

## LAIVO BALASTINIO VANDENS VALYMO OPTIMALIOS ĮRANGOS PARINKIMAS

Diana Šateikienė, Daiva Stanelytė

Klaipėdos valstybinė kolegija

### Įvadas

Baltijos jūra yra viena labiausiai užterštų jūrų pasaulyje. Vienu metu šioje jūroje plaukioja apie 2 000 laivų, o joje plaukiojančių laivų skaičius per metus siekia 10 000.

Kai laive nėra pakrauto krovinių, balastiniai tankai yra užpildomi vandeniu, su kuriuo į laivo balasto cisternas įsiurbiami augalai ir gyvūnai. Balastinėje sistemoje esantis vandens kiekis priklauso nuo laivo tipo ir dydžio, o sausakrūviuose laivuose jis gali siekti iki 65 000 m<sup>3</sup>.

2004 m. IMO konferencijoje buvo priimta konvencija (angl. *BWM convention*) dėl laivų balastinio vandens ir nuosėdų kontrolės bei valdymo. Invazinių rūšių plitimo prevencijos priemonė – D-1 (balastinio vandens keitimas) ir D-2 (balastinio vandens valymo sistemos įdiegimas laive) standartų įvedimas. Laivai, atliekantys balastavimą vienos šalies uoste, o debalastavimą kitos šalies uoste, privalo laikytis šios konvencijos D-2 standarto (Endresen ir kt., 2004; Werschkun ir kt., 2014).

Visame pasaulyje atliekami moksliniai tyrimai, analizuojantys balastinio vandens valymo mechaninius, fizinius, cheminius metodus ir jų kombinacijas: filtravimą (Tang ir kt., 2009) ir hidrocikloninį separavimą (Lapointe ir kt., 2016), deoksidaciją (Lafontaine ir kt., 2014; McCollin ir kt., 2007), ozonavimą (Perrins ir kt., 2006), UV/TiO<sub>2</sub> (Zhang, 2014; Maranda ir kt., 2013), UV (Donghai ir kt., 2011), ultragarsą (Werschkun ir kt., 2014), elektrolizę (Hyung-Gon ir kt., 2015).

Ekonomiškų ir saugių vandens valymo technologijų paklausa didėja.

**Problema.** Vandens invazinių mikroorganizmų rūšių plitimas iš laivų balastinio vandens yra viena rimčiausių problemų, kylančių šiandieninėje jūrų laivybos aplinkoje (Donghai ir kt., 2011; Fernandes ir kt., 2016).

Viena iš šios problemos sprendimo prevencijos priemonių – balastinio vandens valymas.

Šiandienos rinkoje yra daug gamintojų, siūlančių įvairių, skirtingais metodais besiremančių valymo įrangą. Valymo įrangos ir metodo parinkimas priklauso nuo laivo tipo, svorio, valymui atlikti reikalingo laiko, eksploatavimo sąnaudų ir vietos, skirtos įrangai įmontuoti laive. Todėl vis didėjančioje laivybos rin-

koje laivų savininkai susiduria su tinkamiausios įrangos ir metodo parinkimo problema.

**Tikslas** – išanalizuoti laivo balastinio vandens valymo įrangos techninius parametrus ir parinkti optimalų vandens valymo metodą sausakrūviui laivui.

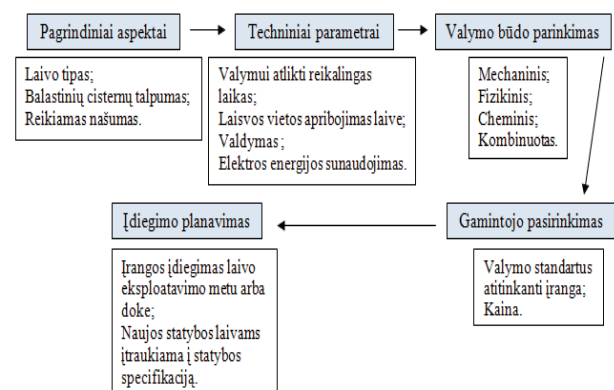
### Balastinio vandens valymo įrangos techninių parametrų analizė

Kiekviena balastinio vandens valymo sistema atlieka valymo funkciją skirtingu valymo metodu. Valymo metodo pasirinkimas gali kisti nuo cheminio apdoravimo proceso iki balastinio vandens valymo uosto krantinėje, prieš išleidžiant jį į jūrą (Berntzen, 2010).

