

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ СУДОВЫХ БАЛЛАСТНЫХ ВОД

Представлена проблема сброса судовых балластных вод. Изложена концепция биологической инвазии экзотических видов в черноморскую экосистему, указаны используемые механизмы предотвращения отрицательного влияния судового балласта на морскую среду. Проведен анализ эффективности комплекса управления судовым балластом в Одесском порту. Предлагается введение обязательного контроля солености балластной воды с целью контроля выполнения требования замены судового балласта в открытом море судовой администрацией.

Ключевые слова: балластные воды, инвазия чужеродных видов, соленость морской воды.

1. Введение и литературный обзор

Целью настоящего исследования является анализ и оптимизация методов и механизмов предотвращения негативного воздействия судовых балластных вод на акваторию Черного моря.

Водный балласт - это морская или пресная вода, принятая на борт судна в портах, на водных путях и в открытом море. Водный балласт используется в случаях неполной загрузки судов, для того чтобы обеспечить погружение в воду гребного винта и руля, их эффективную работу, а также контроль дифферента и повышение остойчивости. Таким образом достигается обеспечение управляемости судна и его безопасности. Балласт обычно перевозится в танках изолированного балласта или в опорожненных грузовых трюмах. При приеме балласта находящиеся в воде организмы закачиваются в балластные танки. Взвешенные в воде осадки могут осаждаться на дне балластных танков или грузовых трюмов. В зависимости от конструкции танков для водного балласта и системы трубопроводов, в максимально опорожненных балластных танках может сохраняться несколько тонн остаточной воды.

У судов различных типов конструкция балластных танков, система трубопроводов и балластных насосов различна. Современные нефтяные танкеры оборудованы конструкцией двойного корпуса, используемой для танков водного балласта (рис.1). У сухогрузных судов чаще всего имеется двойное дно, бортовые, форпиковые и ахтерпиковые танки. Кроме того, некоторые суда заполняют водным балластом грузовые трюма во время порожних рейсов [4].

В забортной воде могут содержаться различные живые существа – от бактерий и мелких водорослей до моллюсков, медуз и даже небольших рыб, то есть все, что может проникнуть на судно через заборники балластной воды и насосную систему. Кроме того, в забортной воде, используемой в качестве балласта, могут содержаться вредные для человека или экосистемы водные организмы. Судовой балласт может быть загрязнен нефтепродуктами, может быть превышена предельно допустимая концентрация общего железа или взвешенных веществ в результате несоблюдения установленных правил балластировки и невыполнения требований к эксплуатации балластных танков. Все это может привести к непоправимым негативным



Рис.1 - Сброс танкером судового балласта в акваторию нефтерайона Одесского порта.

последствиям для морской среды, таким как биологические инвазии чужеродных типов организмов и загрязнение экосистем Мирового океана.

Глобальное развитие морских перевозок, увеличение размеров и скорости судов приводит к необходимости более частой балластировки судов, а также к увеличению объемов принимаемого балласта. Это, в свою очередь, приводит к увеличению вероятности загрязнения прибрежных вод сбрасываемым балластом.

Транспортировка чужеродных морских организмов на морских судах является не только большой биологической проблемой, но и проблемой безопасности мореплавания, рыболовства и рыбоводства, сельского хозяйства, а в конечном счете – огромной экономической и экологической проблемой.

На протяжении последних десятилетий проблема влияния биологических вселенцев, вносимых с водным балластом в морские экосистемы, приобрела международное значение. Перенос чужеродных морских организмов в новые для них условия окружающей среды в составе судовых балластных вод, на внешней обшивке морских судов либо иными путями определен Глобальным Экологическим фондом (ГЭФ) как одна из четырех наиболее существенных угроз для Мирового Океана. К числу остальных трех относятся: береговые источники загрязнения, хищническое истребление живых морских ресурсов и физическое разрушение среды их обитания.



