

УДК 656.614

HEURISTIC ALGORITHM OF BEHAVIOR OF MARINE AGENT IN THE EVENT OF OIL SPILL UNDER SERVICE ERGATIC SYSTEM

ЭВРИСТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ПОВЕДЕНИЯ МОРСКОГО АГЕНТА ПРИ РАЗЛИВЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ В РАМКАХ СЕРВИСНОЙ ЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

I.M. Petrov, Ph.D., professor ONMA, Deep Sea Captain

И.М. Петров, к.т.н, профессор ОНМА, к.д.п.

Odessa National Maritime Academy

Одесская национальная морская академия, Украина

ABSTRACT

In this paper a heuristic algorithm of actions of marine agent to localize and eliminate the oil spill from the ship are developed and proposed. In reviewing and resolving of the problem the modern ergonomic approaches are used, while marine agent is considered as an element of service ergatic operating management system of the vessel during its stay in the port.

Keywords: heuristic algorithm, ergatic system, ergonomic principles, documentation of the oil spill, emulsion, ballast water, marine agent, booms, spillet, dispersants, minimizing the vessel's expenses.

Постановка проблемы в общем виде и её связь с важными научными или практическими задачами

В процессе эксплуатации эргатических систем, в том числе сервисных, возникает целый ряд проблем, требующих своего решения. Одной из таких проблем является формализация основных схем поведения человека – оператора при выполнении производственной деятельности в процессе обслуживания судна в порту.

При исследовании выполняемых задач и формировании алгоритма деятельности рассматривают: типы поведения; характер поступков; траекторию действий.

Задача и действия оператора значительно усложняются при чрезвычайных ситуациях, когда он должен действовать нестандартно и использовать мыслительные способности, что приводит к задержке в принятии решений.

Более отчетливо эта проблема проявляется у морских агентов, обслуживающих суда, и особенно танкера, при возникновении аварийных ситуаций и разливе нефти и нефтепродуктов.

Этот вид загрязнителя попадает в море разными путями: при откатке воды после замывки цистерн, при аварии судов, при бурении и авариях на морских платформах. Тяжелые фракции нефти оседают на дно, вызывая токсичное поражение водной фауны.

Согласно Конвенции МАРПОЛ, сброс вредных веществ охватывает как виновное поведение оператора, так и невиновное: утечка, удаление, разлив, протечка, откатка, выбрасывание, опорожнение [1].

Чрезвычайную актуальность проблемы разливов косвенно подтверждают размеры штрафов. Например, в 2014 г. Royal Dutch Shell выплатила 80 млн. долларов нигерийским фермерам, проживающим в дельте реки Нигер, в том числе каждому по 3 тыс. в качестве компенсации за ущерб от разлива нефтепродуктов в 2008 г. Также парламентом Нигерии инициируется судебный иск к Shell на сумму 4 млрд. долларов за другой разлив нефти, произошедший в 2011 г. [9].

Анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и выделение нерешенных ранее частей общей проблемы

По данным Международной ассоциации представителей нефтяной промышленности по охране окружающей среды IPIECA к началу 21-го века в океан ежегодно поступало около 16 млн. т нефти, что составляло 0,23% её мировой добычи. За последние 40 лет было пробурено около 2 тыс. скважин в Мировом океане, из них только в Северном море -1 тысяча [5,10].

Если проанализировать данные о 10-и тыс. случаев аварийных разливов нефти с танкеров массой свыше 700 тонн, приводимые в отчетах ИТОРП - TheInternationalTankerOwnersPollution, (рис.1), - можно сделать вывод о том, что за период 1970 – 2010 гг., разделенный на промежутки в 10 лет, нефтяное загрязнение океана снизилось примерно в 8 раз [1,2,5,10]. При этом следует учесть, что объемы грузоперевозок ежегодно возрастали.