Šiuo metu patvirtintas nemažas skaičius balastinio vandens valymo metodų, bet ne visi metodai yra efektyvūs, todėl gamintojai ieško naujų balastinio vandens valymo būdų (*Ballast water treatment systems: guidance for ship operators on procurement, installation and operation*, 2010).

Balastinio vandens valymo sistemos pasirinkimas turi atitikti kriterijus: būti nebrangus, saugus ir kompaktiškas, o valymo kokybė turi atitikti TJO patvirtintus standartus (Lloyd's Register, 2012).

Parentant balastinio vandens valymo įrangą eksploatuojamam laivui, svarbu yra laivo tipas ir balastinio vandens kiekis, kuris turės būti išvalytas prieš jį išpilant už borto (žr. 1 pav.).



1 pav. Valymo sistemos ir metodo parinkimo etapai

Kiekviena balastinio vandens valymo įranga apibūdinama našumu, t. y. kokį balastinio vandens kiekį sistema gali apdoroti per valandą. Parentant valymo sistemą, ši norma turi būti pakankama laivo

balasto cisternų talpai užpildyti ir atitikti naudojamų siurblių našumą.

Įdiegta valymo sistema gali užimti nuo 0,25 m<sup>2</sup> iki 145 m<sup>2</sup> plotą, priklausomai nuo viso jos našumo. Įrangos komponentai, kai laive nėra pakankamai vietos visai sistemai įrengti vienoje vietoje, gali būti išdėstomi atskirai.

Visa gaminama ir aprobuota balastinio vandens valymo įranga yra pagrįsta mechaniniu, fiziniu arba cheminiu būdu ir jų kombinacijomis (žr. 1 lentelę).

Mechaniniai balastinio vandens valymo metodai yra paprasčiausi. Sistemos įranga nebrangi, neužima daug vietos, tačiau mažas efektyvumas šalinant smulkesnius mikroorganizmus (< 20 μm), virusus ir bakterijas.

Taikant fizinius valymo metodus, naudojama brangi įranga. Valymo sistemos parinkimas priklauso nuo laivo dedveito, valymo kokybė – nuo vandens skaidrumo, o mikroorganizmų ir bakterijų naikinimas – nuo valymo intensyvumo (UV spinduliavimo, inertinių dujų kiekio, tiekiamo iš generatoriaus, ar slėgio skirtumo, susidarancio kavitacijos kameroje).

Taikant cheminius valymo metodus, atliekami procesai yra sudėtingi. Valymo proceso metu susidaro kenksmingų toksinių medžiagų, todėl, prieš išlei-

džiant balastinį vandenį, reikia jį neutralizuoti. Dezinfekavimas efektyvus naikinant visų dydžių ir tipų mikroorganizmus ir bakterijas. Įranga brangi, tačiau gaminama įvairaus dydžio ir našumo, todėl tinka visų dydžių laivams.

Pagrindiniai techniniai sistemos parametrai, susiję su balastinio vandens valymu, yra debitas, bendras sistemos dydis ir išlaidos. Išlaidos apima kapitalo išlaidas (CAPEX) ir eksploatacijos išlaidas (OPEX).

Išanalizavus balastinio vandens valymo įrangos eksploatacijos išlaidų ir kapitalinių sąnaudų dydžius nustatyta, kad nėra tiesioginės priklausomybės tarp kainos ir balastinio vandens valymo metodo. Daugeliu atveju (UV švitinimas, elektrolizė arba ozonavimas) tiesioginė priklausomybė yra tarp kainos ir įrangos našumo.

Valymo sistemos parinkimas priklauso nuo laivo tipo, techninių savybių, veiklos efektyvumo ir kainos.

Balastinio vandens valymo metodų įvairovė leidžia laivų savininkams pasirinkti tinkamiausią, priklausomai nuo laivo tipo, dydžio ir plaukiojimo rajono, metodą. Atsižvelgiama į valymo sistemoje naudojamų medžiagų kenksmingumą, užimamą vietą laive, efektyvumą ir kainą.

