

УДК 579.843:614.4:628.162.5:656.612

СПОСОБЫ ДЕКОНТАМИНАЦИИ СУДОВЫХ БАЛЛАСТНЫХ ВОД

Наумов Виктор Степанович¹, профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой охраны окружающей среды и производственной безопасности

e-mail: nauvs@mail.ru

Павлова Светлана Михайловна¹, ассистент кафедры охраны окружающей среды и производственной безопасности

e-mail: s.pavlova2774334@gmail.com

Мясникова Ирина Борисовна¹, доцент, кандидат химических наук

e-mail: irina120669@yandex.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Освещаются способы и принципы работы систем деконтаминации балластных вод, а также проводится сравнительный анализ физических и химических способов деконтаминации. Авторами рассматриваются резолюции и требования Конвенции по Управлению балластными водами. Рассмотрены физические и химические методы деконтаминации, отражены положительные и отрицательные моменты использования этих методов на флоте. Предложен альтернативный метод деконтаминации – применение микробиологических препаратов. Рассмотрены особенности работы эффективных микроорганизмов для решения экологических проблем на суше. В работе сделан акцент, что эффективные микроорганизмы не являются чужеродными для всех экосистем.

Ключевые слова: балластные биологическое загрязнение, воды, деконтаминация, физические методы деконтаминации, химические методы деконтаминации, эффективные микроорганизмы, ЭМ-препарат.

METHODS OF DECONTAMINATION OF SHIP BALLAST WATER

Naumov Viktor Stepanovich¹, Professor, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Environmental Protection and Industrial Safety

e-mail: nauvs@mail.ru

Pavlova Svetlana Mikhailovna¹, Assistant of the Department of Environmental Protection and Industrial Safety

e-mail: s.pavlova2774334@gmail.com

Myasnikova Irina Borisovna¹, Associate Professor, Candidate of Chemical Sciences

e-mail: irina120669@yandex.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The methods and principles of operation of ballast water decontamination systems are highlighted, as well as a comparative analysis of physical and chemical methods of

decontamination is carried out. The authors consider the resolutions and requirements of the Ballast Water Management Convention. Physical and chemical methods of decontamination are considered, the positive and negative aspects of using these methods in the fleet are reflected. An alternative method of decontamination is proposed – the use of microbiological preparations. The features of the work of effective microorganisms for solving environmental problems on land are considered. The paper emphasizes that effective microorganisms are not alien to all ecosystems.

Keywords: ballast biological pollution, water, decontamination, physical methods of decontamination, chemical methods of decontamination, effective micro-organisms, EM preparation.

Согласно статистике в мире перевозят 10 млрд. тонн балластной воды. Заборная вода, используемая в качестве балласта, может содержать патогенные для человека или природных сообществ водные организмы. Поэтому Международная Морская организация (ИМО) начала бороться с явлением биологического загрязнения акваторий [1] еще с 1991 года.

13 февраля 2004г. была принята Конвенция по управлению балластными водами. Она вступила в действие лишь в 2017г., 30 стран присоединились к Конвенции, что составляет 35% всего мирового тоннажа.

Согласно Конвенции необходимо исключить попадание морских организмов из одного региона в другой, основываясь на следующих правилах:

D1 – подразумевает смену балласта в течение рейса.

D2 – требует установки на судне установки по обработке балластных вод, с целью физического уничтожения живых микроорганизмов.

D3 – требует сменить балласт, как можно дальше от берега. Согласно правилу судно должно сменить балласт на расстоянии 200 миль от берега и на глубине не менее 200 метров [2].

Для претворения решений Конвенции можно использовать береговые сооружения для деконтаминации или соответствующее судовое оборудование. К сожалению, не все порты могут предоставить судну такие услуги.

В настоящее время существуют следующие методы деконтаминации балластных вод:

- физические методы;
- химические методы.

К физическим методам фильтрация балластной воды. Фильтрация осуществляется с помощью фильтров грубой очистки. К недостаткам этого метода относится снижение качества фильтрации при увеличении скорости и образование осадка.