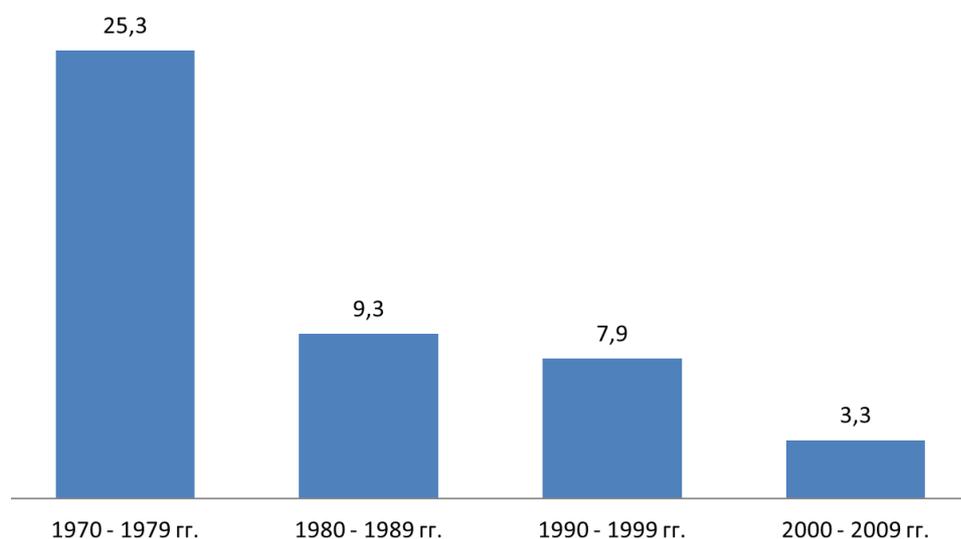


Рис. 1. Динамика разливов за период 1970 - 2010 гг.

Большинство исследователей связывают такой результат с усилиями ИМО и всех участников транспортного процесса, направленными на обеспечение безопасности и предотвращение загрязнения моря. Это - оснащение судов ГМССБ, АИС, картографическими системами ЭКНИС, дублированными

рулевым управлением и винтами, двойными корпусами и двумя независимыми МО, контроль эмиссии газов, управление балластными операциями, вывод из эксплуатации субстандартных судов, другие инновации.

Анализ причин разливов при нахождении судна в порту [1,2,5], рис. 2, показывает, что в 1980 -2014 гг., наиболее распространенным страховым случаем является загрязнение во время погрузо-разгрузочных операций и бункеровки судов топливом в акватории порта и на внешнем рейде.

