

ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ СНИЖЕНИЯ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДЫ МИРОВОГО ОКЕАНА

З. М. Арабова¹, М. Ш. Арабов², Е. М. Прохоров², П. А. Саадати²

¹ *Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского
Российской академии наук, Москва, Российская Федерация*

² *Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Российская Федерация*

Рассматриваются существующие в настоящее время проблемы, связанные с загрязнением вод Мирового океана. Отмечены значимость и роль экосистемы, фауны и флоры Мирового океана в формировании климата на планете. Мировой океан, являясь мощным регулятором климата и погоды, играет исключительно важную роль в развитии жизни на Земле, управляет кислородным балансом, обеспечивает продуктами питания, биологическими и минеральными ресурсами и т. д. Одной из глобальных задач, которую необходимо решать человечеству, названо сокращение (предотвращение) негативного воздействия на водные экосистемы. Особенно пагубно на экологию Мирового океана влияют работы, связанные с бурением, добычей и транспортом жидких углеводородов различными танкерами, поскольку в процессе работы происходит загрязнение поверхности воды тонкой нефтяной плёнкой. Со сточными водами промышленных предприятий в Мировой океан попадает огромное количество токсичных соединений тяжёлых металлов. Источником загрязнений являются и балластные воды судов, служащие для обеспечения равновесия и устойчивости судна. В настоящее время человек уже столкнулся с такими проблемами, как парниковый эффект, тенденция к потеплению климата на Земле, таяние льдов как на Северном, так и на Южном полюсе, повышение уровня Мирового океана выше 3 м, снижение его биологической продуктивности и др. Подробно рассматривается вопрос инвазии чужеродных организмов, в том числе патогенных для экосистемы и человека. Приведены стандарты Международной морской организации (ИМО) для балластной сбрасываемой воды. Описаны существующие способы обработки балластных вод в соответствии с требованиями Международной конвенции о контроле судовых балластных вод и осадков и управлению ими 2004 г. Предложены возможные способы борьбы с загрязнением океанических вод как важный элемент по защите экосистемы Мирового океана.

Ключевые слова: загрязнение вод Мирового океана, экосистемы Мирового океана, загрязнение поверхности тонкой нефтяной пленкой, токсичные соединения тяжёлых металлов, балластные воды, установки обработки балластных вод, чужеродные водные организмы, патогенные и болезнетворные организмы.

Для цитирования: *Арабова З. М., Арабов М. Ш., Прохоров Е. М., Саадати П. А.* Проблемы и пути снижения антропогенного воздействия на воды Мирового океана // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2019. № 3. С. 41–47. DOI: 10.24143/2073-1574-2019-3-41-47.

Введение

Мировой океан, покрывая 2/3 нашей планеты своими водами, играет исключительно большую роль в поддержании жизни на планете Земля: формирует климат на Земле, является источником кислорода (более 50 % кислорода мы получаем с поверхности моря), источником дешёвой электроэнергии, биологических и минеральных ресурсов. И в то же время воды Мирового океана являются для человечества всё ещё не изведанной до конца огромной кладовой со своими хрупкими экосистемами, фауной и флорой. Одной из актуальных задач для человека сегодня считается охрана и рациональное (не только потребительское) использование несметных богатств вод Мирового океана.

Цель работы состоит в определении существующих проблем, связанных с загрязнением Мирового океана. Рассмотрено влияние балластных вод судов на общее состояние Мирового океана. Предложены возможные способы борьбы с загрязнением океанических вод.

Загрязнение вод Мирового океана

Человечество столкнулось с таким явлением, как скачкообразный прирост народонаселения – в год прирост народонаселения составляет около 85–90 млн, на 1 января 2018 г. общее количество людей, населяющих Землю, составило свыше 7,5 млрд чел. Количество людей за 100 лет (1900–2000 гг.) увеличилось более чем в 4 раза [1], что поспособствовало научно-технической революции и более интенсивному вовлечению природных ресурсов как на суше, так и самого океана, в том числе и дна океана (для добычи нефти, газа, минеральных ресурсов), кратному увеличению количества различных судов и, соответственно, привело к колоссальному загрязнению, в том числе вод Мирового океана. В том или ином виде для человечества это отозвалось парниковым эффектом, тенденцией к потеплению климата на земном шаре, таянию тысячелетних льдов как на Северном, так и на Южном полюсе, повышению уровня Мирового океана свыше 3 м, снижению его биологической продуктивности.