Следующий физический метод – это нагревание балластной воды. Это самый простой метод. Нагрев осуществляется с помощью теплообменников судов. Предлагается три температурных интервала: 35 – 37,5 время нагревания 60 – 120 мин; 40 – 45 время нагревания 30 – 90 мин; 55 – 80 время нагревания 30 – 90 мин. Недостатком этого метода является нарушение природного равновесия прибрежных экосистем из-за сброса горячей воды.

Третьим методом физической деконтаминации является гидродинамическая кавитация балластной воды. Это явление, при котором нарушается однородность жидкости, появляются пузырьки или полости, состоящие из пара или газа. К сожалению, одного этого метода недостаточно для полного уничтожения микроорганизмов, рекомендуется сочетать его с ультрафиолетовым обеззараживанием [3].

Еще один способ обеззараживания – ультрафиолетовое облучение балластных вод. Ультрафиолетовое излучение нарушает молекулярную стенку патогенных микроорганизмов, вызывает их гибель или нарушает репродуктивную способность [4]. В



УФ-установках используется длина волны 205 – 315 нм. Полного обеззараживания с помощью этого метода добиться не удастся: некоторые микроорганизмы, бактерии, и грибы устойчивы к данному типу обработки. Кроме этого, объемы балластной воды на судне достаточно большие, а УФ-установки не всегда с этим объемом справляются.

Следующая группа методов обеззараживания балластных вод – химическая.

Во-первых, это использование гидроксильных радикалов, получаемых в процессе электролиза. При концентрации окислителя 0,7 мг/л время экспозиции 6 часов наблюдалась 100% гибель бактерий [5].

Во-вторых, увеличение осмотического давления балластных вод за счет увеличения солесодержания. Для уничтожения 95% микроорганизмов некоторые ученые предлагают повысить соленость балластной воды: 110‰ хлорида натрия при экспозиции 60 минут или, 60‰ при экспозиции 6 часов.

И, наконец, использование дезинфектантов. Перечень дезинфектантов достаточно широкий.

Использование перекиси водорода позволяет избежать риска образования побочных органических соединений, с другой стороны, требует соблюдения на судне строгих правил хранения и обращения с этим агрессивным веществом [6].

Биоцидное действие хлора объясняется высокой химической активностью и высокой окислительной способностью. В свою очередь, агрессивность и токсичность хлора создает большие экономические затраты на создание специального оборудования по обеспечению биологической безопасности, кроме этого, хранение запасов хлора на судне несет возможный риск для здоровья экипажа судна.

При использовании четвертичных аммониевых соединений создается высокая токсичность для окружающей среды и малая эффективность обеззараживания [7].

Озон – это сильнейший окислитель, который уничтожает все известные виды микроорганизмов, вирусы, грибы, водоросли, их споры и цисты простейших. К озону не может развиваться устойчивость. Он действует 300-3000 раз быстрее, чем любые дезинфектанты [8].

Таким образом, существуют различные способы деконтаминации судовых балластных вод, но универсального способа так и не найдено.

Для достижения максимального эффекта некоторые разработчики, как правило, предлагают совместное использование физических и химических способов деконтаминации. Например, в работах В.И. Решняка и А.И. Каляуша [9].

В свою очередь, мы хотим предложить использовать для деконтаминации судовых балластных вод ЭМ-препараты – препараты с эффективными микроорганизмами. Изначально эти препараты начали использовать в начале 80-х годов прошлого столетия для повышения плодородности почв. ЭМ-препараты позволяют улучшить состояние почвенного слоя, и помогают растениям лучше усваивать питательные вещества. ЭМ-препараты составлены из смешанных культур микроорганизмов, которые имеются в естественной среде любой экологической системы [10]. Кроме того, ЭМ препараты не содержат генетически измененных микроорганизмов. В связи с этим метод, который мы хотим предложить, является экологически безопасным.