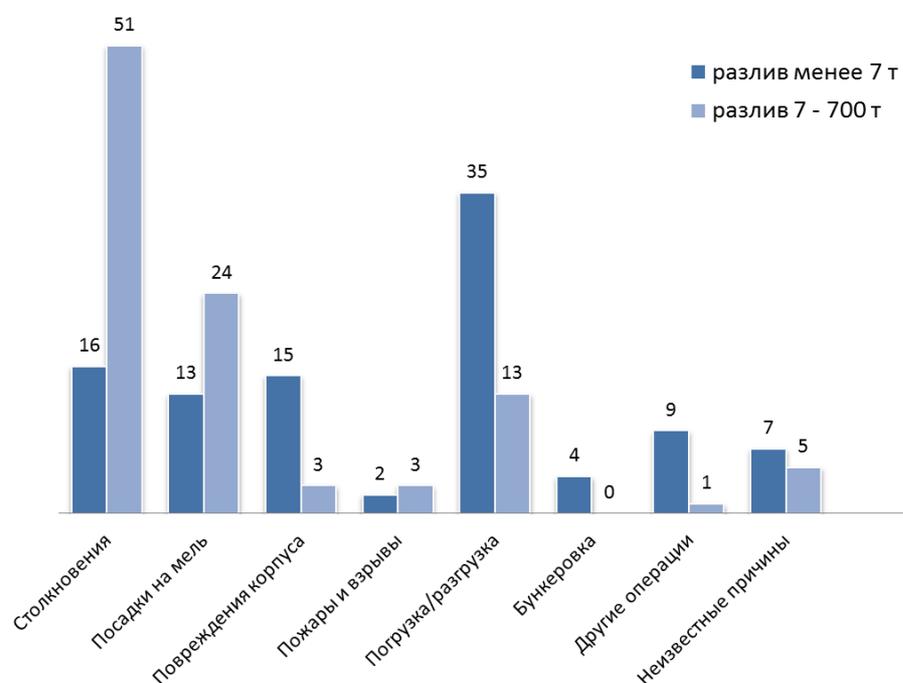


Рис.2. Причины аварийных разливов нефти за период 1995 – 2014 гг.

Для разливов нефти количеством менее 7-и тонн эти показатели составляют от всех причин 35% и 4 % соответственно. А если учесть разливы по другим и неизвестным причинам (9 % и 7% соответственно), то видим, что их ликвидация и все сопутствующие ей организационные процедуры ложатся, в том числе, и на судового агента.

В случаях аварийного разлива нефти и нефтепродуктов все меры должны быть направлены на его локализацию и ликвидацию.

Современные методы локализации основаны на применении боновых заграждений (БЗ). Известны следующие типы БЗ: постоянной плавучести; аварийные; всплывающие; огнеупорные; универсальные [3,6,7].

Методы ликвидации разливов разделяются на: механические (с использованием судов-нефтесборщиков или скиммеров); физико-химические (используются диспергенты и сорбенты); термические; биологические.

Рассмотрим новшества, полученные и внедряемые в практику локализации и ликвидации последствий разливов последних лет.

Локализация достигается ограждением нефтяного пятна БЗ, после чего нефть начинает концентрироваться внутри бонового каскада. При этом увеличиваются толщина нефтяной пленки и слой нефти в подводной части. По

мере накопления нефти высота нефтяного пятна превысит высоту подводной части БЗ, и нефть начнет распространяться под болами. Результаты математического моделирования разливов, проведенного в ЗАО «Транзас» [3] показали, что эффективная локализация может быть достигнута исключительно за счет применения нескольких J-, V-, U- образных каскадов БЗ. При этом количество каскадов при разливах 1-1,5 тыс. т может составлять от 6-и до 8-и, а при разливах 1,5 – 2 тыс т - до 10-и. Это вынуждает привлекать в первом случае до 15-20 судов-бонопостановщиков, а во втором - до 30. Такое их количество, сконцентрированное на ограниченном участке акватории, повышает риски столкновений, наматывания бонов на винты, выхода из строя элементов движения и винторулевой группы.

Попадая в море, нефть распространяется не только по поверхности, но и в толще воды, и в результате процессов диспергирования и эмульсификации может проникать на глубину до 3-5 м и более, что делает неэффективными даже самые современные БЗ, например, Ro-Boom 3200, имеющие глубину погружения около 2 м.

В ряде работ [3,5] показано, что одни диспергированные частицы нефти вновь всплывают под действием сил Архимеда, присоединяясь к нефтяному пятну. Другие переносятся глубинными течениями и оседают на дне или прилипают к донной растительности.

В работах, посвященных моделированию диспергировавших капель, используется несколько распределений капель по размерам, основанных на аппроксимации экспериментальных данных. В [3] приведено выражение, согласно которому количество капель $N(r)$ равняется

$$N(r) \approx r^{-2/3}, \quad (1)$$

где r – радиус капли, мм.

Параметрами модели всплывания диспергировавшей нефти являются максимальный и минимальный радиусы её капель. За максимальный можно принять размер капель, которые не успевают всплыть и присоединиться к пятну за один модельный шаг. Радиус таких капель определяется по формуле

$$r_{cut} = \left[\left(\frac{2K_v}{\Delta t} \right)^{0,5} \frac{18\mu}{g \left(1 - \frac{\rho_o}{\rho_w} \right)} \right]^{0,5}, \quad (2)$$

где K_v – коэффициент турбулентной диффузии, равный 0,005 м²/с;

μ – кинематическая вязкость воды, сПз.

