



(51) МПК

- [G01S 17/00 \(2006.01\)](#)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 07.12.2016)

Пошлина: учтена за 5 год с 02.02.2017 по 01.02.2018

(21)(22) Заявка: [2013104144/28](#), 01.02.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
01.02.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **01.02.2013**

(45) Опубликовано: [20.07.2014](#) Бюл. № [20](#)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 66539 U1, 10.09.2007. RU 49267 U1, 10.11.2005. Бондур В.Г., Кузнецова Т.В. "Исследование естественных нефте- и газопроявлений на водной поверхности по космическим изображениям". Георесурсы.Геоэнергетика. Геополитика. 2012, выпуск 2(6) от 30.12.2012. ISSN 2078-5712. Белов Б.В., Тухватуллина С.А., Городничев В.А. "Лазерный метод обнаружения

нефтянных загрязнений на взволнованной морской поверхности, использующий угловое сканирование". Научное издание МГТУ им. Н.Э.Баумана "Наука и образование". УДК 551.501, 07.07.2012. стр. 187-198. Бондур В.Г., Зубков Е.В. "Лидарные методы дистанционного зондирования загрязнений верхнего слоя океана". Оптика атмосферы и океана. 2001. Том 14, N 02, стр. 142-155. FR2298088 A1, 13.08.1976

Адрес для переписки:

115551, Москва, Шипиловский пр-д, 45, к. 1, кв. 117,
Христофорову О.Б.

(54) СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ И МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЙ
МОРСКОГО НЕФТЕГАЗОВОГО ПРОМЫСЛА

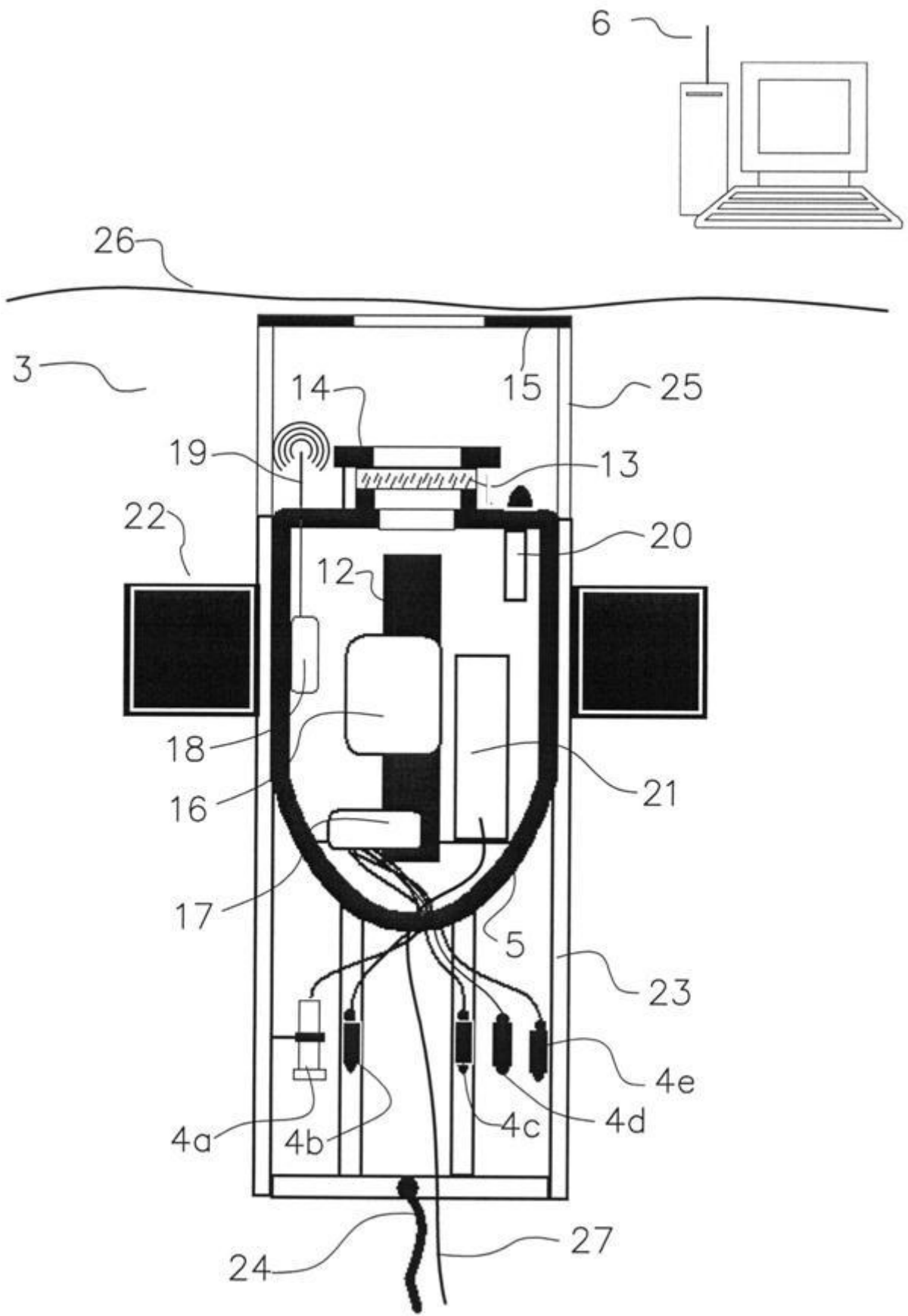
(57) Реферат:

Изобретение относится к автоматизированным системам обнаружения и мониторинга нефтегенных загрязнений морского нефтегазового промысла. Система включает в себя

(72) Автор(ы):
Авандеева Ольга
Петровна (RU),
Баренбойм Григорий
Матвеевич (RU),
Борисов Владимир
Михайлович (RU),
Данилов-Данильян
Виктор Иванович (RU),
Савека Александр
Юрьевич (RU),
Христофоров Олег
Борисович (RU)

(73)
Патентообладатель(и):
Авандеева Ольга
Петровна (RU),
Баренбойм Григорий
Матвеевич (RU),
Борисов Владимир
Михайлович (RU),
Данилов-Данильян
Виктор Иванович (RU),
Савека Александр
Юрьевич (RU),
Христофоров Олег
Борисович (RU)

сеть флуоресцентных лидаров, установленных на нефтегазодобывающей платформе, танкерах, осуществляющих транспортировку нефти, и судах, обслуживающих промысел; сеть установленных на удалении от нефтегазодобывающей платформы автоматических плавучих комплексов мониторинга (КМ), каждый из которых содержит контактирующие с водой датчики регистрации нефтяных углеводородов, физико-химических и гидрологических параметров воды, и находящийся в погружном, в частности, в подледном положении герметичный буй, в котором размещены программируемый контроллер с системами сбора, предварительной обработки и передачи данных, генерируемых датчиками КМ; а также единую автоматизированную информационную систему (ИС) с функциями сбора, обработки и хранения данных, генерируемых лидарами и плавучими КМ. В предпочтительных вариантах КМ включает в себя флуоресцентный лидар, размещенный в погружном бую, имеющем в верхней части окно, прозрачное для зондирующего и обратного излучения. Техническим результатом изобретения является создание надежной системы раннего обнаружения и мониторинга аварийного разлива нефти на объектах морского нефтегазового промысла, в том числе, в сложных условиях Арктики. 21 з.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг. 2

ОБЛАСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Изобретение относится к технике экологического контроля, в частности к автоматизированным системам раннего обнаружения и мониторинга аварийных разливов нефти, и может использоваться в составе систем экологического мониторинга природных сред.

ПРЕДШЕСТВУЮЩИЙ УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Одной из наиболее острых проблем современной экологии в ее аспектах, связанных с состоянием окружающей среды, является загрязнение водных экосистем нефтью и продуктами ее переработки (бензин, керосин, мазут и др.), которые, попадая в водоемы, подавляют жизнедеятельность флоры и фауны. Растворяющиеся в воде фракции нефти являются остро токсичными для подавляющего большинства гидробионтов, а образующаяся на воде нефтяная пленка препятствует прониканию кислорода в толщу воды, нарушая дыхание водных организмов. Наиболее опасными следует считать крупномасштабные аварийные разливы нефти, которые способны оказывать долгосрочное и губительное воздействие на окружающую среду, включая биоту, а иногда и на население. Так, авария на нефтегазодобывающей платформе Deep water Horizon в Мексиканском заливе, ставшая крупнейшей в истории США, привела к попаданию 760000 т нефти в окружающую среду. Общая сумма затрат на ликвидацию аварии и выплаты пострадавшим составила около \$40 млрд. Последствия разлива трудно оценимы и сказываются до сих пор. Аварийные разливы могут представлять опасность в первые часы и дни после разлива, а могут, в силу характера распространения нефтяного пятна, климатических особенностей, химического состава нефти и других факторов, которые в каждом конкретном случае являются уникальными, представлять опасность в течение многих лет.

Все это определяет актуальность проблемы ликвидации разливов нефти, которая вплотную связана с задачей создания надежной системы раннего обнаружения и мониторинга аварийного разлива нефти, что может позволить минимизировать выброс нефти в окружающую среду на начальной стадии аварийной ситуации. Мониторинг также необходим и на стадии ликвидации разливов для локализации разлива, его блокирования, управления самим процессом ликвидации и для контроля качества очистки как воды, так, в частности, льда и снега от нефтяного загрязнения.

К настоящему времени для диагностики верхних слоев водных объектов применяют лидары, размещаемые на самолетах, кораблях или стационарно.

Флуоресцентные лидары самолетного и судового базирования, разработанные эстонской компанией Laser Diagnostic Instruments AS (LDI), позволяют достаточно быстро и эффективно определять загрязнения, в частности, нефтегенные на больших площадях водной поверхности, S.Babichenko, Laser Remote Sensing of the European Marine Environment: LIF technology and Applications. In "Remote Sensing of the European Seas", Vittorio Barale and Martin Gade (Editors), Springer, 2008, 189-204. В качестве лазерного излучателя в лидаре используется эксимерный лазер, генерирующий УФ-излучение с длиной волны 308 нм. Использование высокой мощности эксимерного лазера позволяет производить зондирование поверхности воды с дистанции ~500 м.

Создание высокопроизводительного комплекса мониторинга реализовано с использованием самолета, на борту которого собраны устройства, позволяющие обнаруживать и максимально подробно исследовать нефтяные загрязнения, N. Robbe, T.

Hengstermann, D. Mach, Oil Spill Remote Sensing from Airborne Maritime Surveillance Platforms. EARSeL Conference "Remote Sensing of the Coastal Zone: from Inland to Marine Waters", 2012. Комплекс авиационного базирования включает радар бокового обзора SLAR, флуоресцентный панорамный лидар IALFS, UV/IR сканеры, сканер видимого диапазона, СВЧ-радиометр для получения изображения на частотах 18.7, 36.5 и 89 МГц, ИК-систему лазерного видения FLIR, систему сбора и обработки информации MEDUSA.

