsaciniai svyravimai srovei stiprėjant apima 1,5 valandos ciklą, o po to padažnėja iki pusvalandžio. Šie pulsavimai gali būti susiję su ilgąjo periodo arba grupinėmis bangomis (Šadrin, 1972; Byčkov, Strekalov, 1971). Srovės pulsacijas rodo greičio ir krypties kaita (4 pav., a ir b).

Siaučiant 1967 m. lapkričio mėnesio vakarų krypties štormui dažniausiai vyravo šiaurės vakarų (36,8%), vakarų (36,8%) rumbų vėjai (5 pav.). Ties 9-ąja stotimi izobatos yra orientuotos ŠV–PR kryptimi, kai tuo tarpu srovė dažnai kerta jas tekėdama į PV, t. y. nukrypsta gilyn. Galbūt tai ir dėsninga, nes minėtos audros metu vyravęs ŠV vėjas beveik sutampa su izobatu tįsa, o srovė dėl Koriolio jėgos krypsta į dešinę. Be to, jūros priekrantėje tokiai srovės kryptčiai įtakos jau gali turėti ir kompensaciniai veiksniai.

## REZULTATAI

Pirmiausia tenka pripažinti, kad srovės dažniausiai buvo matuotos ramios jūros arba silpno bangavimo sąlygomis, kai vėjo greitis neviršijo 10 m/s. Tokiomis sąlygomis Lietuvos akvatorijoje 87,2% matavimų parodė tik silpną ir vidutinį srovių greitį. Tykos atvejai sekliavandenėje ir giliavandenėje (atviros jūros už 45 m izobatos) zonoje kito nuo 0,3 iki 29,8%. Svarbu pažymėti, kad šiomis sąlygomis užfiksuoti ir intensyvūs dinaminiai režimai, kurių metu srovių greitis buvo nuo 0,33 iki 0,56 m/s. Tokie atvejai yra žinomi ir kituose jūriniuose baseinuose. Štai Juodojoje jūroje netoli Gelendžiko 30 m gylyje visiškos tykos sąlygomis prie dugno buvo išmatuotas 0,6–0,7 m/s srovės greitis (Aibulatov, Kosjan, Orviku, 1974). Tiek Juodojoje jūroje, tiek ir Baltijoje toks didelis srovių greitis gali būti siejamas su barinių procesų poveikiu, inerciniais ir kt. reiškiniais (Michailov, 1992).

Turimais duomenimis, didžiausias srovės greitis – 0,74 m/s išmatuotas 1967 11 11–14 Lietuvos vandenyse priešais Girulius 33 m gylyje, esant 25 m/s vėjui. Šiame kontekste pažymėtina, kad tų pačių metų spalio mėnesį buvusio uragano metu vėjo greitis Klaipėdoje viršijo 40 m/s (Nabliudeni nad..., 1967; Lietuvos hidrometeorologijos..., 1961–2001). Baltijos šiaurinėje dalyje, žemiau haloklinos, per uraganą instrumentiškai buvo užfiksuotas 1,50 m/s srovės greitis

(Dubra J., Dubra V., 1994). Šio uragano metu Lietuvos akvatorijos sekliavandenėje zonoje srovių greitis galėjo viršyti net 2,00 m/s.

Kalbant apie sekliavandenę jūros dalį, tikslinga atskirai išskirti kranto zoną, kurios įjūrinę ribą pagal hidrodinamikos pobūdį galima būtų praveisti maždaug 20–25 m gylio izobatomis. Šios zonos išskirtiniu bruožu galima laikyti palyginti didelį srovių greitį bei bangų lauko įtaką srovių formavimuisi. Daugelis autorių pabrėžia ir sukurišką vandens masės pernašą šioje zonoje (Voevodskij, Han, Hupfer, Šadrin, 1976; Efremov, Kirlyš, Šadrin, 1978; Babakov, 1998).