На практике считается, что капли радиусом $r_{min} \cong 25\mu m$ не всплывают. Также не всплывают и мелкие капли, образованные воздействием дисперсантов. Нефть, подвергшаяся естественному диспергированию, в виде мелких капель, объединившихся в спиллеты, всплывает на поверхность и добавляется к пятну.

Шаг генерации затопленных спиллетов Δt_{RCGen} определяется размерами пятна нефти, скоростью его растекания, т.е. плотностью нефти и скоростью ветра. Затопленные спиллеты распределяются случайным образом по площади разлива внутри слоя смешения, толщина которого

$$z_m \approx 1,5H_0 = 0,3 \frac{W_0^2}{g} = 0,031 \cdot W_0^2, \quad (3)$$

где H_0 – средняя высота волны, образуемая скоростью ветра W_0^2 , м.

В работах [3,6,7] показано, что вследствие действия глубинных течений спиллеты могут образовываться также на значительном удалении от первоначального пятна и от судна, а место их возникновения не зависит от характеристик ветра и поверхностного течения. Поэтому, предотвратить распространение нефти невозможно даже с помощью самых современных БЗ. Во всех случаях крупных разливов основная масса нефти оказывается на берегу, и ликвидация последствий сводится к очистке береговой черты.

Для механической ликвидации нефтяных пятен на поверхности воды в последнее время появились суда новых типов. Характерным представителем является т/х «Bottsand» (рис. 3), построенный немецкой компанией «Deutsche Marine». По прибытию на место разлива корпус судна, подобно ножницам, «раскрывается» на 2 половинки под углом в 65° , после чего начинается захват нефтяного пятна. Площадь «треугольника» превышает 40 м^2 . Загрязненная вода закачивается в специальные фильтрационные резервуары объемом 790 м^3 , где очищается от нефти. При толщине нефтяной пленки 2 мм скорость обработки воды составляет $140 \text{ м}^3/\text{час}$ [8].



Рис.3. Общий вид т/х «Bottsand»

Исследователи из Томского университета культивировали бактерии, уничтожающие нефтяные отходы [9]. Пока новые методики апробированы на железной дороге, где постоянно происходят разливы топлива и масел, и на Павлодарском нефтехимическом заводе в процессе очистки 8 - 10 тыс. т

нефтешлама в год.

Успешность управления и контроля ликвидации зависят от опыта и компетентности специалистов. С 2015 г. специальность «ликвидатор разлива нефти и нефтепродуктов на море» введена в УМК Одесского морского порта.

В последние годы по обозначенной проблеме появились глубоко проработанные публикации ученых и практиков, представляющих авторитетнейшие международные организации. За рубежом это: С. Энрайт (Агентство морской и береговой охраны Великобритании, МСА), Д. О’Донован, Р. Селф, П. Тейлор, С. Седдон-Браун (ИРЕСА), Б. Дикс и Х. Паркер (Международная Федерация владельцев танкеров и вопросов загрязнения ИТОПФ), Р. Сантнер, Д. Блэкмор (Австралийский Центр ликвидации нефтяных разливов на море, AMOSC), Г. Хантинг, Т. Брейчер (Шеврон Тексако) и другие. Из отечественных авторов общие вопросы – теоретические и практические – разливов нефти проработаны в трудах В.Г. Торского, В.П. Топалова, В.И. Любченко, А.И. Сагайдака, статистические оценки содержатся у В.В. Анфиногентова, Ю.И. Бланка, А.Ю. Мельника, В.Н. Степанова, возможности локализации и ликвидации разливов обоснованы в трудах российских коллег И. и Р. Маценко, Р. Гамидова, В. Лаврова, А.И. Вылкована, Л.С. Венцюлиса, В.М. Зайцева, В.Д. Филатова, В.К. Гвоздикова, В.М. Захарова и других.