Рис.2 - *Mnemiopsis leidyi*

Вторжение чужеродных организмов уже привело к экономическим потерям в Черном море. Гребневик *Mnemiopsis leidyi* (рис.2) из американских атлантических вод является самым впечатляющим примером негативного влияния экзотических видов на виды Черного моря. Этот вселенец, питающийся зоопланктоном, яйцами и личинками рыб, явился основной причиной упадка рыболовства в Черном и Азовском морях в конце 1980-х - начале 1990-х годов. Ущерб, причиненный *Mnemiopsis leidyi* рыболовству в Черном море в конце 1980-х, достиг \$200.000.000 в год [6]. Намного большим является ущерб, связанный с простоем рыболовецких судов, портов и соответствующих промышленных предприятий (заводов). В Азовском море ущерб, вызванный тем же экзотическим гребневиком, составил почти \$40.000.000 [2]. Случайное внесение гребневиков *Beroe obutusata* (рис.3) и *Beroe cucumis* - это положительное событие, так как эти организмы являются антагонистическими видами для *Mnemiopsis*, чья популяция уменьшилась после внесения *Beroe*.

Вторжение чужеродных организмов уже привело к экономическим потерям в Черном море. Гребневик *Mnemiopsis leidyi* (рис.2) из американских атлантических вод является самым впечатляющим примером негативного влияния экзотических видов на виды Черного моря. Этот вселенец, питающийся зоопланктоном, яйцами и личинками рыб, явился основной причиной упадка рыболовства в Черном и Азовском морях в конце 1980-х - начале 1990-х годов. Ущерб, причиненный *Mnemiopsis leidyi* рыболовству в Черном море в конце 1980-х, достиг \$200.000.000 в год [6]. Намного большим является ущерб, связанный с простоем

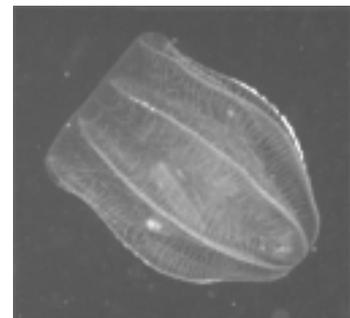


Рис.3 - *Beroe obutusata*

рыболовецких судов, портов и соответствующих промышленных предприятий (заводов). В Азовском море ущерб, вызванный тем же экзотическим гребневиком, составил почти \$40.000.000 [2]. Случайное внесение гребневиков *Beroe obutusata* (рис.3) и *Beroe cucumis* - это положительное событие, так как эти организмы являются антагонистическими видами для *Mnemiopsis*, чья популяция уменьшилась после внесения *Beroe*.

Воздействие на экономику стран, пострадавших от экзотических водных организмов, может быть огромным. Например, распространение европейской мидии «зебра» в Великих озерах в Соединенных Штатах привело к ущербу свыше нескольких миллиардов долларов США в год для очистки труб электростанций, обросших мидиевыми поселениями [1]. Вероятность того, что внедренные виды изменят нативный состав экосистемы и создадут проблемы - прежде всего, вытесняя и замещая нативные организмы из их ниш обитания, - зависит от ряда факторов, главным образом относящихся к биологическим характеристикам видов и условиям окружающей среды, в которую эти виды внедрены. Дополнительными факторами являются климат, число внедренных видов (величина первичной популяции), естественные конкуренты и наличие корма. Более вероятна адаптация видов в средах, подобных средам их происхождения.

Поэтому, если порт приема и порт сброса балласта климатически идентичны, риск интродукции вида возрастает.

Наблюдения показывают, что организмы необязательно должны быть опасными вредителями, чтобы причинять серьезный ущерб. Некоторые вторгшиеся виды наносят ущерб местным флоре и фауне в результате борьбы за корм. Наихудшим экологическим последствием является замена местного вида вторгшимся экзотическим видом. Это может касаться не только одного, недавно исчезнувшего вида, но и любого другого организма, который зависит от него с точки зрения источника корма или места обитания. В результате, после внедрения одного-единственного вида структура пищевой цепи может существенно измениться.