В настоящее время загрязнение вод Мирового океана (рис. 1) приняло катастрофический характер и стало одной из глобальных проблем, которую необходимо решить сообща, выработав логически понятные всем меры по уменьшению негативного воздействия на экосистемы Мирового океана [2].



Рис. 1. Загрязнение вод Мирового океана [3]

Многие страны рассматривали Мировой океан как место для выбросов всех промышленных и бытовых отходов. Яркий пример – до недавнего времени не имелось специальных очистных сооружений или они находились в неудовлетворительном состоянии в таких крупных городах Дальнего Востока, как Благовещенск, Владивосток, Южно-Сахалинск, Хабаровск, Магадан, Комсомольск-на-Амуре, Якутск, и сотни тысяч тонн токсичных жидких и твёрдых отходов сливались и по-прежнему сливаются в воды Мирового океана.

Особенно пагубно на экологию Мирового океана влияют работы, связанные с бурением, добычей и транспортом жидких углеводородов различными танкерами. По подсчётам специалистов, ежегодно в Мировой океан тем или иным способом (различного рода аварии) попадает около 15 млн т нефти. В недалёком прошлом считалось нормой практика сброса нефтесодержащих вод в море после очередной промывки танков нефтяных танкеров. Таким образом, загрязнение тонкой нефтяной пленкой поверхности от 2 до 4 % водной глади является характерным для Мирового океана.

Помимо жидких углеводородов в Мировой океан со сточными водами промышленных предприятий и населённых пунктов попадает огромное количество токсичных соединений тяжёлых металлов:

- до 2 млн т соединений свинца;
- до 20 тыс. т соединений кадмия;
- более 10 тыс. т соединений ртути и т. д.

Вследствие этого прибрежные воды больших городов имеют наиболее высокий уровень загрязнения.

Кроме того, в Мировом океане человечество всё ещё испытывает и «хоронит» огромное количество ядерного оружия. Воды Мирового океана бороздит множество атомных надводных и подводных лодок с большими рисками аварий, которые могут привести к ядерному заражению огромных территорий Мирового океана.

Мировой океан – это аккумулятор тепла, влаги, источник кислорода, важнейшая коммуникационная артерия и огромная экосистема (которая всё ещё не изучена до конца); он создаёт благоприятные условия для жизнедеятельности человека.

Ранее защита вод Мирового океана оценивалась визуально, например по количеству жидких углеводов на водной глади, и задача защиты сводилась к сбору, очистке водной глади от жидких углеводов. Однако практика, а позже и специальные научные исследования доказали, что биологическое загрязнение (заражение) может иметь не менее разрушительные последствия, чем экологические катастрофы, имевшее место при добыче нефти. Источником подобного загрязнения являются балластные воды судов, служащие для обеспечения равновесия и устойчивости судна, которое меняет глубину своей осадки в зависимости от количества забортной воды в балластной системе: чем крупнее танкер, тем выше количество забортной воды в балластной системе.

Исследования подтвердили, что морским транспортом перевозится более 80 % мировых перевозок. При этом в балластной системе судов ежегодно транспортируется по всему земному шару до 10 млрд т водяного балласта, и всегда существуют риски неосознанного вселения (*инвазии*) с балластной водой огромного количества водных организмов (более 7 000 видов) – чужеродных, в том числе патогенных для людей и существующих морских экосистем (рис. 2, 3).



Рис. 2. Чужеродные виды в заливе Петра Великого

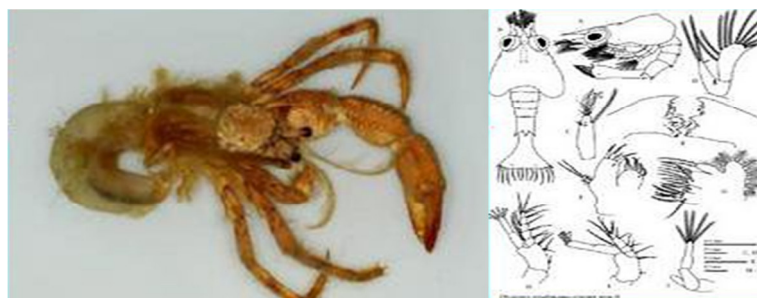


Рис. 3. Новый вид для российских вод Японского моря: массовое поселение рака-отшельника *Diogenes nitidimanus* Terao, 1913 г.

Более того, новые вселившиеся микроорганизмы могут на новом месте размножаться с непредсказуемыми последствиями.