Анализ литературных и нормативных источников показал, что в Украине нет закона, который бы регулировал вопросы предотвращения загрязнения морской среды, реагирования на разливы нефти и других вредных веществ в море. Существующее в этой области законодательство — постановления Кабмина, приказы Мининфраструктуры не системны, разрозненны, носят общий характер, а иногда противоречат друг другу, что приводит к их разнообразному толкованию и коррупции.

К сожалению, до сих пор большинство авторов рассматривают проблему однобоко, с технической точки зрения, совершенно не учитывая, что система должна быть рассмотрена как эргатическая, что предопределяет участие в ней человека. В порту таким эргатическим элементом является морской агент того судна, которое допустило разлив. Его четкие и профессиональные действия во многом могут способствовать ликвидации последствий разлива, расследованию причин, его вызвавших, минимизации последствий. Приведенные обстоятельства подчеркивают актуальность исследования.

Формулирование целей статьи (постановка задачи)

На основании вышеизложенного можно сформулировать постановку задачи, решаемой в данной статье.

Объект исследования: сервисная эргатическая система обеспечения производственной деятельности морского транспортного судна.

Предмет исследования: действия судового агента по защите интересов и минимизации убытков от разлива нефтепродуктов с судна во время стоянки в порту или на рейде.

Цель исследования

Разработать адекватный современным требованиям эвристический алгоритм поведения морского агента в случае разлива нефтепродуктов с агентируемого судна, стоящего в порту у причала, на рейде или следующего на подходе/выходе из порта, который позволил бы реально оценивать последствия, минимизировать ответственность капитана и размеры штрафных санкций.

Изложение материала исследования с обоснованием полученных научных результатов

Переходя к построению и описанию эвристического алгоритма действий агента и капитана агентируемого судна, отметим, что на практике выработалась общепринятая иерархия подходов к локализации и минимизации последствий разливов [7], которую можно кратко охарактеризовать следующим образом:

- перекрыть доступ к месту разлива;
- организовать работу так, чтобы уменьшить воздействие опасности;
- в случае применения диспергентов использовать средства индивидуальной защиты.

Важнейшей задачей для капитана судна и агента обычно является исключение возможного обвинения в загрязнении моря нефтью или нефтепродуктами, которые проникли в морскую среду с другого судна. Ведь нефтяное пятно, обнаруженное на месте швартовки судна, могло быть принесено от другого судна ветром или течением. Возможно также образование загрязнения вокруг судна в результате подъема донных отложений на поверхность воды, обусловленного особенностями гидрологического режима или работой гребного винта. В любом случае при обнаружении масляного пятна вокруг судна капитану необходимо срочно информировать агента и совместно выработать общую тактику поведения.

Если загрязнение с судна имело место, агент должен немедленно оповестить инспекцию портнадзора и экологическую инспекцию. Необходимо, с согласия капитана, вызвать и привлечь к делу корреспондента Клуба взаимного страхования (P&I Club), застраховавшего судно от риска разлива. Также необходимо сообщить об этом администрации порта.

P&I Clubs, защищая интересы судовладельцев, принимают на себя риски возмещения ущерба, вызванного загрязнением морских вод. Лимит страхового покрытия P&I обычно вполне достаточен для возмещения убытков и штрафов, предъявляемых за загрязнение моря с судна нефтью и нефтепродуктами.