Для нашей работы мы применяли ЭМ препарат, который будет использовать организмы модельной системы в качестве своей кормовой базы. В качестве модельной системы использовали воду из реки Волга и ЭМ препарат в концентрации 0,05% и 0,1%. О работе микроорганизмов судили по изменению следующих показателей качества воды: цветность, прозрачность, рН и перманганатная окисляемость. Данные показатели были выбраны потому, что изменение количества биологического загрязнения, в первую очередь, скажется на изменении именно этих показателей качества воды. Цветность воды определяли по ГОСТ 31868-2012, прозрачность воды по РД 52.24.496-2018,

перманганатную окисляемость в соответствии с ПНД Ф 14.1:2:4.154-99. Поскольку балластировка может производиться как пресными, так и морскими водами, эксперимент проводили на двух модельных системах: пресная вода из р. Волга и «морская» вода. Во второй модели, где мы имитировали морскую воду, солёность воды составила 30 промилле (средняя солёность Мирового океана). Солёность создавали внесением хлорида натрия 3%.

Цветность воды пресной модели на 1 неделе возрастает до 100°, а после второй недели начинается ее снижение. Это можно увидеть на рис. 1. Прозрачность воды на первой и второй неделе уменьшается при добавлении эффективных микроорганизмов, на третьей неделе происходит резкое возрастание прозрачности воды Рис. 2.

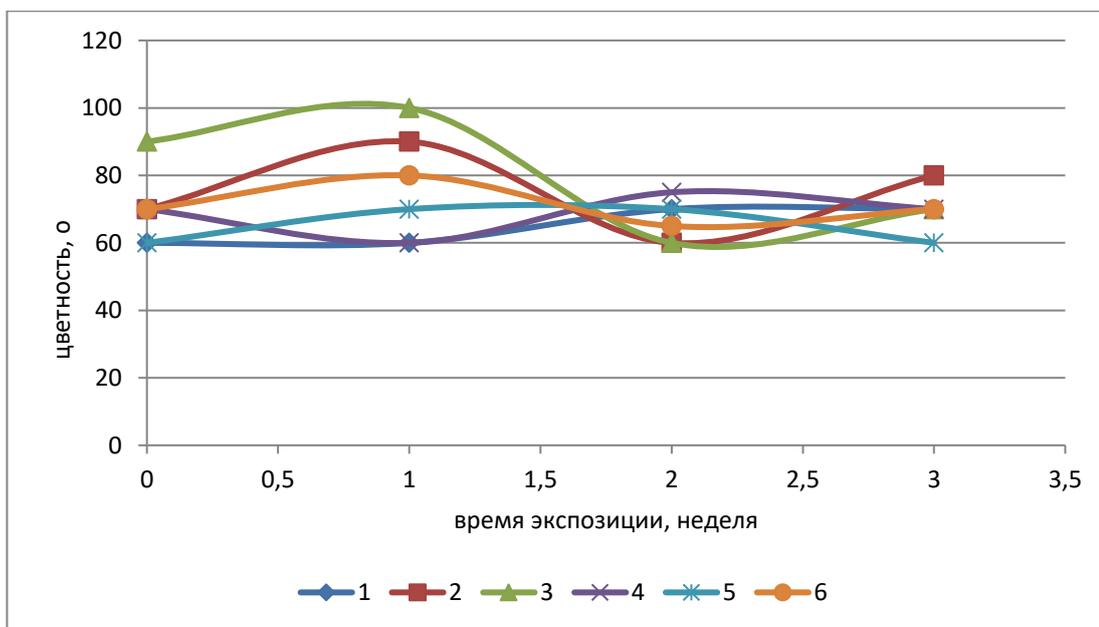


Рисунок 1 – Изменение цветности воды на модели с пресной водой (1,2,3) и модели с «морской» водой (4, 5, 6): 1 и 4 – 0% ЭМ-препарата, 2 и 5 0,05% ЭМ-препарата, 3 и 6 – 0,1% ЭМ-препарата

