

© Коллектив авторов, 2017
УДК: 616.932:614.48:614.7:656.612

С.Ю. Водяницкая, Н.В. Павлович, О.В. Лях, О.В. Сергиенко,
А.А. Рыжова, Л.В. Судьина, В.В. Баташев

МЕТОДЫ ДЕКОНТАМИНАЦИИ СУДОВЫХ БАЛЛАСТНЫХ ВОД ДЕЗИНФЕКЦИОННЫМ СРЕДСТВОМ «БИОПАГ-Д»

*Ростовский-на-Дону противочумный институт Роспотребнадзора,
Россия, 344002, Ростов-на-Дону, ул. М. Горького, 117/40. E-mail: s_vodyanitskaya@mail.ru*

Цель: обосновать выбор методов деконтаминации судовых балластных вод дезинфекционным средством «Биопаг-Д». **Материалы и методы:** в предварительных экспериментах *in vitro* подобраны концентрации «Биопаг-Д», при которых дезсредство обладает выраженным антибактериальным действием в отношении тест-микроорганизмов. **Результаты:** предложены методы деконтаминации судового балласта (метод орошения порожних танков, метод внесения рабочей концентрации дезсредства в наполненные балластные танки и комбинированный метод). **Заключение:** Предложенные методы деконтаминации судового балласта дезсредством «Биопаг-Д» являются новой технологией обеззараживания балласта от патогенных микроорганизмов и будут способствовать выполнению международного стандарта качества балластных вод в Российской Федерации.

Ключевые слова: «Биопаг-Д», деконтаминация, судовой балласт.

S.Yu. Vodyanitskaya, N.V. Pavlovich, O.V. Lyach,
O.V. Sergienko, A.A. Ryzhova, L.V. Sudina, V.V. Batashev

METHODS OF SHIP BALLAST WATER DECONTAMINATION WITH DISINFECTION SUBSTANCE «BIOPAG-D»

*Rostov-on-Don Anti-Plague Institute,
117/40 Gorky str., Rostov-on-Don 344002, Russia. E-mail: s_vodyanitskaya@mail.ru*

Objective: to ground the choice of ships' ballast water decontamination methods with disinfection substance under the title «Biopag-D». **Materials and Methods:** for study of methods of ballast water decontamination in preliminary experiment *in vitro* with selected concentration «Biopag-D», in which disinfectant has a the strong antibacterial effect against the test microorganisms. **Results:** based on the established concentrations the methods of ballast water decontamination are developed (irrigation of empty ballast tanks, adding the working concentration of the disinfectant in complete ballast tanks and the combined method). **Conclusion:** the offered methods of ship's ballast water decontamination with disinfection substance are a new disinfection technology and will assist contribute to the implementation of the international quality standard of ballast water in the Russian Federation.

Keywords: «Biopag-D», decontamination, ships' ballast water.

Введение

В настоящее время морское и речное судоходство обеспечивают значительную долю транспортных и пассажирских перевозок, при этом возрастает риск возможного непреднамеренного переноса патогенных микроорганизмов с водяным балластом судов из одних акваторий в другие, что представляет собой одну из существенных угроз для Мирового океана. Для решения этой проблемы Международная Морская Организация (ИМО) в Резолюции А.774 (18) (1993 г.) и в Резолюции А.868 (20) (1997 г.) сформулировала основные правила и рекомендации по управлению водяным балластом судов в целях сохранения природных экосистем и предотвращения распространения чужеродных организмов [1].

В качестве основных методов предотвращения переноса патогенных организмов посредством судовых балластных вод Международная конвенция по контролю и управлению судовыми балластными водами и осадками (далее Конвенция) рассматривает два варианта: замена балласта в открытом море на глубине (требования Правил В-4 и D-1) либо его технологическая обработка на борту судна для достижения уровня микробного загрязнения, не превышающего стандарт качества обработки балласта, регламентированного Конвенцией (Правило D-2).