Если разлив произошел, агент и капитан должны иметь в виду следующее:

- а) желательно, чтобы заявление о разливе исходило от администрации судна, которое подозревается в разливе;
- б) желательно, чтобы до прибытия на борт судна представителей Госинспекции, администрация судна проверила сохранность опломбирования или печатей на клапанах (кингстонах) сброса и отсутствие следов сброса на бортах судна и в льялах;
- в) желательно, чтобы последняя запись в журнале нефтяных операций хотя

бы примерно отражала фактическую ситуацию, т.е. количество льяльных вод соответствовало дате последнего их сброса;

г) если имеются подозрения, что загрязнение моря произошло именно в результате сброса замазученных льяльных вод, то идентификация будет производиться при помощи спектрографического анализа. Этот способ идентификации настолько совершенен, что дает возможность определить безошибочно судно, с которого произведен сброс из числа многих находящихся поблизости судов, использующих аналогичные ГСМ. Мало того, исследуя маслянистую пленку на воде с помощью современных химических технологий, можно определить не только сорт топлива и судно, с которого оно вылилось, но даже вычислить судовой танк [4].

Следует заметить, что это обстоятельство может быть использовано судовой администрацией для введения в заблуждение лиц, производящих анализ. Например, автору известно, что достаточно вылить до отбора проб в льяла несколько ведер тяжелого топлива, и картина на спектрограмме изменится настолько, что идентификация станет невозможной.

Агенту следует обратить внимание капитана судна на необходимость присутствия судовых механиков при отборе проб, так как впоследствии судно будет иметь возможность произвести идентификацию независимой лабораторией за границей.

По мере того, как виновность судна будет становиться очевидной, необходимо заблаговременно сообщить судовладельцу о факте и обстоятельствах разлива. При этом необходимо запросить перевод средств для покрытия претензии в форме наличных, депозита либо безотзывной банковской гарантии. Необходимо сообщить владельцу, что во избежание возможных задержек в связи с арестом судна до получения финансового обеспечения, необходимо срочно через P&I Club выдать необходимые гарантии. В случае благоприятного разрешения ситуации судно будет отпущено в рейс после получения Госинспекцией соответствующим образом оформленной гарантии P&I Club. О получении гарантии оплаты (или перевода) агент должен немедленно дать телефонограмму начальнику порта об оплате за ущерб и уборку акватории. Необходимо проследить и ускорить оформление счета порта за сбор нефтепродуктов нефтемусоросборщиком. Определение собранного количества должно определяться в присутствии представителя судна.

Если администрация судна отрицает свою виновность в загрязнении моря, капитану судна целесообразно сделать заявление о морском протесте, что перенесет бремя доказывания вины на лиц, которые будут выдвигать обвинения. В противном случае судовладелец вынужден будет доказывать свою невиновность в обнаруженном загрязнении и его последствиях. В любом случае следует потребовать от администрации порта или представителя экологических властей собрать для лабораторного исследования пробы забортной воды и топлива, а также ГСМ с борта судна.

Образцы для лабораторного исследования должны быть опечатаны и изучены надлежащим образом компетентными органами, причем очень важно, чтобы при лабораторных анализах присутствовали представители P&I Club или

сюрвейера. Если лабораторное исследование образцов покажет несовпадение химического состава или иных свойств нефтепродуктов, взятых на судне, и загрязнителей морской воды, то появляется хороший аргумент для проведения защиты от необоснованного обвинения судна в загрязнении моря. Впрочем, гарантии освобождения от спорных обвинений такая экспертиза не дает.

Корреспондент P&I Club может привлечь, исходя из обстоятельств конкретного дела, адвокатов и других специалистов, в частности, специалистов по ликвидации последствий загрязнения вод.

Эвристический алгоритм поведения морского агента при разливе нефтепродуктов с агентируемого судна в порту/ на рейде, приведен на рис. 4.