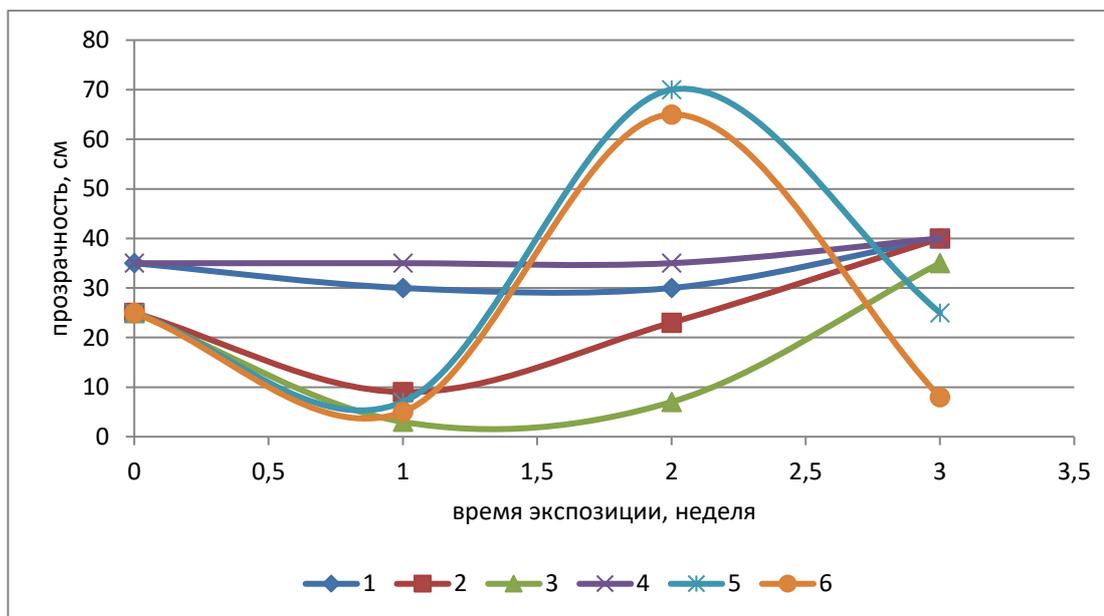


Рисунок 2 - Изменение прозрачности воды на модели с пресной водой (1,2,3) и модели с «морской» водой (4, 5, 6): 1 и 4 – 0% ЭМ-препарата, 2 и 5 0,05% ЭМ-препарата, 3 и 6 – 0,1% ЭМ-препарата

pH воды к концу третьей недели приближается к нейтральной среде (от 5,8 до 7) рис. 3. Эти результаты нам говорят о том, что эффективные микроорганизмы работают, они используют исходные микроорганизмы, которые были в речной воде в качестве кормовой базы. Эффективные микроорганизмы развиваются, об этом свидетельствует возрастание цветности и уменьшение прозрачности ко второй неделе. К третьей неделе, поскольку кормовая база себя исчерпала, то и численность эффективных микроорганизмов будет сокращаться. Даже если какие-то ЭМ-организмы останутся, поскольку они являются родными для любой экосистемы (морская, речная или наземная), никакого вселения чужеродных организмов происходить не будет.