Esant silpniems vėjams šioje zonoje vyrauja 0,2–0,6 m/s greičio srovės. Toks vandens masės pernašos greitis buvo išmatuotas ne tik Lietuvoje, bet ir Rusijos (Babakov, 1998), Latvijos (Morozov, 1957), Lenkijos (Voevodskij, Han, Hupfer, Šadrin, 1976) vandenyse. Vėjui stiprėjant srovių greitis didėja. Be to, šioje zonoje ypač didelę reikšmę įgauna jūros gylis. Viename iš eksperimentų, vykdytų ties Nida 1974 m., vėjo greičiui esant iki 17 m/s, srovės greitis 0,5 m nuo dugno 7, 10 ir 20 m gylyje buvo atitinkamai 0,31, 0,51 ir 0,25 m/s (Aibulatonov ir dr., 1977). Apie tai, kad einant gilyn nuo 10 m izobatos srovių greitis kranto zonoje mažėja, pabrėžia ir A. Babakovas, tyrinėjęs sroves pietinėje Kuršių nerijos priekrantės dalyje (Babakov, 1998).

Kalbant apie sekliavandenę zoną pažymėtina, kad srovės greičio ir krypties pokyčiai pagal vertikalę čia nėra tokie ryškūs kaip pereinamojoje arba giliavandenėje zonoje. Jie labiau susiję su lygio gradiento pokyčiais bei bangų energijos transformacija kranto zonoje, nekalbant jau apie vėjo lauką. Tačiau sunku sutikti su A. Babakovo nuomone, kad priekrantės srovės apima visą 30–40 m storio barotrofinį sluoksnį (Babakov, 1998), tuo labiau kad sekliavandenėje zonoje vertikalūs tankio gradientai susiformuoja ne taip jau dažnai.

Šią nuomonę patvirtina ir pereinamosios zonos (tarp 25 ir 45 m izobatų) srovių analizės duomenys. Visų pirma šioje zonoje dar labiau išryškėja srovės kaita pagal vertikalę. Be to, tarpiniame 10–30 m sluoksnyje išmatuojamas didžiausias srovių greitis. Dar vienas šios zonos bruožas, yra tas, kad hidrodinamika čia labai priklauso nuo jūros dugno morfologijos, todėl srovių greitis tomis pačiomis meteorologinėmis sąlygomis ir tuose pačiuose gylio horizontuose gali ženkliai skirtis ir netoli viena nuo kitos esančiose okeanografinėse stotyse.

Giliavandenė zona apima tą mūsų akvatorijos dalį, kurią daugelis autorių traktuoja kaip Baltijos jūros vandens kvazistacionarios pernašos rajoną (Soskin, 1963; Michailov, 1992). Jame srovės greitis dažniausiai neviršija 0,1 m/s, bet net įprastinėmis stebėjimų sąlygomis didžiausias srovės greitis siekė 0,56 m/s. Tai patvirtina litodinaminiai šios zonos ty-

rimai. Išskirtiniu šios zonos bruožu laikytinas ryškus šiaurės ir pietų krypties srovių vyravimas, kuriame nedidelį prioritetą turi pernaša į šiaurę.

## IŠVADOS

Skirtingose Lietuvos akvatorijos zonose tomis pačiomis meteorologinėmis sąlygomis gali formuotis ne viena kintančios krypties srovė.

Jūros sekliavandenė zona išsiskiria didžiausiu srovių greičiu, didele bangų lauko įtaka ir palyginti mažesniais negu kitose zonose greičio ir krypties pokyčiais matavimo vertikalėse. Pačioje sekliiausioje kranto zonoje vienatipės pernašos gali būti apimta visa vandens masė.

Tarpinė dinaminė zona (tarp 30–45 m izobatų) jau pasižymi srovių kaita matavimo vertikalėse, dideliu tarpinio sluoksnio srovių greičiu ir nemaža hidrodinaminių procesų priklausomybe nuo dugno morfologijos.

Baltijos jūra už 45 m izobatos laikytina kvazistacionarios pernašos zona, kurioje nedidelį prioritetą turi į šiaurę nukreiptos srovės. Šiaurės ir pietų krypties vandens masės pernašos sudedamosios dalys čia ryškiausios tarpinėje, giliau 10 m esančioje vandens stovymėje.

Hidrodinaminės zonos ir jų ribos kol kas traktuotinos kaip sąlyginės. Jų apibūdinimui trūksta tikslinių tyrimų medžiagos, be to, skirtingi vėjo režimai šių zonų ribas gali labai pakeisti. Pateiktas zonavimas labiausiai taikytinas Lietuvos akvatorijai, nes išskiriant zonas atsižvelgta į specifinę dugno morfologiją ir okeanografinių stočių pasiskirstymo ypatumus.