Предложенный Конвенцией стандарт качества обработки балласта по биологическому составу на момент сброса балласта (Правило D-2) допускает наличие следующих индикаторных микроорганизмов в балластной воде в количестве: токсигенный вибрион холеры (O1 и O139) — менее 1 колониеобразующей единицы (КОЕ) на 100 мл или менее 1 КОЕ на 1 грамм (сырого веса) образцов зоопланктона; кишечная палочка — менее 250 КОЕ на 100 мл, кишечные энтерококки — менее 100 КОЕ на 100 мл.

Данный стандарт нацелен на мотивацию перехода к новым, более эффективным технологиям обеззараживания балласта от патогенных организмов. Следует особо подчеркнуть, что на современном этапе ни одна из морских держав технически не готова к выполнению положений, регламентируемых Конвенцией. Тем не менее, в настоящее время ведется интенсивный поиск наиболее оптимальных технологий обработки балластных вод. Так, предложены различные способы обеззараживания балластных вод: физические (нагревание, ультразвук, ультрафиолетовое облучение, ионизация серебром); механические (фильтрование, внесение изменений в конструкцию судна); химические (озонирование, хлорирование, применение биореагентов) и биологические (добавление в балластную воду антагонистов микроорганизмов). Наиболее доступным является химический способ, однако его применение влечет за собой ряд проблем: возможный риск для здоровья экипажа, вероятность коррозии балластной системы и загрязнение химикатами морской среды в результате их сброса вместе с балластом [2].

В этой связи сохраняет актуальность поиск соединений, характеризующихся, с одной стороны, инертностью и малой токсичностью для людей, а с другой, обладающих высокой активностью против большинства микроорганизмов. Очевидно, что для деконтаминации балласта препараты хлора не подходят в силу высокой токсичности для макро- и микроорганизмов, высокого коррозионного эффекта для судов; перекись водорода хорошо растворима в воде, но при разложении образует взрывоопасный свободный кислород и также обладает коррозионными свойствами; препараты четвертичных аммониевых соединений обладают высокой

бактерицидностью, но в пересчете на тонны балласта их применение экономически нецелесообразно.

Таким образом, препаратами выбора оказались представители полигуанидинов (ПГ), которые разрешены Минздравом РФ для очистки и обеззараживания питьевой воды, воды плавательных бассейнов, оборотных систем технического и питьевого водоснабжения, а также для обеззараживания и очистки сточных вод. Ярким представителем ПГ является препарат «Биопаг-Д» — двадцатипроцентный водный раствор полигексаметиленгуанидина гидрохлорида. Широкомасштабные исследования ПГ позволили ведущим токсикологическим центрам РФ установить их преимущества: отсутствие мутагенного и канцерогенного действия, отношение к 4-му классу малоопасных и 3-му классу и умеренно опасных соединений (ГОСТ 12.1.007-1976).

При относительной безопасности для животных и человека данное соединение обладает антимикробным, антивирусным, противогрибковым действием, кроме того, «Биопаг-Д» — хороший флокулянт. Широкий спектр биоцидного действия обусловлен наличием в повторяющихся звеньях макромолекул полимеров гуанидиновых группировок, являющихся активным началом некоторых природных и синтетических средств и антибиотиков. Однако в отношении *V. cholerae* препарат был не изучен.

Цель исследования — теоретическое обоснование способов деконтаминации судовых балластных вод препаратом «Биопаг-Д».

Материалы и методы

Исследования проведены на базе ФКУЗ Ростовский-на-Дону противочумный институт Роспотребнадзора. Объектом исследования явилось дезсредство «Биопаг-Д», разработанное в РОО «Институт эколого-технологических проблем» (Москва). В качестве тест-культур использовали бактерии *E. coli*, *S. aureus*, токсигенные штаммы *V. cholerae*. Микроорганизмы выбраны в качестве санитарно-показательных в соответствии со Стандартом качества D-2 Конвенции (*V. cholerae*, *E. coli*) [1] и Руководства Р 4.2.2643-10 (*E. coli*, *S. aureus*) [3]. Для оценки антибактериальных свойств «Биопаг – Д» в соответствии с Руководством Р 4.2.2643-10 использовали два метода (суспензионный и суспензионный с нейтрализатором лаурилсаркозилем натрия (ЛСН) для исключения пролонгации бактериостатического действия «Биопага –Д» на бактерии при посеве на питательные среды) [3].