Чужеродные водные организмы способны создавать различные проблемы: распространение патогенных и болезнетворных организмов, исключая жизнь рыб; токсичное цветение воды, обусловленное массовым ростом водорослей; интенсивное обрастание и биокоррозия гидротехнических и водозаборных сооружений.

О количестве микроорганизмов в водной среде можно судить по следующим данным: например, в Новороссийском порту существует 31 вид голопланктона и 15 видов меропланктона. При этом общая плотность зоопланктона находится в пределах от 1,3 до 60 тыс. экз./м³.

Приведём несколько примеров из недалекого прошлого:

1. Вселение североамериканского гребневика *Mnemiopsis leidyi* в Чёрное море в начале 1980-х гг. привело к снижению запасов хамсы;

2. Вселение моллюска *Dreissena polymorpha* из Днепро-Бугского лимана в Великие озера США в начале 90-х гг. XX в. привело к экономическим потерям от биологического обрастания систем отвода избыточного тепла на промышленных предприятиях;

3. В Новой Зеландии была закрыта вся отрасль марикультуры, занятая разведением моллюсков и ракообразных, из-за потребляемых ими вселившихся токсичных микроводорослей-динофлагеллят, вызывавших у людей отравление;

4. Слив балластных вод с судов Чёрного, Азовского, Каспийского морей в портах Балтийского моря привёл к *инвазии* в воды Балтийского моря более 20 видов беспозвоночных, и теперь нанесённый чужеродными морскими организмами, натурализовавшимися в окружающую среду, ущерб ликвидировать практически невозможно.

Осознание надвигающейся угрозы мировому сообществу пришло в 90-х гг. XX столетия. Вследствие этого возникло создание международной программы по перемещаемым с балластными водами судов видам (The Global Invasive Species Program) – «Руководства по контролю водяного балласта судов и управлению им для сведения к минимуму переноса вредных водных и патогенных организмов» [4], а в 2004 г. – Международной конвенции о контроле судовых балластных вод и осадков и управлению ими 2004 г. [5].

В настоящее время каждое судно с системой балластных вод рассматривается как источник потенциальной опасности.

В 2004 г. Международная морская организация (International Maritime Organization) ИМО обязала судовладельцев совершенствовать технологию и устранить возможную опасность для существующих экосистем в связи со сливом балластных вод. В итоге с 1 декабря 2019 г. контроль балластных вод для всех судов также станет обязательным.

С целью контроля качества балластных вод на судах и удаления, обезвреживания патогенных организмов возможно использование различных физических, химических, механических и биологических процессов по отдельности или в комплексе.

Для судов, не оборудованных соответствующими системами удаления, обеззараживания патогенных организмов, согласно Конвенции, предоставляется замена балластных вод на удалении 200 морских миль от ближайшего берега, где глубина моря не менее 200 м. Лишь в исключительных случаях допускается сближение не менее 50 морских миль от ближайшего берега при глубине моря не менее 200 м. Замена балластных вод при этом должна быть не менее 95 % от объёма балластной воды на судне; можно использовать метод прокачки забортной водой трёхкратного объёма балластной системы.

Существует другой вариант – замена балластных вод водами из океана. Здесь существуют множество рисков, зависимость как от погодных условий, так и от квалификации персонала при работе с балластной системой.

Наиболее экономичным на данный момент для судовладельцев является вариант монтажа на судне автономной системы обеззараживания (обработки, очистки) балластных вод, одобренных ИМО, в момент откачки за борт. Все суда, имеющие балластные системы, подпадают под действие Конвенции и должны иметь планы управления балластными водами и журналы для записей всех операций с балластными водами.

Порт, принимающий суда, обязан осуществлять проверки судов согласно существующим процедурам (в соответствии с требованиями Конвенции [5]).

Стандарты ИМО для балластной воды

Стандарт D-2 ИМО [5] предусматривает, что балластная сбрасываемая вода должна содержать:

- < 10 жизнеспособных организмов размером ≥ 50 мк на 1 м^3 ;
- < 10 жизнеспособных организмов размером < 50 мк и ≥ 10 мк в 1 мл;
- индикаторные микробы: *Vibrio cholerae* – < 1 CFU в 100 мл или в 1 г зоопланктона; *Escherichia coli* – < 250 CFU в 100 мл; *Intestinal Enterococci* – < 100 CFU в 100 мл.

Рассмотрим существующие способы обработки балластных вод для соответствия требованиям Конвенции [5].

При выборе способа для обеззараживания балластных вод необходимо соблюдать основные требования судовладельца:

- 1) экономичность и эффективность способа обеззараживания балластных вод;
- 2) безопасную эксплуатацию для персонала судна и окружающей среды.