Stiprios srovės, kurių greitis siekė 0,74 m/s, buvo instrumentiškai išmatuotos priedugniniame sluoksnyje, 33 m gylio tarpinėje dinaminėje zonoje, esant 25 m/s vėjo greičiui.

Gauta 2002 12 10  
Parengta 2003 01 15

## Literatūra

- Aibulatonov N. A. (1990). *Dinamika tviordavo veščestva v šelfovoj zone*. Leningrad.
- Aibulatonov N. A., Jurkevič M. G., Novikova Z. T. i dr. (1977). Issledovanije raspredelenija i sostava vzvešennyh nanosov v verchnej časti šelfa vostočnoj časti Baltijskovo moria. *Lietuvos TSR MA darbai. B ser. 3(100)*. 119–135.
- Aibulatonov N., Kostan R., Orviku K. (1974). Rezultaty litodinamičeskich issledovanij iz obitaemoj podvodnoj laboratoriji „Černomor“. Izd. AN Estonskoj SSR T. 23. *Chemija, Geologija*. 4. 344–351.
- Babakov A. N. (1998). *Pribrėžnyje tečenija srednej časti Kuršskoj kosy. Problemy izučeniya i ochrany prirody Kuršskoj kosy*. Kaliningrad. 19–30.
- Belyšev A. P. i dr. (1981). *Spektralnaja struktūra kolebanii urovnia i skorostei tečenii Baltijskovo moria. Tr. 12-oj konfe-*

- rencini baltijskich okeanografov i 7-vo soveščanija po vodnomu balansu Baltijskovo moria. L. Gidrometeoizdat. 240–248.
- Byčkov V. Š., Strekalov S. S. (1971). *Morskije nereguliar-nyje volny*. Moskva.
- Bukantis A. (1994). Vėjas. *Lietuvos klimatas*. Vilnius. 35–37.
- Dubra J. (1970). *Gėlo vandens išplitimas pagal Lietuvos TSRS jūrinius krantus*. Hidrometeorologiniai straipsniai. 3: 73–82.
- Dubra J., Dubra V. (1998). Vandenų dinamikos Baltijos jūros Lietuvos pakrantėje skaičiavimai. *Kuršių marių ir Baltijos jūros aplinkos būklė*. Klaipėda. 49–57.
- Filimonov A. I. (1965). O dvizenii vody v pridonom sloje pribrežnoj zony moria v periody sgonnyh i nagonnyh šstormov. *Okeanologija*. Kaliningrad. 397–405.
- Filimonov A. I. (1966). Vdolberegovie i normalnie k beregu tečenyje v pribrežnoj zone otmelovo berega. *Okeanologija*. Kaliningrad. 645–650.
- Gailiušis B. (1996). Hidrometeorologinio režimo analizė ir hidraulinės sąlygos. *Klaipėdos uostas. Ekonomika ir ekologija*. Vilnius. 37–42.
- Gelumbauskaitė L. Ž. (Ed.) (1998). *Bathymetric map of the Central Baltic Sea scale 1: 500 000 LGT Series org. Marine geological Maps No. 1/SGU series Ba No. 54*. Vilnius – Uppsala. [Gelumbauskaitė L. Ž., Holmquist T., Litvin V., Malkov B., Scredenko S., Stiebrino O., Uscinowicz Sz.]
- Grigelis A. (red.) (1991). *Geologija i geomorfologija baltijskovo moria. Svodnaja objasnitelnaja zapiska k geologičeskim kartam masštaba 1: 500 000*. Leningrad. 292–294.
- Kirlyš V. (1984). Osobenosti cirkuliaciji vodnych mass i peremeščeniya nanosov v priurezovoi časti otmelovo berega jugo-vastočnovo sektora Baltijskovo moria. *Geografičeskij ežegodnik*. 21. Vilnius. 146–154.
- Klimato žinynas. Vėjas. 1961–1990 m.* (1996). Vilnius.
- Lietuvos hidrometeorologijos valdybos žinynai (1960–2001)*. Vilnius: LHV fondai.
- Michailov A. E. (1992). Tečeniya. Hidrometeorologija i geochimija morej SSSR. T. III. *Baltijskoje moria. Vyp. 1. Gidrometeorologičeskije uslovija*. 364–370.
- Michailov A. E. (1983). O vlijanie stratifikacii na vertikalnuju strukturu tečenij Baltijskovo moria. *Trudy GOINA. Vyp. 169*: 82–89.
- Morozov A. P. (1957). Tečenyja u Libavskovo plavučevo majaka. *Trudy GOINA. Vyp. 6*. Leningrad. 46–52.
- Nabliudenii nad tečenijami po sheme „Struja“*. (1960). Lietuvos TSR hidrometeorologijos tarnyba. Jūrinių tyrimų centro archyvai.
- Nabliudenii nad tečenijami*. (1967). Lietuvos TSR hidrometeorologijos tarnyba. Jūrinių tyrimų centro archyvai.
- Sosikn I. M., Kuznecov L. N., Solovjov V. I. (1963). *Tečeniya Baltijskovo moria na osnove obrabotki gidrologičeskich nabliudenii dinamičeskim metodom. Trudy GOIN. Vyp. 73*: 76–95.
- Soskin I. M. (1963). *Mnogoletnyje izmeneniya gidrologičeskych charakteristik Baltijskovo moria*. Leningrad: Izd. Gidrometeoizdat.
- Spravočnik po gidrologičeskomu režimu morei i ustiev rek SSSR*. (1971). Južnaja čast Baltijskovo moria i Kuršskii zaliv. Pod. red. A. P. Morozova. Leningrad. T. 1. *Vyp. 4*: 121–127.
- Spravočnik po gidrologičeskomu režimu morei i ustiev rek SSSR*. (1973). Južnaja čast Baltijskovo moria i Kuršskii zaliv. Pod. red. A. P. Morozova. Leningrad. T. 1. *Vyp. 4*: 181–187.
- Stjencereutz A. (1861). Anmärkingar rörande Strömmarine i Östersjön. *Acta Soc. Sci. Fennica. Vol. 6*. 369.
- Šadrin I. F. (1972). *Tečeniya pribrežnoj zony besprelivnyh morej*. Moskva.
- Voevodskij T., Han A., Hupfer P., Šadrin I. (1976). *Tečeni v pribrežnoj zone moria (po danim eksperimenta „Liubjatovo – 74“)*. Gdansk. 71–82.
- Žaromskis R. (1996). *Okeanai, jūros, estuarijos*. Vilnius. 211.