Результаты

Экспериментально установлено, что *in vitro* препарат «Биопаг-Д» в концентрациях 0,01-0,1 % обладает выраженным антибактериальным действием в отношении тест-микроорганизмов - *S. aureus*, *E. Coli* (рекомендованы Руководством Р 4.2.2543-10 [3]) и *V. cholerae* (рис. 1), и может рассматриваться как перспективный препарат для деконтаминации судовых балластных вод.

Балластные воды обычно содержатся в балластных танках, расположенных между стенками судовых трюмов и наружной обшивкой судна. Выделяют несколько типов танков: верхние и нижние бортовые подпалубные танки, расположенные под верхней палубой; бортовые танки, расположенные вдоль бортов; диптанки, расположенные между стенкой первого трюма и носовой частью судна. Под грузовыми трюмами располагаются танки двойного

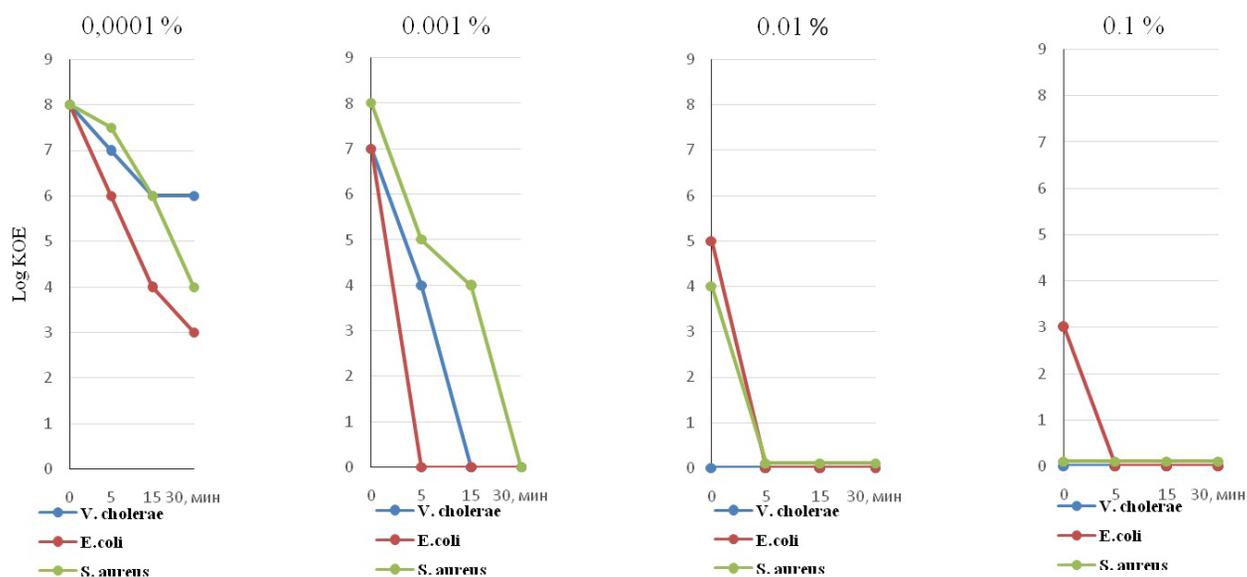


Рисунок 1. Бактерицидное действие «Биопага-Д» в отношении тест-микробов при различных концентрациях (0,0001 % - 0,1 %).

Figure 1. Bactericidal effect of the «Biopag-D» in different concentrations (0,0001 %-0,1 %) against the test microorganisms.

дна, имеющие сложную конструкцию с большим количеством всевозможных отсеков и перегородок.

Балластные воды обычно содержатся в балластных танках, расположенных между стенками судовых трюмов и наружной обшивкой судна. Выделяют несколько типов танков: верхние и нижние бортовые подпалубные танки, расположенные под верхней палубой; бортовые танки, расположенные вдоль бортов; диптанки, расположенные между стенкой первого трюма и носовой частью судна. Под грузовыми трюмами располагаются танки двойного дна, имеющие сложную конструкцию с большим количеством всевозможных отсеков и перегородок.