Однако содержание самолета с комплексом мониторинга в режиме ожидания аварийной ситуации, видимо, довольно дорого.

Этого недостатка лишены стационарные посты дистанционного мониторинга, использующие для регистрации нефтяных загрязнений отражение видимого или ИК-излучения от водной поверхности, Анучин Е.Н., Зурабян А.З., Грачев И.А., Попов А.П. «Оптический регистратор нефтяных пленок на взволнованной водной поверхности». «Оптический журнал». Том 72, 2005 г., №3, с.11-13. Более информативна регистрация УФ индуцированной флуоресценции приповерхностного слоя вод, LDI Remote Oil Watcher (ROW) - Детектор Нефтепродуктов, <http://www.ldi.ee/index.php?main=400>. В обоих случаях в качестве источников излучения дистанционных флуоресцентных детекторов нефтепродуктов используются импульсные светодиоды УФ, видимого или ИК-диапазонов. Дистанционные флуоресцентные детекторы нефтяных загрязнений относительно дешевы, характеризуются компактностью и низкой стоимостью эксплуатации. Однако расстояние зондирования не превышает 10 м, что может ограничивать возможности их применения на больших акваториях.

Тем не мене, стационарное базирование позволяет проводить дистанционный экологический мониторинг на больших акваториях при использовании в качестве носителей плавучих платформ, патентная заявка РФ №2012110488 «Комплекс экологического мониторинга водных объектов». Для многопараметрического определения характеристик вод помимо дистанционного детектора загрязнений, в частности, компактного моговолнового лидара, находящегося в непосредственной близости от водной поверхности, комплекс экологического мониторинга включает в себя находящийся в плавающем или погружном состоянии модуль с набором контактирующих с водой датчиков. Комплекс экологического мониторинга позволяет автоматически получать и обрабатывать широкий набор данных о качестве поверхностных вод. Однако плавучие платформы с лидаром не предназначены для использования в ледовых условиях.

Недостатков, связанных с применением лидаров в ледовых условиях, лишен разработанный EIC Laboratories, США, погружной флуоресцентный лидар для обнаружения тяжелой нефти на морском дне и в толще воды, известный из патента US7728291. Подводный флуоресцентный лидар использует для зондирования поляризованное лазерное излучение. Регистрация обратного излучения производится для двух различных поляризаций, что позволяет избирательно, по сравнению с другими флуоресцирующими веществами, обнаруживать тяжелые нефтяные фракции, индуцированное флуоресцентное излучение которых благодаря высокой вязкости также поляризовано. Детектор содержит излучатель, приемное устройство и контроллер с системами сбора, предварительной обработки и беспроводной передачи данных на удаленные интерфейсы, размещенные в герметичном корпусе, снабженном расположенным на нижней поверхности корпуса окном, прозрачным для зондирующего и обратного излучений. Устройство, которое может располагаться на подводных дистанционно управляемых платформах, и метод регистрации предназначены для обнаружения и мониторинга разлива или утечки тяжелых нефтей с удельным весом, превышающим удельный вес воды, в том числе, в регионах с ледовым покровом. В

качестве недостатка применения указанных устройства и метода можно отметить ограниченное количество определяемых характеристик вод и загрязнений, отсутствие регистрации поверхностного разлива нефти. Кроме этого, использование только указанного устройства не обеспечивает раннее обнаружение и мониторинг аварийных разливов нефти на больших акваториях морского нефтегазового промысла.

РАСКРЫТИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Задачей изобретения является разработка надежной автоматизированной системы раннего обнаружения и мониторинга аварийных разливов нефти в зоне морского нефтегазового промысла, в частности, на арктическом шельфе.

Поставленная задача решается за счет того, что система обнаружения и мониторинга загрязнений морского нефтегазового промысла включает в себя сеть дистанционных детекторов загрязнений, в частности, флуоресцентных лидаров, по меньшей мере, часть которых установлена на нефтегазодобывающей платформе; сеть установленных на удалении от нефтегазодобывающей платформы автоматических плавучих комплексов мониторинга (КМ), каждый из которых содержит набор контактирующих с водой датчиков, включая датчики регистрации нефтегенных углеводородов и датчики, измеряющие физико-химические и гидрологические параметры воды, и находящийся в плавающем или в погружном, в частности, в подледном положении герметичный буй, в котором размещены программируемый контроллер с системами сбора, предварительной обработки и передачи данных, генерируемых датчиками КМ, на удаленные интерфейсы; и единую автоматизированную информационную систему (ИС) с функциями сбора, обработки и хранения данных, передаваемых на интерфейсы ИС дистанционными детекторами загрязнений и плавучими КМ.

При этом предпочтительно, что флуоресцентные лидары или лидарные комплексы установлены на терминалах отгрузки нефти, в частности, на устройствах прямой отгрузки нефти на танкеры.

Предпочтительно, что флуоресцентные лидары или лидарные комплексы установлены на танкерах, осуществляющих транспортировку нефти.

Предпочтительно, что флуоресцентные лидары или лидарные комплексы установлены на каждом судне, обслуживающем морской нефтегазовый промысел, в частности, на ледокольном судне или судне, оборудованном для ликвидации последствий аварийных ситуаций.