Опыт эксплуатации свидетельствует, что с наибольшим эффектом обеззараживание балластных вод происходит, когда предварительно перед блоком обеззараживания предусматривают блок фильтрации, где осуществляется удаление частиц и морских микроорганизмов размером 10–50 мкм.

Наиболее распространённые методы обеззараживания балластных вод – это использование:

1. Ультрафиолета;
2. Озона;
3. Электричества и/или электрохимических методов;
4. Комбинации двух или более методов;
5. Ввода химических веществ (биоцидная система).

Анализ систем очистки (обеззараживания) балластных вод доказывает, что экономия на установке обработки балластных вод (УОБВ) обходится судовладельцам дороже, т. к. в дальнейшем требуется осуществить тестирование системы на суше, под контролем экспертов, а также приставов страны, в которую судно прибывает. Всё это требуется для приобретения сертификата ИМО, без наличия которого судно могут не пропустить в порт, что впоследствии повлечёт за собой большие потери.

Необходимо также учитывать сжатые сроки переоборудования судов УОБВ и достаточно долгий период ввода их в работу (занимает от 6 до 10 мес.). При этом 1–2 мес. требуется на разработку проектной документации и согласование с Морским регистром, 3–5 мес. – на изготовление оборудования УОБВ после составления контракта, месяц – на транспортировку, таможенное оформление оборудования УОБВ, 1–2 мес. – на пуско-наладочные работы технологического оборудования на судне. Учитывая важность и необходимость выпуска оборудования по обработке балластных вод для монтажа на вновь строящихся и ранее построенных морских судах, на судостроительных предприятиях начали создавать предприятия по выпуску УОБВ, в том числе в особой экономической зоне «Лотос» в Астраханской области: компанией ООО «Стройлидерплюс Лотос» начаты работы по локализации производства установок обработки балластных вод компании PANASIA (прототип технологий PANASIA).

Анализ внедрения УОБВ на старых или вновь вводимых в работу судах подтверждает, что когда проектные, монтажные, пуско-наладочные работы проводит один подрядчик, вероятность своевременного выполнения работ гораздо выше, а издержки производства ниже не менее чем на 20 %.

Безусловно, повсеместный ввод на судах УОБВ позитивно скажется на защите морских экосистем, что мы надеемся увидеть в ближайшее время.

Заключение

В настоящее время загрязнение вод Мирового океана носит катастрофический характер и является одной из глобальных проблем человечества, которую необходимо решить сообща, выработав логически понятные всем меры по уменьшению негативного воздействия на экосистемы Мирового океана. Одним из основных источников загрязнения являются балластные воды судов. Слив балластных вод с судов приводит к инвазии в воды различных видов чужеродных, в том числе патогенных для людей и существующих морских экосистем, организмов, которые наносят непоправимый ущерб окружающей среде.

Принятие Международной конвенции о контроле судовых балластных вод и осадков и управлению ими 2004 г. и повсеместное внедрение на судах разработанных научных решений по обеззараживанию балластных вод судов являются важнейшими составляющими защиты экосистем Мирового океана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Население Земли*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/населениеЗемли> (дата обращения: 01.06.2019).
2. *Иванченко Д. С., Сердюкова А. Ф.* Обработка балластных вод // Молодой учёный. 2016. № 11. С. 568–573.
3. *Работа на танкере*. URL: <http://key4mate.com/images/Posts/BWT-System-Test-Organizations-Launch-GloBal-TestNet.jpg> (дата обращения: 01.06.2019).
4. *Руководство по контролю водяного балласта судов и управлению им для сведения к минимуму переноса вредных водных и патогенных организмов*. Резолюция А.868(20). 1997. 16 с. URL: <http://archive.iwlearn.net/old.globallast.imo.org/868%20russian.pdf> (дата обращения: 01.06.2019).
5. *Руководство по применению требований Международной конвенции о контроле судовых балластных вод и осадков и управлению ими 2004 г.*: НД № 2-030101-030. СПб.: Изд-во Рос. мор. регистра судоходства, 2017. 61 с.

Статья поступила в редакцию 11.06.2019

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Арабова Зарема Михайловна – Россия, 119991, Москва; Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского Российской академии наук; младший научный сотрудник; zarema.polymer@gmail.com.

Арабов Михаил Шугеевич – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. хим. наук, доцент; доцент кафедры технологических машин и оборудования; arabov57@mail.ru.