При обнаружении *V. cholerae* O1 и O139 в балластной воде судна деконтаминация может проводиться тремя способами: методом орошения порожних танков (цистерн), методом внесения рабочей концентрации дезсредства в наполненные балластные танки и комбинированным методом.

Деконтаминация методом орошения. Данный метод может быть применен для дезинфекции внутренних поверхностей порожних балластных цистерн, расположенных между трюмом и бортом теплохода. Во время выполнения данных работ необходимо соблюдать правила техники безопасности при работе в закрытых пространствах. Нанесение рабочей концентрации (0,01 %) раствора «Биопага-Д» на внутреннюю поверхность балластного танка следует производить путем орошения, используя гидропульт, из расчета 300 мл/м². Для приготовления 10,0 л 0,01%-ного раствора необходимо 5,0 мл 20% раствора «Биопага-Д» смешать с водой. Через 60 минут после завершения работы, балластные танки можно заполнить при необходимости забортной водой для их промывки. При сбрасывании забортной воды будет проведена и деконтаминация балластного оборудования данной цистерны.

Данный метод не подходит для дезинфекции отсеков балластных цистерн, которые образуют второе дно теплохода.

Деконтаминация методом внесения рабочей концентрации препарата в наполненные балластные танки. Для расчета необходимого количества «Биопага-Д» необходимо совместно с ответственным членом экипажа теплохода провести замер (расчет) объемов балласта в каждом танке. После получения точного веса балласта и определения необходимого количества «Биопага-Д» (табл. 1) необходимо определить места введения дезсредства в балластный танк. Надо использовать все доступные места введения: крышки балластных танков, люки, замерные отверстия. Следует учитывать, что процесс перемешивания балластной воды возможен только в ходовом режиме, поэтому для быстрого достижения равномерной концентрации раствора необходимо использовать инженерно-технические приспособления (насосы, помпы и т.п.).

Из табл. 1 следует, что 1,0 литр коммерческого препарата «Биопага-Д» (20%) потребуются для деконтаминации двух тонн балластной воды.

Время контакта балластной воды и дезсредства «Биопаг - Д» зависит от объема воды в балластной системе и концентрации действующего вещества (ДВ), при которой наблюдается бактерицидный эффект во всем объеме балластного танка (табл. 2). Этот метод приемлем при работе в порту.

При проведении деконтаминации балласта в пути следования судна растворы «Биопага-Д» должны периодически добавляться в балластную воду из расчета поддержания вещества на уровне минимально действующей бактерицидной концентрации. В этом случае балластировка судна осуществляется в обычном режиме.

Комбинированный метод деконтаминации. Данный метод может использоваться, когда метод наполнения неудобен, а конструктивные особенности судна не позволяют провести орошение всех поверхностей балластных цистерн. Тогда часть или все днищевые балластные цистерны дезинфицируются методом наполнения, а стенки боковых цистерн методом орошения.

Таблица 1.

**Приготовление рабочих растворов средства «Биопаг-Д»
Preparation of the working solutions of the disinfectant "Biopag-D"**

Концентрация рабочего раствора, % по ДВ <i>Concentration of the working solution, %</i>	Количество 20 % средства Биопаг –Д <i>Volume of disinfectant "Biopag –D" (20 %)</i>	
	на 1 литр балластной воды <i>per 1 liter of ballast water</i>	на 1000 л балластной воды <i>per 1000 liters of ballast water</i>
0,001	0,05 мл 0,05 ml	50 мл 50 ml
0,01	0,5 мл 0,05 ml	500 мл=0,5 л 500 ml=0,5 L
0,1	5,0 мл 5,0 ml	5000 мл =5 л 5000 ml =5 L

Таблица 2

**Режимы дезинфекции объектов рабочими растворами средства «Биопаг-Д» при обнаружении в балластной воде судов V. cholerae O1 и O139
The modes of disinfection of objects with working solutions of the disinfectant "Biopag - D" when detected in the ships' ballast water V. cholerae O1 and O139**