В варианте изобретения флуоресцентные лидары или лидарные комплексы установлены на всех стационарных объектах морского нефтегазового промысла, при этом вблизи указанных стационарных объектов установлены плавучие КМ.

В варианте изобретения флуоресцентные лидары или лидарные комплексы установлены на промежуточном плавучем нефтехранилище, используемом при транспортировке нефти, и дополнительная сеть КМ установлена на удалении от промежуточного плавучего нефтехранилища.

В варианте изобретения дополнительная сеть плавучих КМ установлена вдоль пути транспортировки нефти, в частности, вдоль трубопровода, используемого для транспортировки нефти.

В варианте изобретения система мониторинга содержит авиационный комплекс экологического мониторинга, размещаемый на борту авианосителя.

Предпочтительно, что интерфейсы ИС, предназначенные для приема данных мониторинга, размещены на нефтегазодобывающей платформе.

Предпочтительно, что автоматизированная ИС оснащена функциями определения превышения установленных порогов загрязнения и сигнализации о них, построения прогнозных моделей распространения загрязнения, оценки его токсичности, и предоставления в чрезвычайной ситуации сценария управляющих решений, направленных на минимизацию экологических рисков.

Предпочтительно, что каждый плавучий КМ снабжен датчиками, измеряющими радиоактивность, характеризующую, в частности, содержание в воде радионуклидов нефтегенного происхождения.

Предпочтительно, что каждый плавучий КМ снабжен контактирующим с водой датчиком, измеряющим электропроводность, изменение которой характеризует, в частности, разлив нефти и пластовых вод с содержащимися в них металлами.

Предпочтительно, что каждый плавучий КМ снабжен датчиками, регистрирующими данные о глубине погружения, скорости и направлении водных течений, необходимые при построении прогностических моделей переноса загрязнений.

Предпочтительно, что каждый плавучий КМ снабжен датчиками, измеряющими показатели состояния вод, такие, как температура, содержание кислорода, кислотность, влияющие на физико-химическую трансформацию нефтегенных углеводородов.

В варианте изобретения часть плавучих КМ имеет размещенный внутри герметичного буй компактный флуоресцентный лидар, при этом буй имеет прозрачное для зондирующего и обратного излучения оптическое окно, снабженное чистящей щеткой и экраном, сводящим к минимуму внешнюю засветку окна.

В варианте изобретения упомянутое окно размещено на верхней части буя.

В варианте изобретения, по меньшей мере, у части плавучих КМ буй снабжен устройством, обеспечивающим инвариантность расстояния между бумом и поверхностью льда.

В варианте изобретения, по меньшей мере, у части плавучих КМ буй заполнен газом, отличным от воздуха.

В варианте изобретения, по меньшей мере, часть плавучих КМ имеет кабель трос, обеспечивающий электропитание КМ и передачу данных.

В варианте изобретения, по меньшей мере, часть КМ крепится ко дну.

В другом варианте изобретения, по меньшей мере, часть КМ размещена на беспилотных дистанционно-пилотируемых подводных платформах.

Техническим результатом изобретения является создание надежной системы раннего обнаружения аварийного разлива нефти на объектах морского нефтегазового промысла, в

том числе, в сложных условиях Арктики. Указанный технический результат, обеспечиваемый приведенной совокупностью признаков, реализуется за счет следующих факторов:

- надежное, в том числе в ледовых условиях, дистанционное обнаружение и мониторинг надводными флуоресцентными лидарами нефтегенных загрязнений вблизи нефтегазодобывающей платформы и на путях транспортировки нефти за счет зондирования мест, свободных от льда: вблизи терминалов прямой отгрузки нефти на танкеры, в следе ледокольных судов и танкеров,
- количественное измерение на больших акваториях, в том числе, в сложных ледовых условиях широкого набора физико-химических и гидрологических параметров воды за счет оснащения всех объектов морского нефтегазового промысла лидарами и сетью плавучих, в частности, погружных КМ,
- надежность комплексного обнаружения и измерения нефтегенных загрязнений флуоресцентными лидарами и частью набора контактных датчиков, в том числе, измеряющих содержание в воде нефтегенных углеводородов, радионуклидов, характерных для нефти, и электропроводность, изменение которой характеризует, в частности, разлив нефти и пластовых вод с содержащимися в них металлами,
- высокая чувствительность лидара, размещенного в погружном бую КМ, к изменяющимся характеристикам водной среды, поскольку лазерный излучатель и система регистрации ОИ расположены предельно близко к зондируемому объекту - водной толще или поверхности воды,
- дистанционное определение флуоресцентным лидаром, входящим в состав погружного КМ, типа загрязнений и регистрация «невидимых» для погружных датчиков поверхностных разливов нефтепродуктов за счет размещения окна, через которое осуществляется зондирование, на верхней части буя КМ,
- обеспечение при малой мощности излучателя предельной чувствительности лидара к изменяющимся характеристикам водной среды, поскольку лазерный излучатель и система регистрации обратного излучения (ОИ) расположены предельно близко к зондируемой водной среде и снабжены экраном, сводящим к минимуму внешнюю засветку,
- обеспечение долгосрочной стабильной работы подводного лидара и КМ в целом, практически не требующей обслуживания за счет защиты наружной поверхности окна от загрязнения и заполнения буя газом, например сухим азотом, отличным от воздуха,
- возможность проведения высокоскоростного мониторинга больших акваторий в случае аварийного разлива нефти за счет использования в этих условиях комплекса мониторинга на борту авианосителя, в частности вертолета,
- обеспечение в режиме, близком к режиму реального времени, построения карты параметров вод в зоне нефтегазового промысла, определение превышения установленных порогов загрязнений, оповещение персонала контролируемых объектов для принятия им оперативных решений, позволяющих минимизировать выброс нефти в окружающую среду на начальной стадии аварийной ситуации, построение прогнозных моделей распространения разлива и высокоэффективный мониторинг нефтяного разлива на стадии его ликвидации за счет использования в сочетании с указанными измерительными средствами единой информационной системы (ИС).