Прохоров Евгений Михайлович – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. техн. наук; доцент кафедры технологических машин и оборудования; evg.prochorov@yandex.ru.

Саадати Пейванд Ахмад – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; ассистент кафедры технологических машин и оборудования; peyvand@inbox.ru.



PROBLEMS AND WAYS TO REDUCE ANTHROPOGENIC IMPACT ON WATERS OF THE WORLD OCEAN

Z. M. Arabova¹, M. Sh. Arabov², E. M. Prochorov², P. A. Saadati²

¹ *Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

² *Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russian Federation*

Abstract. The article touches upon the current problems of pollution of the oceans. The significant role of the ecosystem, fauna and flora of the World Ocean in the formation of climate on the planet are noted. The oceans, as a powerful regulator of climate and weather, plays an extremely important role in the development of life on Earth, controls oxygen balance, provides food, biological and mineral resources, etc. One of the global tasks that humanity needs to solve is the reduction (prevention) of negative impacts on aquatic ecosystems. Especially detrimental to the ecology of the oceans are drilling works, production and transportation of liquid hydrocarbons by tankers, because in the process of work there takes place the water surface pollution producing a thin oil

film. With sewage waters from the industrial enterprises a huge amount of toxic heavy metal compounds enter the World Ocean. The source of pollution is the ballast water from vessels, which serve to ensure the balance and stability of the vessels. At present, man has already faced such problems as the greenhouse effect, warming trend on Earth, melting of ice at the North Pole and South Pole, rising sea levels above 3 m, reducing biological productivity of the World Ocean, etc. The invasion of alien organisms, including pathogenic ones for the ecosystem and humans, is considered in detail. The standards of the International Maritime Organization (IMO) for ballast discharged water have been given. Existing methods of ballast water treatment are described in accordance with the requirements of the International Convention on control and management of ships' ballast water and sediments 2004. The possible ways of combating pollution of ocean waters are proposed as an important element for protection of the ecosystem of the World Ocean.

Key words: pollution of the waters of the World Ocean, the World Ocean ecosystems, contamination of the surface with a thin oil film, toxic compounds of heavy metals, ballast water, ballast water treatment systems, alien aquatic organisms, pathogens organisms.

For citation: Arabova Z. M., Arabov M. Sh., Prochorov E. M., Saadati P. A. Problems and ways to reduce anthropogenic impact on waters of the World Ocean. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies*. 2019;3:41-47. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-1574-2019-3-41-47.

REFERENCES

1. *Naselenie Zemli* [Population of the Earth]. Available at: <https://ru.wikipedia.org/wiki/naseleniezemli> (accessed: 01.06.2019).
2. Ivanchenko D. S., Serdyukova A. F. Obrabotka ballastnyh vod [Ballast water treatment]. *Molodoj uchyonyj*, 2016, no. 11, pp. 568-573.
3. *Rabota na tankere* [Work on the tanker]. Available at: <http://key4mate.com/images/Posts/BWT-System-Test-Organizations-Launch-GloBal-TestNet.jpg> (accessed: 01.06.2019).
4. *Rukovodstvo po kontrolyu vodyanogo ballasta sudov i upravleniyu im dlya svedeniya k minimumu perenosa vrednyh vodnyh i patogennyh organizmov. Rezolyuciya A.868(20)* [Guidelines for control and management of ship ballast water to minimize transfer of harmful aquatic and pathogenic organisms. Resolution A.868 (20)]. Available at: <http://archive.iwlearn.net/old.globallast.imo.org/868%20russian.pdf> (accessed: 01.06.2019).
5. *Rukovodstvo po primeneniyu trebovanij Mezhdunarodnoj konvencii o kontrole sudovyh ballastnyh vod i osadkov i upravleniyu imi 2004 g.* [Guidelines for application of requirements of the International Convention on Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments 2004]. ND № 2-030101-030. Saint-Petersburg, Izd-vo Rossijskogo morskogo registra sudohodstva, 2017. 61 p.

The article submitted to the editors 11.06.2019

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Arabova Zarema Mikhailovna – Russia, 119991, Moscow; Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of Russian Academy of Sciences; Junior Researcher; zarema.polymer@gmail.com.

Arabov Mikhail Shugeevich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Chemical Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Technological Machines and Equipment; arabov57@mail.ru.

Prochorov Evgeny Mikhailovich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Technical Sciences; Assistant Professor of the Department of Technological Machines and Equipment; evg.prochorov@yandex.ru.

Saadati Peyvand Ahmad – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Lecturer of the Department of Technological Machines and Equipment; peyvand@inbox.ru.