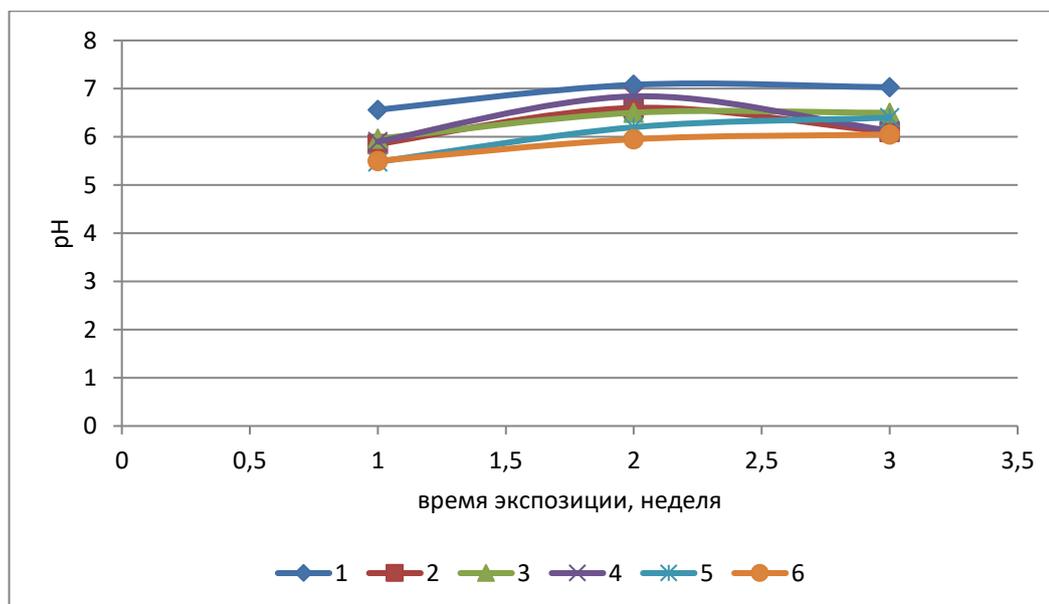


Рисунок 3 – Изменение pH воды на модели с пресной водой (1,2,3) и модели с «морской» водой (4, 5, 6): 1 и 4 – 0% ЭМ-препарата, 2 и 5 0,05% ЭМ-препарата, 3 и 6 – 0,1% ЭМ-препарата

Об этом свидетельствует также изменение окисляемости рис. 4.

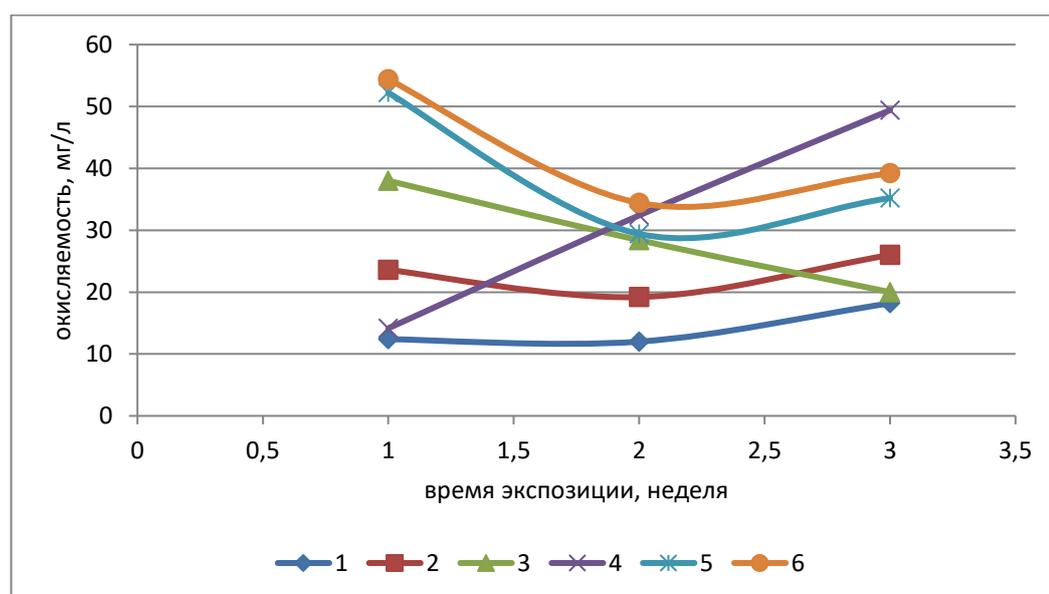


Рисунок 4 – Изменение окисляемости воды на модели с пресной водой (1,2,3) и модели с «морской» водой (4, 5, 6): 1 и 4 – 0% ЭМ-препарата, 2 и 5 0,05% ЭМ-препарата, 3 и 6 – 0,1% ЭМ-препарата

В течение первых двух недель она возрастает до 38 мг/л, а затем она начинает снижаться к третьей неделе до 20 мг/л (при самой высокой концентрации ЭМ-препарата).

Во второй модели, где мы имитировали морскую воду, наблюдаем, по сравнению с пресной водой, несколько сглаженные результаты работы ЭМ-препарата.

Цветность воды резко возрастает, но рост цветности не такой сильный, как в случае с пресной водой - на первой неделе не больше 80° цветности. На третьей неделе экспозиции цветность тоже не очень высокая рис. 1.