Вышеупомянутые и другие объекты, аспекты, особенности и преимущества изобретения станут более очевидными из последующего описания и формулы изобретения.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Техническая сущность и принцип действия изобретения поясняются чертежами, на которых:

Фиг.1 показывает схематичное изображение системы обнаружения и мониторинга загрязнений морского нефтегазового промысла в соответствии с настоящим изобретением,

Фиг.2 показывает схематичное изображение автоматического плавучего комплекса мониторинга в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения,

ВАРИАНТЫ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Данное описание служит для иллюстрации осуществления изобретения и ни в коей мере объема настоящего изобретения.

В соответствии с примером осуществления изобретения (Фиг.1) система обнаружения и мониторинга загрязнений морского нефтегазового промысла включает в себя сеть дистанционных детекторов загрязнений, в частности, флуоресцентных лидаров 1, по меньшей мере, часть которых установлена на нефтегазодобывающей платформе 2, и сеть установленных на удалении от нефтегазодобывающей платформы 2 автоматических плавучих комплексов мониторинга (КМ) 3, каждый из которых содержит набор контактирующих с водой датчиков 4, включая датчики регистрации нефтегенных углеводородов и датчики, измеряющие физико-химические и гидрологические параметры воды, и находящийся в плавающем или в погружном, в частности, в подледном положении герметичный буй 5, в котором размещены программируемый контроллер с системами сбора, предварительной обработки и передачи данных на удаленные интерфейсы 6 единой автоматизированной информационной системы (ИС) с функциями сбора, обработки и хранения данных, передаваемых на интерфейсы 6 ИС флуоресцентными лидарами 1 и плавучими КМ 3. Размещенные на нефтегазовой платформе 2 флуоресцентные лидары 1 или лидарные комплексы предпочтительно установлены на терминалах 7 отгрузки нефти, в частности, на устройствах 8 прямой отгрузки нефти на танкеры 9. Флуоресцентные лидары 1 или лидарные комплексы также установлены на танкерах 9, осуществляющих транспортировку нефти и на каждом судне 10, обслуживающем морской нефтегазовый промысел, в частности, на ледокольном судне или судне, оборудованном для ликвидации последствий аварийных ситуаций. Интерфейсы 6 ИС, предназначенные для приема данных мониторинга, предпочтительно размещены на нефтегазодобывающей платформе 2. Автоматизированная ИС оснащена функциями определения превышения установленных порогов загрязнения и сигнализации о них, построения прогнозных моделей распространения загрязнения, оценки его токсичности и предоставления в чрезвычайной ситуации сценария управляющих решений, направленных на минимизацию экологических рисков.

Система обнаружения и мониторинга загрязнений морского нефтегазового промысла (Фиг.1) функционирует следующим образом. В процессе добычи нефти и газа на морском шельфе сеть дистанционных детекторов загрязнений, выполненных предпочтительно в виде компактных флуоресцентных лидаров 1, периодически производит зондирование водной поверхности вблизи мест своего размещения, а именно: вблизи

нефтегазодобывающей платформы 2, в следе танкеров 9, осуществляющих транспортировку нефти, и судов 10, обслуживающих морской нефтегазовый промысел, в частности, в следе ледокольных судов, оборудованных, в том числе, для ликвидации последствий аварийных ситуаций. Установка дистанционных детекторов загрязнений на терминалах 7 отгрузки нефти, в частности, на устройствах 8 прямой отгрузки нефти на танкеры 9 позволяет зондировать водную поверхность вблизи нефтегазодобывающей платформы 2 в ледовый период, поскольку провод танкеров 9 к терминалам 7 отгрузки нефти обеспечивается ледокольными судами 10.

Установка лидаров 1 на танкерах 9 и на ледокольных судах 10 обеспечивает возможность раннего обнаружения и мониторинга разливов нефти на путях ее транспортировки, в местах отгрузки и доставки.

Зондирующее излучение дистанционных детекторов загрязнений, в частности УФ-излучение флуоресцентных лидаров 1, вызывает обратное излучение (ОИ), во-первых, на длине волны зондирующего УФ-излучения - обратное рассеяние, во-вторых, в стоксовой, более длинноволновой, области спектра. Спектр ОИ в стоксовой области определяется флуоресценцией растворенных, взвешенных органических примесей, пленок в зондируемой толще воды и на поверхности, и комбинационным рассеянием (КР). Спектр КР воды представляет узкую линию, жестко смещенную в стоксовую область от длины волны зондирования на 3440 обр. см. Спектральный максимум флуоресцентного излучения в зависимости от вида нефтепродуктов находится в спектральном диапазоне от длины волны зондирующего лазерного УФ-излучения до ~400 нм. Детализация измеряемого спектрального сигнала определяется количеством приемных каналов системы регистрации ОИ. В лидаре, в зависимости от типа системы регистрации ОИ, количество приемных каналов лидара может быть от минимум четырех до нескольких сотен. С помощью системы сбора и обработки данных лидара производится вычитание фонового сигнала и нормировка спектра ОИ реперным сигналом, в качестве которого может быть использован сигнал КР воды, зависящий только от прозрачности воды на длине волны УФ излучения лазера и энергии лазера. Полученный при зондировании нормированный спектр ОИ воды не зависит от дистанции, волнения, угла зондирования и флуктуации мощности лазера. В соответствии с разработанной методикой по измеренным данным рассчитывается концентрация в воде органических веществ, в частности нефтепродуктов, и определяется наличие или отсутствие пленки масел и нефтепродуктов на поверхности воды в данном месте в данное время. Входящая в состав каждого лидара система передачи данных, например в виде модема с антенной, передает их на интерфейсы 6 единой автоматизированной информационной системы (ИС) с функциями сбора, обработки и хранения данных о состоянии поверхностных вод.