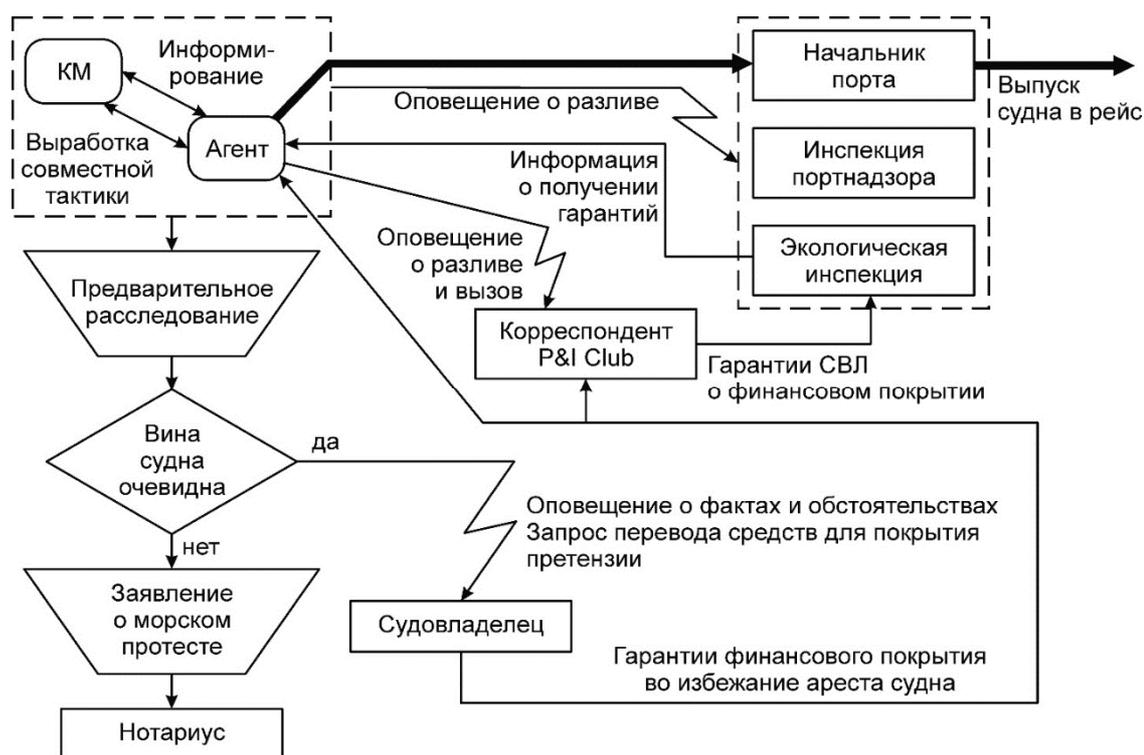


Рис. 4. Схема эвристического алгоритма поведения морского агента при разливе нефтепродуктов с судна в порту/на рейде

Также при бункеровке судов, грузовых операциях с загрязняющими жидкими грузами, предварительное бонирование места операций обязательно [6]. Услуга осуществляется силами и средствами портового флота. Всем судам запрещается использовать для очистки акватории препараты, опускающие нефть на дно и растворяющие ее в воде. При аварийных разливах нефти и нефтепродуктов судно, которое попало в нефтяное поле, не должно начинать движение без специального разрешения руководителя операции по ликвидации аварийного разлива. Судам и всем плавсредствам запрещается пересекать загрязненную акваторию. При прохождении вблизи района, где происходит сбор нефти, необходимо снизить скорость хода до минимальной.

На практике обычно уборка акватории портов производится силами и средствами порта. Затраты на проведение работ и утилизацию собранных нефтепродуктов будут отнесены на лицо, признанное виновным в загрязнении. Если загрязнение произошло нефтью или нефтепродуктами, действующая в

Украине такса для исчисления размера возмещения причиненного ущерба равна 329долл./кг нефтепродуктов.

Следует иметь в виду, что в случаях разливов первостепенное значение имеет оперативность и полнота информационного обмена между агентом, судовладельцем, Клубом, банком и др. Необходимо тщательно оформить всю документацию, поскольку не исключена вероятность возвращения к вопросу разлива через длительный период в случае обращения судовладельца/страховщика в суд/арбитраж.