Поскольку хорошо известно, что ликвидация внедренных видов, которые адаптировались к новой среде, будет либо весьма дорогостоящей, либо даже невозможной, следует предоставить высокий приоритет усилиям для предотвращения или сведения к минимуму интродукции. При приеме балласта, на борт могут попасть не только организмы, но и некоторое количество грунта, а также загрязнители, особенно в том случае, если район приема балласта является мелководным. При сбросе балласта, вместе с водой из балластных танков судна будет сброшена также часть осадков и организмов, которые выжили в ходе рейса. Невозможно предсказать воздействие, которое окажет интродукция на экологию (например, борьба с местными видами за существование и их вытеснение) и экономику (например, внедренные организмы могут угрожать питомникам аквакультуры, причинять ущерб портовым сооружениям в виде интенсивного обрастания, вызывать заболевания).

Большое число чужеродных видов, внедрившихся в экосистемы различных акваторий Мирового океана, вызвало необходимость разработки вариантов обработки балластных вод для минимизации интрузии нежелательных видов. Воздействие каждого чужеродного вида непредсказуемо ввиду исключительно большого числа связанных с этим параметров. Вид, не оказывающий негативное воздействие в районе своего происхождения, может причинить серьезный ущерб экономике и экологии любого нового географического района, в который он преднамеренно или непреднамеренно внедрен.

По данным Международной морской организации, ежегодно в мире перевозится около 10 млрд. т. балластных вод, в которых зарегистрировано около 3000 водных организмов [7]. Многие из перевозимых организмов успешно вселяются в реки, моря и океаны, где раньше никогда не встречались, и становились причиной серьезных негативных экологических и экономических последствий.

Поскольку балластировка судов является в настоящее время неотъемлемой частью морских перевозок и избежать этого процесса невозможно, то основным путем предотвращения распространения нежелательных организмов и общего загрязнения морской воды является предотвращение сброса биологически и химически загрязненного балласта с судов в портах.

Наиболее эффективным методом обработки балластной воды для минимизации риска сброса нежелательных организмов является смена балласта в море. Замена балласта представляет собой сброс далеко от берега морской воды, привезенной из других морей и океанов в балластных танках, и замена ее на воду данного района, с тем, чтобы сбросить этот водяной балласт у причала порта во время погрузочных операций. Тем самым уменьшается возможность переселения и приживания в акваториях портов чужеродных видов морских организмов, которые могут нарушить сложившуюся уникальную экосистему акватории. Существует два способа смены балласта в море: последовательный способ и способ прокачивания.

Последовательный метод включает в себя полное опорожнение балластных танков по очереди с последующим заполнением их водой открытого океана.

Альтернативой последовательному способу является способ прокачивания, заключающийся в нагнетании воды открытого океана в полные балластные танки. Для достижения 95-процентной эффективности удаления водных организмов необходимо прокачать через танк количество воды, примерно в три раза превышающее объем танка.

При смене балласта на глубокой воде, вдали от прибрежного шельфа и устьев рек, оба способа одинаково эффективны (примерно 95%) для устранения водных организмов [4].

Контроль за выполнением требований по водяному балласту возлагается на порт или карантинные власти. Самый распространенный способ контроля – проверка ведущейся на судне документации, в которой фиксируются операции с балластом. Проверяется, все ли танки опорожнялись при последовательной смене балласта, достаточное ли количество воды было прокачено через каждый танк при использовании метода прокачивания, имело ли место удаление твердых осадков из танков и т.п. Записи несложно проконтролировать и проанализировать, однако этого явно недостаточно. Для полной уверенности в уничтожении чужеродных организмов необходимо использовать методы объективного контроля. Для этого необходим отбор проб воды из балластных танков.