Поскольку спектр лазерно-индуцированной флуоресценции нефти перестает существенно изменяться из-за насыщения при увеличении толщины пленки нефти свыше ~20 мкм, для измерений в более широком диапазоне загрязнений может использоваться лидарный комплекс, в частности, многоволновой лидар, в котором наряду с УФ-излучением используется инфракрасное (ИК) или видимое зондирующее излучение, как это известно из патентной заявки РФ №2012110488. Зондирование может производиться излучением компактного импульсно-периодического Nd:YAG лазера, генерирующего импульсы излучения на длине волны одной из гармоник высшего порядка: 266 или 354 или 532 нм и на длине волны 1064 нм основной гармоники. Это позволяет использовать в качестве многоволнового импульсно-периодического лазерного излучателя доступный и надежный малогабаритный серийно производимый твердотельный лазер. Зондирующее ИК-излучение вызывает сигнал обратного излучения на длине волны лазерного ИК-

излучения, величина которого сильно зависит от наличия на воде пленки нефтепродуктов из-за различия коэффициентов отражения света для нефтепродуктов и воды.

Для возможности регистрации разливов с большой толщиной пленки нефти наряду с флуоресцентными лидарами могут использоваться и другие дистанционные детекторы загрязнений, например, СВЧ-радиометры.

Одновременно вне зоны действия лидаров 1, установленных на нефтегазодобывающей платформе 2, ведется сбор и передача данных о состоянии вод с помощью сети установленных на удалении более 30 м, предпочтительно, на расстоянии 500-1000 м от нефтегазодобывающей платформы 2 автоматических плавучих комплексов мониторинга (КМ)- 3. Посредством датчиков 4, входящих в состав КМ, производится регистрация нефтегенных углеводородов и физико-химических и гидрологических параметров воды. С помощью программируемых контроллеров, которыми снабжены плавучие КМ 3, осуществляется сбор, предварительная обработка данных измерительных датчиков 4 и предпочтительно беспроводная передача данных на удаленные интерфейсы 6 информационной системы. Автоматизированная информационная система осуществляет сбор, обработку, анализ и хранение данных, передаваемых на интерфейсы ИС дистанционными детекторами загрязнений, в частности сетью флуоресцентных лидаров 1 и плавучих КМ 3. На основе обработки данных о состоянии вод контролируемого водного объекта ИС определяет превышение установленных порогов загрязнения и сигнализирует о них, строит прогнозную модель распространения загрязнения, производит оценку его токсичности и, в целом, предоставляет информацию для принятия управленческих решений в соответствии с экологической обстановкой. ИС также строит карту параметров состояния вод для текущего момента времени и в случае возникновения чрезвычайной ситуации предлагает сценарий управляющих решений, направленных на минимизацию экологических рисков.

Установка интерфейсов 6 ИС, предназначенных для приема данных мониторинга, на нефтегазодобывающей платформе 2, являющейся центральным узлом нефтегазового промысла, облегчает сбор данных системы обнаружения и мониторинга загрязнений.

Размещение плавучих КМ - 3 вне зоны действия лидаров 1, установленных на нефтегазодобывающей платформе 2, на расстоянии от нее, превышающем, по меньшей мере, 30 м, и предпочтительно составляющем 500-1000 м, обеспечивает надежный контроль большой акватории нефтегазового промысла.

Система обнаружения и мониторинга загрязнений морского нефтегазового промысла может содержать авиационный комплекс экологического мониторинга, включающий в себя флуоресцентный лидар или лидарный комплекс, размещаемый на борту авианосителя 11, предпочтительно вертолета, посадочной площадкой для которого оборудована нефтегазодобывающая платформа 2.

В этом варианте изобретения авиационный комплекс экологического мониторинга, размещаемый на борту авианосителя, в частности, на борту вертолета 11 дополнительно применяют для высокоскоростного мониторинга больших акваторий в случае аварийного разлива нефти. Для мониторинга водной поверхности эффективно применение флуоресцентных лидаров авиационного базирования с мощным импульсно-периодическим УФ-лазером. В ледовых условиях, поскольку нефть радиоактивна, возможно проведение мониторинга с использованием датчиков радиоактивности, в частности, при полете или зависании вертолета в непосредственной близости от поверхности льда. В авиационный комплекс мониторинга предпочтительно включена

аппаратура ИК и гиперспектральной съемки, которые могут быть эффективны, в том числе из-за наличия теплового контраста у нефтяного разлива.