1 lentelė. *Balastinio vandens valymo įrangos maksimalūs techniniai parametrai, priklausomai nuo valymo metodų*

Įrangos techniniai parametrai	Matavimo vienetai	Valymo metodas													
		Filtravimas +UV	Filtravimas +Elektrolizė	Filtravimas +Elektrolizė+Rec	Filtravimas +UV+TiO <sub>2</sub>	Filtravimas +O <sub>3</sub> +UV	ClO <sub>2</sub>	Filtravimas +EL.EC +US +AO(OH)	Filtravimas +Cl(NaClO)+Res	O <sub>3</sub>	Filtravimas+EL.EC +Deox+Cav+AO(OH)	Filtravimas+EL.EC+AO(OH)	EL.Ec+AO(OH)	EL.Ec +Cav+AO	
Našumas	m <sup>3</sup> /h	6 000	7 200	8 000	3 000	3 000	16 200	9 000	4 500	10 000	5 000	3 750	10 000	6 000	
Tūris	m <sup>3</sup>	109,55	99,51	47,25	11,13	163,70	90,36	27,97	56,7	19,78	11	160,46	44,1	20,79	
Energijos sąnaudos	kw	770	568	330	250	582	33	85	13,4	70	59	257	172	310	

### Chloravimo proceso analizė

Diegiant balastinio vandens valymo įrangą į eksploatuojamą sauskrūvį laivą „EVA“, vieta įrangai sumontuoti turi būti parenkama mašinų skyriuje. Priklausomai nuo balastinio vandens valymui naudojamą metodo ir jo našumo, įrangos gabaritai parenkami skirtingi.

Išanalizavus aprobuotos balastinės įrangos techninius duomenis (žr. 1 lentelę) nustatyta, kad didžiausias našumas yra įrangos, valančios balastinį vandenį chloravimo metodo principu.

Balastinio vandens valymui naudojamas natrio hipochloritas – hipochloro rūgšties natrio druskos

vandens tirpalas su aktyviojo chloro masės koncentracija 120 g/l. Šis chloro preparatas plačiai naudojamas geriamam vandeniui, baseinams, buitiniams ir pramonės nuotekoms dezinfekuoti.

Pagrindiniai natrio hipochlorito privalumai, lyginant su kitais preparatais (Hong, 2013; Беляк, 2007), yra šie:

- galimybė išgauti hipochlorą balastinio vandens valymo vietoje, taikant elektrocheminius metodus;
- nedidelė paruoštų koncentruotų natrio hipochlorito tirpalų kaina;
- galimybė pasirinkti natrio hipochlorito išgavimo

būdą: naudoti jau paruoštą tirpalą iš ekonomiškos, saugios ir patogios sandėliuoti pakuotės arba išgauti balastinio vandens valymo vietoje;

- d) labai efektyvus dumblių, sporų, gramteigiamų ir gramneigiamų bakterijų, grybelių naikinimas;
- e) naudojant išskiriamas nedidelis chloro dujų kiekis;
- f) greitai pasireiškiantis baktericidinis poveikis (per 3–5 min.);
- g) silpnas korozinis poveikis (šešis kartus mažesnis nei skysto chloro).

Aktyvaus chloro koncentracija prieš išleidžiant balastinį vandenį turi būti nuo 0,3 iki 0,5 mg/l. Bendra natrio hipochlorito koncentracija, užtikrinanti laivo balastinio vandens ekologinį saugumą, apskaičiuojama taip (Etin, 2012):

$$S_{ek} = S_{sk} + S_{hr} + 0,3; \quad (1)$$

čia:

$S_{sk}$  – natrio hipochlorito koncentracija, reikalinga balastiniam vandeniui dezinfekuoti (mg/l);

$$S_{sk} = B + 0,012 t - 0,46 pH - 0,02 s + 0,18 g + 0,002 E; \quad (2)$$

čia:

B – regresinės lygties laisvasis narys; mišrių plaukiojimo laivų balastiniam vandeniui – 6,9;

t – balastinio vandens temperatūra (°C);

pH – vandenilio potencialas, rodantis balastinio vandens rūgštingumą arba šarminumą;

s – balastinio vandens druskingumas (proc.);

g – suspenduotų medžiagų koncentracija balastiniame vandenyje (mg/l);

E – biologinis užterštumas (KSV/100 ml); pagal IMO reikalavimus išvalytame vandenyje E.coli bakterijų negali būti daugiau nei 250 kolonijų formuojančių vienetų (kfv)/100 ml;

$S_{hr}$  – natrio hipochlorito koncentracija, reikalinga norint užtikrinti laikomo balastinio vandens ekologinį saugumą, atsižvelgiant į chloro irimo greitį vandenyje ir reiso trukmę (mg/l);

$$S_{hr} = \tau \times C_{\tau} \times 10^{2,33 \left(0,0033 \frac{1}{T}\right) - 3,92} \quad (3)$$

čia:

$\tau$  – reiso trukmė sekundėmis;

$C_{\tau}$  – aktyviojo chloro likutinė koncentracija (mg/l);

T – absoliuti temperatūra kelvinais.

Didžiausias natrio hipochlorito atsargų cisternos tūris apskaičiuojamas:

$$V_{NaClO} = \frac{S_{ek} \times V_{balast} \times 1,5}{S_{konc}}; \quad (4)$$

čia:

$V_{balast}$  – balastinių cisternų tūris, m<sup>3</sup>;

$S_{konc}$  – natrio hipochlorito su aktyviuoju chloru masės koncentracija.

Dezinfekuojančio skysčio sistemoje išeiga yra lygi siurblio dozatoriaus našumui:

$$Q_{išeiga} = \frac{Q_s \times S_{ek}}{S_{konc}}; \quad (5)$$

čia:

$Q_s$  – balastinio siurblio našumas, m<sup>3</sup>/h.

Aktyvaus chloro koncentracijos kiekis priklauso nuo šių faktorių:

- balastinio vandens fizinių ir cheminių savybių, temperatūros (t), pH, suspenduotų kietųjų dalelių (g), druskingumo (s), biologinės taršos (E);
- techninės laivo balasto sistemos būklės suspenduotų kietųjų dalelių (g<sub>2</sub>), geležies koncentracijos (f) ir naftos produktų koncentracijos (v).

Vandens druskingumas tiesiogiai proporcingas pagrindinei jūros vandenyje esančios druskos sudedamajai daliai – NaCl. Šio junginio kiekis vandenyje, kurio druskingumas – 35 proc., yra 26 g/l, o vandenyje, kurio druskingumas – 1 proc., yra 0,75 mg/l.

Laivas „EVA“ – tai universalus sausakrūvis laivas, suprojektuotas ir pastatytas prižiūrint Anglijos Lloyd registro klasifikacinei bendrovei. Laivas plaukioja su Antigvos ir Barbudos vėliava.

## 2 lentelė. Pagrindiniai laivo „EVA“ balastinės sistemos parametrai

Balastinio siurblio našumas	$Q = 250 \frac{m^3}{h}$
Balastinio siurblio slėgis	$p = 0,3 \text{ MPa}$
Bendras balastinių cisternų tūris	$V = 1676,5 \text{ m}^3$
Balastinių sistemų užpildymo laikas	$t = 8 \text{ h}$

Pagrindiniai duomenys, reikalingi skaičiavimams atlikti:

- kenksmingumo pašalinimo reagentas – A tipo natrio hipochloritas su aktyviąja chloro masės koncentracija (120 g/l);
- didžiausias perdirbamo balasto kiekis (1 676,5 m<sup>3</sup>);
- balastavimo reiso trukmė (14 parų);
- suspenduotų medžiagų koncentracija balastiniame

- vandenyje (11 mg/l);
- biologinis užterštumas (1 150 KSV/100 ml);
- aktyviojo chloro likutinė koncentracija (0,5 mg/l);
- plaukiojimo rajonas – Atlanto vandenynas (vandens temperatūra – 28 °C, druskingumas – 34 proc., pH – 8,25).