Существует два подхода к установлению требований к водному балласту. В первом случае одинаковые требования предъявляются ко всем судам без исключения. Это наиболее простой способ для администрации морских портов, однако этот подход не всегда эффективен. Во втором случае применяется избирательный подход, учитывающий тип судна, район, из которого оно прибыло (судоходная линия), наличие замечаний при предыдущих проверках и многие другие факторы. Таким образом можно сократить время проверок судов и увеличить эффективность работы порта, однако этот метод требует большой подготовительной работы по оценке риска переноса нежелательных водных организмов в каждом конкретном случае и разработке соответствующих методик для каждого порта. Этот метод вводится в Мировую практику по инициативе Международной Морской Организации (ИМО) и представляет собой компьютеризированную Систему Принятия Решений (СПР) как результат Глобальной программы управления водяным балластом (Программа ГлоБалласт).

В результате осуществления Программы ГлоБалласт в 2004 году был принят международный правовой документ, регулирующий управление водяным балластом - Международная Конвенция о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими 2004 года. Целью Конвенции является предотвращение, сведение к минимуму и окончательная ликвидация переноса вредных водных и патогенных организмов посредством контроля судовых балластных вод и осадков и управления ими.

Согласно Конвенции о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими, на каждом судне должен присутствовать и выполняться план управления балластными водами. На каждом судне имеется Журнал операций с балластными водами, который может быть системой электронной регистрации или являться частью другого журнала.

Судно, производящее замену балластных вод, насколько это возможно, производит такую замену балластных вод на расстоянии по меньшей мере 200 морских миль от ближайшего берега и в местах с глубиной воды по меньшей мере 200 метров, принимая во внимание Руководство по контролю и управлению балластной водой судов с целью сведения к минимуму переноса вредных водных и патогенных организмов, разработанное Международной Морской Организацией.

MARPOL 73/78 - главное международное соглашение, охватывающее предотвращение загрязнения окружающей среды судами по эксплуатационным или случайным причинам. Конвенция содержит инструкции, нацеленные на предотвращение и уменьшение загрязнения моря с судов, как вследствие инцидентов, так и вследствие эксплуатации.

2. Постановка проблемы

Для стран/портов, выбравших вариант выборочной проверки, будет необходимо посредством Системы Принятия Решений (СПР) создать соответствующие методики для оценки возможного риска, при заходе в порт любого судна. Только таким способом власти могут принять наиболее правильное решение о мерах, которые необходимо предпринять в случае необходимости сброса водного балласта. СПР - это система управления, которая предлагает механизм оценки всевозможной информации о каждом судне и индивидуальный подход к управлению водным балластом для принятия соответствующих мер, основанных на оценке риска.

Для вычисления риска каждого порта в отношении к источнику водного балласта (ВБ), в вышеуказанном методе используется четыре основных «коэффициента риска» [5]:

- частота сброса судового балласта из порта-источника;
- объем сбрасываемого балласта из порта-источника;
- сходство экологических параметров порта-источника;
- типы и количество «видов повышенного риска», наличие которых известно или предполагается в порту-источнике.

С целью защиты Черного моря от загрязнения и вселения чужеродных видов (биологических инвазий) на территории Одесского Морского торгового порта проводится экологическая проверка качества балластных вод, сбрасываемых с судов во время погрузочных работ.

Управление системой предотвращения негативных последствий сброса судового балласта в Одесском Морском торговом порту производится в двух направлениях:

- проверка судовой документации, подтверждающей факт смены балласта в Черном море;
- экоаналитический контроль качества балластных вод, включающий в себя отбор проб судового балласта, лабораторный анализ балласта и сопоставление полученных результатов с существующими предельно допустимыми концентрациями загрязняющих веществ и их фоновыми значениями в водах акватории.

Осуществляемая система лабораторного контроля за сбросом судового балласта в Одесском морском торговом порту соответствует национальному природоохранному законодательству и не противоречит международным конвенциям, участником которых является Украина. Проводимые проверки и выявленные факты нарушения природоохранного законодательства Украины указывают на необходимость продолжения систематического лабораторного контроля за сбросом балластных вод. Они также вынуждают судовладельцев и капитанов судов следить за техническим состоянием систем забора и сброса изолированного балласта, чистотой танков.