Объект обеззараживания <i>Object of disinfection</i>	Концентрация рабочего раствора по ДВ, % <i>Concentration of the working solution on the active substance, %</i>	Время обеззараживания, мин. <i>Time of decontamination, min.</i>	Способ обеззараживания <i>Method of decontamination</i>
Внутренние поверхности судовых балластных танков <i>Inner surface of the ships' ballast tanks</i>	0,01	Не менее 60 Не менее 30	Орошение <i>Spraying of empty ballast water tanks</i>
	0,1	Not less than 60 Not less than 30	
Балластные воды судов <i>Ships' ballast water</i>	0,01	Не менее 60 (после установления данной концентрации во всем объеме балластного танка) 30 (после установления данной концентрации во всем объеме балластного танка) Not less than 60 (after the establishment of this concentration in the whole volume of the ballast tank) 30 (after the establishment of this concentration in the whole volume of the ballast tank)	Внесение рабочих растворов в балластную воду танков
	0,1		
	0,01		Introduction of disinfectant in full ballast water tanks
	0,1		

Обсуждение

В современный период имеются сотни зарегистрированных дезсредств разных групп химических соединений, различающихся по составу рецептур. При анализе различных классов химических веществ одним из перспективных препаратов является «Биопаг-Д». Полученные экспериментальные данные позволяют считать, что «Биопаг-Д» в концентрациях 0,01-0,1 % обладает выраженным антибактериальным действием в отношении тест-микроорганизмов, включая токсигенные штаммы холерного вибриона, и может рассматриваться как препарат для деконтаминации судовых балластных вод.

В 2010-2016 гг. на борту прибывающих судов в порты Ростовской области находилось от 499 до 3131 тонны судового балласта. Количество балластных танков варьировалось в пределах 4-14. По приблизительным расчетам, для деконтаминации одного судна методом орошения порожних танков рабочей концентрацией 0,01% потребуется 1,0 литр двадцатипроцентного «Биопаг-Д» на 6000 м² методом внесения рабочей концентрации раствора на 1000 тонн балласта — 500 литров двадцатипроцентного «Биопаг-Д», что в денежном эквиваленте составит от 300 тыс. до 1 млн рублей.

Выводы:

1. Наиболее доступным способом деконтаминации балластных вод может быть признан химический. При анализе различных дезсредств препаратом выбора оказался «Биопаг-Д», применение которого не будет оказывать риск для здоровья экипажа судна, вызывать коррозию балластной системы и загрязнение морской среды в результате сброса его вместе с балластом.
2. В эксперименте *in vitro* установлено, что в концентрациях 0,01-0,1% препарат обладает выраженным антибактериальным действием в отношении тест-микроорганизмов, и может рассматриваться в качестве перспективного препарата для деконта-

минации балластных вод, что позволило нам предложить способы деконтаминации судового балласта (методом орошения порожних танков, методом внесения рабочей концентрации дезсредства в наполненные балластные танки и комбинированным методом).

Финансирование: Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Материалы работы представляют одну из глав диссертации на соискание ученой степени доктора медицинских наук Водяницкой С.Ю.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Международная конвенция о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими 2004 года.* – СПб.: ЗАО ЦНИ-ИМФ, 2005.
2. Сагайдак А.И. *Проблема водяного балласта и пути ее решения: Матер. докл. I-го науч.- практ. семинара по проблеме*
- управления судовыми балласт. водами. – Одесса, 2003.
3. *Методы лабораторных исследований и испытаний дезинфекционных средств для оценки их эффективности и безопасности: Руководство Р 4.2.2543-10.* - М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011.

REFERENCES

1. *International Convention on the control of ships' ballast water and sediments and management 2004.* – Saint-Petersburg.: ZAO CNI-IMF; 2005. (in Russ)
2. Sagaidak AI. *The Problem of ballast water and its solutions: Mater. Dokl. I-th scientific.-pract. the workshop on management of ships' ballast water.* – Odessa; 2003. (in Russ)
3. *Methods of laboratory research and testing of disinfectants to assess their efficacy and safety: a Guide 4.2.2543 R-10.* - Moscow: Federal center of hygiene and epidemiology of Rospotrebnadzor; 2011. (in Russ)

Получена: 31.01.2017

Received: 31.01.2017