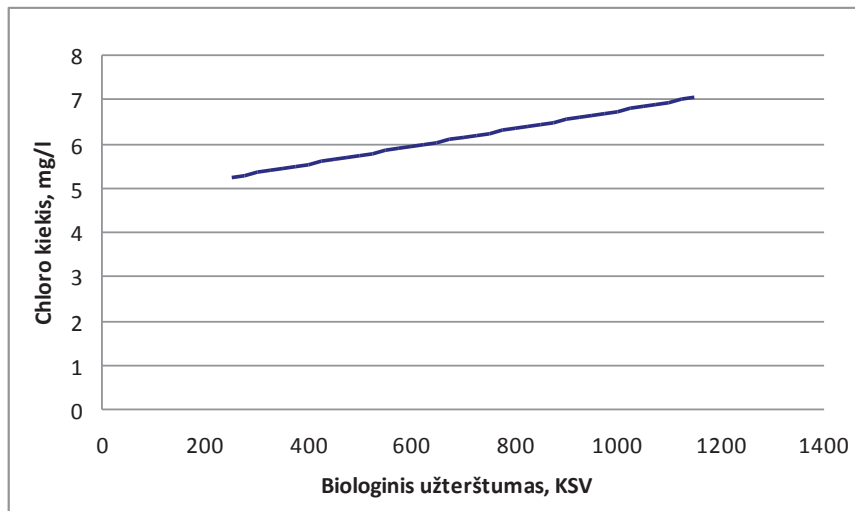
Sausakrūviame laive galima įrengti balastinio vandens chloravimo sistemą, užtikrinančią balastinio vandens ekologinį saugumą pagal IMO reikalavimus. Įdiegiant chloravimo sistemą, būtina apskaičiuoti cisternos, kurioje bus laikomas skystas koncentruotas natrio hipochloritas, tūrį (žr. 3 lentelę). Talpos forma parenkama atsižvelgiant į laisvą vietą, esančią laivo mašinų skyriuje. Apskaičiuojamas siurblio dozatoriaus slėgis, atsižvelgiant į balastinės ir chloravimo sistemų vamzdinių vietinius hidraulinius nuostolius, siurblio dozatoriaus našumą, kuris yra lygus dezinfekuojamo skysčio išėjai sistemoje.

3 lentelė. *Sausakrūviui laivui „EVA“ apskaičiuoti chloravimo sistemos parametrai*

$S_{ek}$ ; g/m <sup>3</sup>	$S_{sk}$ ; mg/l	$S_{hr}$ ; mg/l	$V_{NaClO}$ ; m <sup>3</sup>	$Q_{išeiga}$ ; m <sup>3</sup> /h
85,271	11,941	73,03	1,787	0,177648

Sausakrūviame laive „Eva“ galima įrengti sistemą, užtikrinančią balastinio vandens ekologinį saugumą pagal TJO reikalavimus ir sudarytą iš 1,787 m<sup>3</sup> talpos, skirtos koncentruotam natrio hipochloritui laikyti, ir siurblio dozatoriaus, kurio našumas yra 0,177648 m<sup>3</sup>/h.

Vandens biologinis užterštumas skirtingose balastavimo vietose yra nevienodas, todėl buvo atliktas matematinis modeliavimas. Juo siekiama nustatyti chloro kiekio priklausomybę nuo balastinio vandens biologinio užterštumo.



2 pav. Chloro kiekio priklausomybė nuo balastinio vandens biologinio užterštumo

Kai balastinio vandens biologinis užterštumas *E.coli* bakterijomis yra 250 kfv/100 ml, tai vandeniui dezinfekuoti reikia 5,241 g/m<sup>3</sup> natrio hipochlorito. Didėjant biologiniam užterštumui, tolygiai didėja ir natrio hipochlorito kiekis. Itin biologiškai užterštame vandenyje, kai *E.coli* bakterijų yra 1150 kfv/100 ml, vandeniui dezinfekuoti reikia 7,041 g/m<sup>3</sup> natrio hipochlorito.

### Išvados

1. Šiuo metu balastinio vandens valymo įranga iš esmės pagrįsta mechaniniais, fizininiais ir cheminiais valymo būdais. Kiekviena balastinio vandens valymo sistema apibūdinama našumu, rodančiu, kokį balastinio vandens kiekį sistema gali apdoroti per valandą. Parenkant valymo sistemą, ši

norma turi būti pakankama laivo balasto cisternų talpai užpildyti ir atitikti naudojamų siurblių našumą.