В заключение заметим, что достижение цели также обуславливает необходимость:

- снижения затрат времени на выполнение операций по погрузке-выгрузке и бункеровке судов при уменьшении численности экипажей;
- опоры на рост квалификации членов экипажа и персонала агентских компаний;
- работы на будущие потребности судовладельцев;
- ускоренного продвижения новых перегрузочных, бункеровочных и сервисных технологий;
- формирования информационной системы профессионального сообщества.

Выводы и перспективы дальнейшей работы по данному направлению

1. Несмотря на предпринимаемые усилия, разливы будут происходить и в дальнейшем и воздействовать на окружающую среду. На современном этапе первостепенной задачей должно стать снижение ущерба и содействие восстановлению экосистемы, которой был причинен экологический ущерб.

2. Предотвратить распространение нефти на поверхности воды только за счет применения боновых заграждений практически невозможно.

3. Необходим единый нормативно-правовой акт в области предупреждения и ликвидации возможных разливов нефти и нефтепродуктов.

4. Проблема удаление загрязнений, вызванных разливом нефти, требует надлежащего управления, планирования и здравого смысла со стороны морского агента.

5. Предложенный эвристический алгоритм поведения морского агента в случае разлива нефтепродуктов с судов может стать удобным инструментом, позволяющим уменьшить частоту разливов, оценивать их последствия, свести к минимуму ответственность экипажа и судовладельца, а также размеры штрафных санкций.

6. Алгоритм является универсальным и подходит для работников компаний, занимающихся любыми видами агентирования морских судов различных типов. Стратегию необходимо периодически пересматривать, учитывая приобретаемый опыт.

7. При использовании предложенного алгоритма совершенствование деятельности агентской компании будет достижимо легче и эффективнее.

8. Дальнейшего рассмотрения и проработки требуют вопросы оценки риска, управления безопасностью, в том числе химической, разработки и

использования средств индивидуальной защиты.

9. Предложенный алгоритм может быть рекомендован к внедрению в учебный процесс студентов и курсантов морских учебных заведений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Торский В. Г. Танкеры моря не загрязняют/ В.Г. Торский// Морское обозрение “SeaReview”. - Международный морской журнал. – 2014. - № 3(55). – С. 23.
2. Анфиногентов В.В. Аварийные разливы нефти, причины и количественная оценка / В.В. Анфиногентов, В.В. Анфиногентов // Материалы научно-технической конференции «Энергетика судна: эксплуатация и ремонт», 26.03.2014 – 28.03.2014. Часть II. – Одесса: ОНМА, 2014. – 140 с.
3. Локализация за 4 часа? Давайте перестанем друг друга обманывать/ С. Маценко, И. Маценко, Р. Гамидов, В. Лавров// Морской флот. – 2014. - № 3. – С. 26 – 33.
4. Сагайдак А.И.«Балластная» конвенция ИМО: что день грядущий нам готовит? / А.И Сагайдак, Т.Г. Оганесян // Порты Украины. – 2013. – № 05 (127). – С. 14 – 15.
5. Бланк Ю.И. Статистика и прогнозирование разливов нефти при грузовых операциях в портах / Ю.И. Бланк, А.Ю. Мельник, В.Н. Степанов, – Одесса: ИПРЭИ НАНУ. 2010. – 45 с. – (Препринт / НАН Украины. Ин-т проблем рынка и экон. - эколог. иссл.
6. Shipboard Oil Pollution Emergency Plans for Existing Ships// MSA Merchant Shipping Notice. No M.1599.
7. Training Marine Oil Spill Response Workers under OSHA’s: Hazardous Waste Operations and Emergency Response Standard// US Department of Labor and the US Occupational Safety and Health Administration. - 2010. – 358 p.
8. Материалы сайта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://reactor.net/technics/7309-ship-scissors.html#ixzz3RNU6kqpz>
9. Материалы сайта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.3dnews.ru/908721>
10. Материалы сайта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ipieca.org>