### Rimas Žaromskis, Donatas Pupienis

#### PECULIARITIES OF CURRENTS IN DIFFERENT HYDRODYNAMIC ZONES OF THE SOUTHEASTERN BALTIC SEA

#### S u m m a r y

The paper is based on data of Marine Research Centre. It contains quantitative characteristics of the currents measured by oceanographic stations in the Lithuanian economic zone of the Baltic Sea since 1947. For some water areas of the region the measuring data successions embrace 18 years. The totals of 14298 measuring data were generalized.

Taking into consideration the geographical situation of each measuring station and the peculiarities of the currents measured, shallow-water, transitory and deep water dynamic zones were distinguished, where under similar meteorological conditions different (and of changing direction) currents may develop. The available data led to a conclusion that the shallow water zone of the sea stands out for the highest current velocities, strong impacts of wave field, and lower (than in the other zones) vertical variations of velocity and trend. In the most shallowest (coastal) zone the entire water mass may participate in the same type of transport.

The transitory (intermediate) dynamic zone (extending between 30–45 m isobaths) is characterized by vertical variations of currents, high current velocities in the intermediate water layer and a rather pronounced dependence of hydrodynamic processes on the bottom morphology.

Beyond the 45 m isobaths the Baltic Sea area should be regarded as a zone of quasi-transport, where northward currents have a certain priority. The constituent parts of northern and southern water mass transport are best expressed in the intermediate water layer (below 10 m).

Strong currents (0.74 m/s) were instrumentally measured in the transit dynamic zone near the bottom layer (at a depth of 33 m). The wind velocity was 25 m/s.

The authors point out that the described hydrodynamic zones, their boundaries in particular, should be regarded as conditional. Their fuller descriptions require a more precise measuring data and a denser network of measuring stations. Moreover, the varying wind conditions may considerably change the boundaries of the mentioned zone. The presented zonation is mostly applicable for the Lithuanian water area, because the zones were distinguished on the basis of specific bottom morphology and distribution patterns of the oceanographic stations.