2. Išanalizavus įrangos techninius duomenis nustatyta, kad našiausias valymo metodas yra pagrįstas chloravimo principu. Sausakrūviame laive „Eva“ galima įrengti sistemą, kuri užtikrintų balastinio vandens ekologinį saugumą pagal IMO reikalavimus ir būtų sudaryta iš 1,787 m<sup>3</sup> talpos, skirtos koncentruotam natrio hipochloritui laikyti, ir siurblio dozatoriaus, kurio našumas yra 0,177648 m<sup>3</sup>/h. Valant balastinį vandenį, naudojamo natrio hipochlorito kiekis priklauso nuo vandens biologinio užterštumo ir gali svyruoti nuo 5,241 g/m<sup>3</sup> iki 7,041 g/m<sup>3</sup>.



## Literatūra

1. Ballast water treatment systems: guidance for ship operators on procurement, installation and operation. September 2010. Lloyd's Register. London: 71 Fenchurch Street. P. 15.
2. Berntzen M., 2010, *Guidelines for selection of a ship ballast water treatment system: Master thesis in Marine Systems Design*. Norwegian university of science and technology. P. 84.
3. Donghai W., Hong Y., Ran Z., Chuan C., Duu-Jong L., 2001, Ballast waters treatment using UV/Ag-TiO<sub>2</sub> + O<sub>3</sub> advanced oxidation process with Escherichia coli and Vibrio alginolyticus as indicator microorganisms. *Chemical Engineering Journal*. No. 174. P. 714–718.
4. Endresen O., Behrens H., Brynstad S., Andersen A. B., Skjong R., 2004, Challenges in global ballast water management: *Viewpoint. Marine Pollution Bulletin*. No. 48. P. 615–623.
5. Etn V. L., Sustretova N. V., Zakharov V. N., 2012, Development of mathematical model for the ship ballast water ecological safety system. *Технические науки*. No. 3. P. 1–9.
6. Fernandes A. J., Santos L., Vance T., Fileman T., Smith D., Bishop J. D., Viard F., Queirós A. M., Merino G., Buisman E., Austen M. C., 2016, Costs and benefits to European shipping of ballast-water and hull-fouling treatment: Impacts of native and non-indigenous species. *Marine Policy*. Vol. 64. P. 148–155.
7. Hong E., Jung Y., Kang J., Kwon M., Yoon Y., 2013, Inactivation characteristics of ozone and electrolysis process for ballast water treatment using B. subtilis spores as a probe. *Marine Pollution Bulletin*. No. 72. P. 71–79.
8. Hyung-Gon C., Min-Ho S., Heon-Young L., Ji-Hyun L., Dong-Sup L., Kyoungsoon S., Keun-Hyung C., 2015, Enhancing the efficacy of electrolytic chlorination for ballast water treatment by adding carbon dioxide. *Marine Pollution Bulletin*. Vol. 95. P. 315–323.
9. Lapointe M., Barbeau B., 2016, Characterization of ballasted flocs in water treatment using microscopy. *Water Research*. Vol. 90. P. 119–127.
10. Lafontaine Y., Despatie S. P., 2014, Performance of a biological deoxygenation process for ships' ballast water treatment under very cold water conditions. *Science of The Total Environment*. Vol. 472. P. 1036–1043.
11. Lloyd's Register, 2012. Ten steps to selecting a ballast water treatment system. Prieiga per internetą: <<http://blog.lr.org/2011/05/ten-steps-to-selecting-a-ballast-water-treatment-system/>>.
12. Maranda L., Cox A. M., Campbell R. G., Smith D. C., 2013, Chlorine dioxide as a treatment as a treatment for ballast water to control invasive species: Shipboard testing. *Marine Pollution Bulletin*. No. 75. P. 76–89.
13. Mathieu L., Benoit B., 2016, Characterization of ballasted flocs in water treatment using microscopy. *Water Research*. Vol. 90. P. 119–127.
14. McCollin T., Quilez-Badia G., Josefsen K. D., Gill M. E., Mesbahi E., Frid C. L., 2007, Ship board testing of a deoxygenation ballast water treatment. *Marine Pollution Bulletin*. Nr. 54. P. 1170–1178.
15. Perrins J. C., Cooper W. J., van Leeuwen J., 2006, Herwiq RP. Ozonation of seawater from different locations: Formation and decay of total residual oxidant—implications for ballast water treatment. *Marine Pollution Bulletin*. No. 52. P. 1023–1033.
16. Tang Z., Butkus M. A., Xie Y. F., 2009, Enhanced performance of crumb rubber filtration for ballast water treatment. *Chemosphere*. No. 74. P. 1396–1399.
17. Werschkun B., Banerji S., Basurko O. C., David N., Fuhr F., Gollasch S., Grummt T., Haarich M., Jha A. N., Kacan S., Kehrerj A., Linders J., Mesbahi E., Pughiuc D., Richardson S. D., Schwarz-Schulz B., Shah A., Theobald N., Gunten U., Wieck S., Höfe T., 2014, Emerging risks from ballast water treatment: The run-up to the International Ballast Water Management Convention. *Chemosphere*. Vol. 112. P. 256–266.
18. Zhang N., Zhang Y., Bai M., Zhang Z., Chen C., Meng X., 2014, Risk assessment of marine environments from ballast water discharges with laboratory-scale hydroxyl radicals treatment in Tianjin Harbor. *Journal of Environmental Management*. Vol. 145. P. 122–128.
19. Беляк А. А., Благова О. Е., Гонтовой А. В., Касаткина А. Н., Привен Е. М., Смирнов А. Д., 2007, К вопросу об использовании растворов гипохлорита натрия в водоподготовке. *Питьевая вода*. № 2. С. 25–34.