В вариантах изобретения флуоресцентные лидары 1 или лидарные комплексы установлены на всех стационарных объектах морского нефтегазового промысла, при этом вблизи указанных стационарных объектов установлены плавучие КМ. Флуоресцентные лидары 1 или лидарные комплексы могут быть установлены на промежуточном плавучем нефтехранилище (не показано) в случае его использования при транспортировке нефти, при этом дополнительная сеть КМ установлена на удалении от промежуточного плавучего нефтехранилища. В варианте изобретения дополнительная сеть плавучих КМ 3 может быть установлена вдоль пути транспортировки нефти, в частности, вдоль трубопровода (не показано), при его использовании для транспортировки нефти не берег.

В этих вариантах изобретения производят мониторинг всех объектов нефтегазового промысла, например, входящих в него нескольких нефтегазодобывающих платформ, морских трубопроводов и промежуточных плавучих нефтехранилищ. При этом для мониторинга используют аналогично описанному выше дистанционные детекторы загрязнений, в частности, флуоресцентные лидары или лидарные комплексы, установленные на промежуточном плавучем нефтехранилище, используемом при транспортировке нефти, и дополнительную сеть плавучих КМ, установленных на удалении от промежуточного плавучего нефтехранилища. Также используют для обнаружения и мониторинга загрязнений часть сети плавучих или погружных КМ, установленных вдоль пути транспортировки нефти по трубопроводу (для упрощения не показано).

Все это обеспечивает высокую эффективность комплексной системы обнаружения и мониторинга загрязнений морского нефтегазового промысла.

В предпочтительных вариантах изобретения каждый плавучий КМ содержит следующий набор контактирующих с водой датчиков:

- датчики регистрации нефтегенных углеводородов;
- датчики, измеряющие радиоактивность, характеризующую, в частности, содержание в воде радионуклидов нефтегенного происхождения;
- датчик, измеряющий электропроводность, изменение которой характеризует, в частности, разлив нефти и пластовых вод с содержащимися в них металлами;
- датчики, регистрирующие данные о глубине погружения, скорости и направлении водных течений, необходимые при построении прогностических моделей переноса загрязнений;
- датчики, измеряющие показатели состояния вод, такие, как температура, содержание кислорода, кислотность, влияющие на физико-химическую трансформацию нефтегенных углеводородов.

В процессе работы системы мониторинга в каждом КМ часть датчиков регистрирует наличие нефтегенных углеводородов в составе нефти, или в составе природных выделений вненефтяного происхождения, или в составе нефтепродуктов. Предпочтительно, что один из датчиков для регистрации нефтегенных углеводородов работает на принципе УФ- флуориметрии, а другой - на принципе ИК-рассеяния. Измерения проводятся на достаточном удалении от поверхности воды, позволяющем

предохранить датчики от замазучивания в случае разлива нефти. Датчик, измеряющий радиоактивность, регистрирует радиоактивность нефти, пластовых вод и других источников радиоактивности. Кондуктометрический датчик измеряет электропроводность, изменение которой характеризует, в частности, разлив нефти и пластовых вод с содержащимися в них металлами, ионы которых увеличивают проводимость, причем у пластовых вод соленость и минерализация намного выше, чем те же показатели для моря. Одновременное изменение показаний указанных датчиков над фоновыми свидетельствует именно о наличии нефти, а не, в частности, продуктов ее переработки: бензина, мазута, солянки и т.д.

Часть датчиков КМ измеряет глубину погружения, скорость и направление водных течений, необходимые при построении прогностических моделей переноса загрязнений. Часть датчиков КМ измеряет показатели состояния вод, такие, как температура, содержание кислорода, кислотность, влияющие на физико-химическую трансформацию нефтегенных углеводородов. Таким образом, указанные контактные датчики КМ измеряют данные, необходимые при построении единой информационной системой прогностических моделей переноса и трансформации нефтегенных загрязнений.

В варианте изобретения, по меньшей мере, часть плавучих КМ снабжена дистанционными детекторами нефтяных загрязнений.

В одном из вариантов, описанном в патентной заявке РФ №2012110488, плавучий КМ содержит лидар, генерирующий излучение, по меньшей мере, в УФ-диапазоне. В этом варианте лидар размещен в водонепроницаемом контейнере, закрепленном на компактной плавающей платформе в виде катамарана с помощью подвеса, устраняющего влияние ветрового волнения на положение контейнера. Плавающая платформа и контейнер выполнены сводящими к минимуму фоновую засветку приемных каналов и зоны зондирования, а погруженная в воду часть плавающей платформы, крепящейся ко дну, выполнена проницаемой для водных течений. В этом варианте комплекса мониторинга погружной буй 5 с набором контактирующих с водой датчиков 4 скреплен с заякоренной плавающей платформой. Применение плавучих КМ в указанном виде позволяет с высокой надежностью обнаруживать, распознавать и идентифицировать загрязнения в местах установки комплекса контактными и дистанционными лидарными средствами регистрации загрязнений. Однако размещение дистанционного детектора загрязнений - лидара на плавающей платформе ограничивает возможности его применения в ледовый период, когда используется только погружной модуль КМ в виде буя с набором контактных датчиков.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления изобретения, по меньшей мере, часть плавучих КМ имеет размещенный внутри герметичного буя 5 компактный флуоресцентный лидар 12 (Фиг.2). При этом буй 5 имеет прозрачное для зондирующего и обратного излучения оптическое окно 13, снабженное чистящей щеткой 14 и экраном 15, сводящим к минимуму внешнюю засветку окна 13. Предпочтительно, что герметичный буй заполнен газом, отличным от воздуха.