3. Методы решения

Основным механизмом предотвращения биологических инвазий в морскую среду при сбросе судового балласта на акватории Одесского морского торгового порта, является замена балласта в открытом море. Требование обязательной замены балласта выдвигается Международной Конвенцией 2004 года о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими. На сегодняшний день проверка выполнения этого требования в Одесском порту заключается в проверке соответствующей судовой

документации, фиксирующей производимые во время рейса операции с балластной водой. Для дальнейшего повышения эффективности экоаналитического контроля судовых балластных вод в порту предлагается (можно предложить) введение обязательного анализа солености балластной воды на борту судна.

Соленость морской воды – это суммарное содержание в граммах всех твердых минеральных растворенных веществ в одном килограмме морской воды. Соленость в океанографии является одной из основных характеристик водных масс, распределения морских организмов, элементов морских течений и т. д. Особую роль она играет в формировании биологической продуктивности морей и океанов, так как многие организмы очень восприимчивы к незначительным ее изменениям.

Основные особенности распределения солености воды на поверхности Мирового океана можно отнести к следующим общим закономерностям:

1. Зона низких широт отличается более высокими величинами солености по сравнению с полярными зонами. Особенно сильно опреснен Арктический бассейн, поскольку он более изолирован от других океанов материками и в него, в отличие от Антарктического бассейна, впадает большое число крупных рек.

2. Наибольшие значения солености отмечаются в тропических зонах, причем экваториальная зона уступает им по значениям солености. Это объясняется характером преобладающих гидрометеорологических условий в этих зонах. В тропиках, благодаря систематическому воздействию пассатов, сильная ветровая деятельность и малая облачность способствуют более сильному испарению. Наоборот, для экваториальной зоны характерно преобладание штилевой погоды со значительной облачностью, большим количеством выпадающих осадков. Два тропических максимума солености, расположенные по обе стороны экватора, особенно ярко проявляются в Атлантическом океане.

3. Соленость поверхностной воды в Атлантическом океане выше, чем в Тихом. Это связано с особенностями соотношения площадей водосборов и водной поверхности этих океанов и характером круговорота влаги - условиями испарения воды с поверхности океанов и выпадением осадков.

4. Соленость поверхностной воды внутренних морей, имеющих затрудненный водообмен с океаном, под влиянием материкового стока обычно значительно ниже океанской. Так, Черное море имеет соленость на поверхности не выше 18 ‰, а Балтийское - лишь 8 ‰. Но внутренние моря, находящиеся в районах с засушливым климатом, наоборот, имеют повышенную по сравнению с океаном соленость поверхностной воды. Средиземное море, например, имеет соленость на поверхности до 37 - 38 ‰, а Красное море, почти лишенное материкового стока при жарком климате, имеет наибольшие значения солености морских вод, достигающие до 40 - 42 ‰.

Таким образом, соленость морской воды может изменяться в значительных пределах. Средняя соленость на поверхности Мирового океана 34,7 ‰. Соленость поверхностных вод в центральной части Черного моря составляет в среднем 18 ‰ [3], однако вблизи берегов под влиянием речного стока соленость уменьшается. В северо-западной части Черного моря, в районе действия вод Днестра, Дуная и других рек, значение солености Черного моря может уменьшаться до 13 ‰ и ниже.

На сегодняшний день существуют современные методики и приборы, позволяющие быстро и с высокой точностью провести анализ солености морской воды на борту судна. Полученная величина солености, после сопоставления с существующими данными о солености в различных регионах Мирового океана и диапазоном маршрута судна по судовому журналу, будет указывать на регион забора балластной воды. Таким образом, значение солености морской воды в балластных танках судна может свидетельствовать о районе смены судового балласта.