---

**Summary****SELECTING OPTIMAL TECHNOLOGIES FOR BALLAST WATER TREATMENT***D. Šateikienė, D. Stanelytė*

Nowadays one of the most serious problems in the marine environment is the spread of invasive species through ships' ballast water. Ballast water treatment is one of preventive measures aimed at solving this problem.

Mechanical, physical and chemical methods for ballast water treatment have been overviewed in the paper. All methods must ensure that the natural environment and human health are protected, especially when chemical substances are used – they must be safely stored to prevent any accidental contamination of the environment. Released ballast water must be clean, without chemical contaminants, its characteristics unchanged. The parameters that affect the effectiveness of water treatment have been identified. The effects of chlorine on the environment, ship construction and nature have been described, the ways of reducing damage are provided. The principle of evaluating chlorine concentration, which depends on the characteristics of ballast water, is provided.

**Keywords:** ballast water, ballast water treatment, chlorination method.

**Santrauka****LAIVO BALASTINIO VANDENS VALYMO OPTIMALIOS ĮRANGOS PARINKIMAS***D. Šateikienė, D. Stanelytė*

Vandens invazinių mikroorganizmų rūšių plitimas iš laivų balastinio vandens yra viena rimčiausių problemų, kylančių šiandieninėje jūrų laivybos aplinkoje. Viena iš prevencinių šios problemos sprendimo priemonių – laivų balastinio vandens valymas.

Straipsnyje apžvelgiami balastinio vandens valymo metodai: mechaniniai, fiziniai ir cheminiai. Visi naudojami metodai turi užtikrinti aplinkos, žmonių sveikatos saugumą, ypač jei tai susiję su cheminių medžiagų naudojimu – jas reikia saugiai sandėliuoti ir saugoti, kad nepatektų į aplinką. Išleidžiamas balastinis vanduo turi būti švarus, neužterštas cheminėmis medžiagomis, nepakitusių savybių. Išskirti parametrai, darantys įtaką vandens išvalymo efektyvumui. Aprašomas chloro poveikis aplinkai, laivo konstrukcijoms ir gamtai, pateikiami žalos sumažinimo būdai. Pateiktas skaičiavimo principas, įvertinantis chloro koncentraciją, kuri priklauso nuo balastinio vandens savybių.

**Prasminiai žodžiai:** balastinis vanduo, balastinio vandens valymas, chloravimo metodas.

Įteikta 2016-02-12

Priimta 2016-05-06