Что касается прозрачности, она ниже, чем на модели с пресной водой. Соленость воды затрудняет работу эффективных микроорганизмов и в данном случае нужно подбирать условия для нормального функционирования ЭМ-организмов рис. 2.

pH воды этой модели стремиться к нейтральной среде, но среда все же остается кислой, о чем свидетельствует рис. 3.

Окисляемость в воде «морской» модельной системы несколько выше, чем в пресной воде рис. 4. Но нужно понимать, что засоление мы проводили внесением хлоридом натрия, а хлорид-ион может увеличивать окисляемость образцов. Поэтому здесь окисляемость несколько выше по сравнению с моделью пресной воды, но, как мы видим, тенденция остается такой же. Сначала на первой неделе идет резкий рост окисляемости, а затем к третьей неделе идет снижение.

Сравнение этих двух модельных систем, говорит о том, что для нормального функционирования ЭМ-организмов в засоленной воде необходимо подбирать условия применения ЭМ-препарата. Эта задача будет решаться в следующих исследованиях.

Мы ознакомились с классификацией способов очистки балластных вод; проанализировали известные способы деконтаминации. У каждого из способов есть как положительные стороны использования, так и ограничения применения. Предложили еще один метод деконтаминации: использование эффективных микроорганизмов, полученные экспериментальные данные позволяют рекомендовать использование ЭМ-препаратов при балластировке пресными водами. Применение ЭМ-препаратов при балластировке морской водой требует дальнейших исследований.

Список литературы:

1. Водяницкая С. Ю., Судьина Л.В., Баташев В.В. О способах обработки водяного балласта судов // ЗНиСО. 2017. №4 (289). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-sposobah-obrabotki-vodyanogo-ballasta-sudov> (дата обращения: 06.06.2023).

2. Международная конвенция о контроле судовых балластных вод и осадков и управления ими 2004 года. – Санкт Петербург: ЗАО ЦНИИМФ, 2005. – 120 с.

3. Feng D., Zhao J., Liu T et al. Inactivation of *Heterosigma akashiwo* in ballast water by circular orifice plate-generated hydrodynamic cavitation// *Environ. Technol.*, 2015. №10. p.1 – 10.

4. Jung Y.J., Yoon Y., Pyo T.S. et al. Evaluation of disinfection efficacy and chemical formation using MPUV ballast water treatment sistem (GloEn-Patrol)// *Environ. Technol.*, 2012. №9. 1953-1961.

5. Zhang Y., Bai M., Chen C. Et al. OH Treatment for Killing of Harmful Organisms in Ship`s Ballast Water with Salinity Based on Strong Ionization Discharge// *Plasma Chemistry and Plasma Processing*. 2013. Vol. 33, №8. P. 751 – 763.

6. Smit M.G., Ebbens E., Jak R/G/ et al/ Time and concentration dependency in the potentially affected fraction of species: the case of hydrogen peroxide treatment of ballast water// *Environ. Toxicol. Chem.* 2008.№3., p. 746 – 753.

7. Атанов Н.А., Сидоренко М.А. Ингибиторы в системах оборотного водоснабжения//Сб. матер. VI Междунар. Науч.-техн. Конф. «Экология и безопасность



жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов», 18 – 25 сентября, 2013. Тольятти: ТГУ, 2014. С. 34 – 37.

8. Wennberg A.C. et al. Effect of water treatment on the growth potential of *Vibrio cholerae* and *Vibrio parahaemolyticus* in seawater / A.C. Wennberg, I. Tryland, O. Ostensvik [et al.] // Mar. Environ. Res. 2013. № 2. P. 10 – 15.

9. Решняк В.И., Каляуш А.И., Решняк К.В. Разработка технологии очистки и обеззараживания балластных // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. 2022. №3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-tehnologii-ochistki-i-obezzarazhivaniya-ballastnyh-vod> (дата обращения: 06.06.2023).

10. Наумов В.С., Ляпина Н.Ш., Игнатьева Т.А., Мясникова И.Б. Оценка эффективности применения биопрепарата для ликвидации загрязнения почв нефтепродуктами // 12-й Международный научно-промышленный форум «Великие реки 2010». Труды конгресса. Том 2. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2011. – С. 296 – 298.