4. Выводы и оценка перспективы исследований

Соленость морских вод является одной из основных океанографических характеристик, для которой составлены карты распределения в различных районах Мирового океана.

Предполагается, что использование значения солености судовых балластных вод оптимизирует процесс экологического контроля в акваториях украинских портов. Окончательное заключение о выполнении требования смены балласта будет вынесено только после сопоставления полученных данных о солености балластной воды судна с режимными климатическими характеристиками солености в районах Мирового океана, соответствующих маршруту судна.

Проблема судовых балластных вод является одной из самых интересных и важных проблем в морской экологии. Ее актуальность со временем только усиливается благодаря глобальному развитию морских перевозок. Тема предотвращения негативных последствий сброса судового балласта требует дальнейшего развития и глубокого изучения.

На базе проведенных исследований предлагается подготовка нормативного документа в Министерство охраны окружающей природной среды Украины по применению предложенного метода определения региона смены судовых балластных вод. Для этого планируется разработка и подготовка методики оперативного определения солености балластных вод на борту судна и последующего сравнительного анализа ее с имеющимися показателями.

Список литературы

1. Баитанний Р., Вебстер Л., Лиманчук С., Рааймейкерс С., Работнёв В. 1-ая Конференция стран Черного моря по контролю и управлению водяным балластом. Одесса, Украина, 10-12 октября 2001: Отчет о конференции // Серия монографий Одесского демонстрационного центра программы ГлоБалласт. – Одесса, 2002. - №4. – С. 8 – 9.
2. Гребневик Mnemiopsis leidyi (A.Agassiz) в Азовском и Черном морях: биология и последствия вселения / Под ред С.П. Воловика. – Ростов-на-Дону: БКИ, 2000. – 500 с.
3. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А. и др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. Справочные материалы. - М.: Эколайн, 2000. - 95 с.
4. Сагайдак А.И. Проблема водяного балласта и пути ее решения // I-ый научно-практический семинар по проблеме управления водяным балластом судов: материалы семинара (26 – 27 августа 2003 года, г. Одесса). – Одесса, 2003. – С. 1 - 35.
5. Хиллиард Роб. Оценка риска загрязнения водяным балластом - описание формулы по вычислению риска // Серия монографий Одесского демонстрационного центра программы ГлоБалласт. – Одесса, 2002. - №2. – С. 19 – 26.
6. Caddy J.F. and Griffiths R.C. A perspective on recent fishery-related events in the Black Sea // FAO Studies and Reviews. – 1990. - №63. - P. 43 - 71.
7. Gollasch S. Removal of Barriers to the Effective Implementation of Ballast Water Control and Management Measures in Developing Countries. Report for the International Maritime Organization (IMO) MEPC Ballast Water Working Group // IMO MEPC 41. – London, 1998. – 196 p.

Екологічні аспекти проблеми суднових балластних вод. А.Г. Волошина

Представлена проблема скиду суднових балластних вод. Викладена концепція біологічної інвазії екзотичних видів в чорноморську екосистему, вказані механізми запобігання негативному впливу суднового баласту на морське середовище, які використовуються. Проведений аналіз ефективності комплексу управління судновим балластом в Одеському порту. Пропонується введення обов'язкового контролю солоності балластної води з метою контролю виконання вимоги заміни суднового баласту у відкритому морі судновою адміністрацією.

Ключові слова: *проблема суднових балластних вод, біологічна інвазія, солоність морської води.*

Ecological aspects of problem of ship's ballast water. A. Voloshina

The problem of discharge of ship's ballast water is presented. Conception of biological invasion of exotic kinds in Black Sea ecosystem is expounded, the in-use mechanisms of prevention of negative influence of ship's ballast on a marine environment are indicated. The analysis of efficiency of complex of management a ship ballast in Odessa port is conducted. Introduction of obligatory control of salinity of ballast water is offered with the purpose of control of implementation of requirement about replacement of ship's ballast at sea by ship administration.

Keywords: *problem of ship's ballast water, biological invasion, salinity of marine water.*