В соответствии с примером осуществления изобретения (Фиг.2) погружной комплекс мониторинга содержит находящийся в погружном, в частности, в подледном положении герметичный буй 5 с набором контактирующих с водой датчиков 4а, 4б, 4с, 4д, 4е, измеряющих описанные выше физико-химические и гидрологические параметры воды.

Внутри герметичного буя 1 размещены программируемый контроллер 16 с системами 17, 18, 19 сбора, предварительной обработки и передачи, в частности, беспроводной передачи

данных, генерируемых контактирующими с водой датчиками 4a, 4b, 4c, 4d, 4e и определителем 20 текущего местоположения на удаленные интерфейсы 6 единой информационной системы. Система передачи данных выполнена, например, в виде модема 18 с антенной 19. Питание комплекса предпочтительно осуществляется от аккумуляторов 21. Предпочтительно, что буй снаружи снабжен поясом плавучести 22, рамой 23, тросом 24 для крепления ко дну и устройством 25, обеспечивающим инвариантность расстояния между окном буя и нижней поверхностью 26 льда.

Выполненный в предложенном виде комплекс мониторинга работает следующим образом. Пояс плавучести 22 и трос 24 для крепления ко дну обеспечивают размещение КМ в подводном положении, в частности, под нижней поверхностью 26 льда в месте проведения мониторинга. Рама 23 осуществляет несущую и защитную функции. В автономном режиме электропитание КМ осуществляется от аккумуляторов 21. Управление работой комплекса осуществляется с помощью программируемого контроллера 16.

Компактный флуоресцентный лидар 12 периодически зондирует воду через установленное на верхней части буя 5 оптическое окно 13, прозрачное для зондирующего и обратного излучения. В варианте изобретения зондирование производится пучком излучения, направленным по вертикали вверх. В качестве излучателя, генерирующего импульсное излучение, предпочтительно УФ-диапазона, может использоваться компактный твердотельный лазер, или лазерный диод, светодиод, или импульсная, в частности, ксеноновая лампа с оптическим УФ-фильтром. Вышедший в воду направленный пучок УФ-излучения вызывает обратное излучение (ОИ). В зависимости от типа системы регистрации ОИ количество приемных каналов лидара 12 может быть от двух до нескольких сотен. Для большей точности измерений непосредственно перед зондированием или сразу после него производится измерение сигнала фонового излучения, которое вычитается из сигнала обратного излучения, вызванного зондирующим импульсом. Предпочтительно производится нормировка измеряемого сигнала реперным сигналом. Нормированный спектр ОИ не зависит от колебаний лидара, вызванных волнением моря, загрязненности окна 11 и флуктуации мощности зондирующего излучения. Применение экрана 15 сводит к минимуму фоновую засветку приемного канала лидара 12, увеличивает отношение сигнал/ шум, повышает точность измерений и позволяет уменьшить габариты лидара 12. Все это обеспечивает избирательную регистрацию загрязнений, например, эмульгированной нефти или ее растворенной фракции по спектру флуоресценции. Для предотвращения загрязнения и биообрастания окна 13 для его конструктивных элементов используют специальные материалы, в частности, для металлических деталей - медь, а также покрытие наружной поверхности окна, предотвращающее его от загрязнения и осаждения масляных и нефтяных пленок, и щетку стеклоочистителя 14. В процессе работы окно лидара находится под поверхностью воды или льда, что обеспечивается тросом 24, а в ледовых условиях также устройством 25, которое может быть совмещено с рамой 23, обеспечивающим инвариантность расстояния между окном 13 буя 5 и поверхностью 26 льда. В результате даже при зондировании нефтяной пленки не происходит сильного загрязнения и замазучивания окна 13. Заполнение герметичного буя газом, отличным от воздуха, например, сухим азотом позволяет избежать запотевания окна 13. Все это обеспечивает долгосрочную стабильную работу подводного лидара и КМ в целом, практически не требующую обслуживания.

Одновременно с работой лидара 12 с помощью программируемого контроллера 16 с системой 17 сбора и предварительной обработки данных регистрируются показания набора контактирующих с водой датчиков 4a, 4b, 4c, 4d, 4e, которые измеряют физико-

химические и гидрологические параметры воды. В режиме, близком к режиму реального времени, система передачи данных, например, в виде модема 6 с антенной 7, передает данные, генерируемые лидаром 12, датчиками 4a, 4b, 4c, 4d, 4e и определителем 20 текущего местоположения на удаленный интерфейс 6 автоматизированной информационной системы.

При выполнении, по меньшей мере, части КМ в указанном виде обеспечивается надежный непрерывный контроль качества вод комплексом контактных и дистанционных средств регистрации гидрологических и физико-химических параметров качества воды, раннее обнаружение и распознавание различных типов загрязнений водной среды в районе размещения комплексов мониторинга.

Устройство 25, обеспечивающее инвариантность расстояния между окном 13 бую 5 и поверхностью 26 льда, которое выбирается оптимальным, позволяет надежно регистрировать с помощью лидара 12, как загрязнение в приповерхностной толще вод, так и поверхностную пленку нефти или нефтепродуктов.

В варианте изобретения оптическая система приемного канала лидара может быть выполнена таким образом, что ее поле зрения исключает ближнюю зону, прилегающую к окну 13, и сосредоточено вблизи поверхности, что обеспечивает уверенную регистрацию нефтяной пленки на поверхности воды, «невидимой» контактными датчиками.

В вариантах изобретения КМ снабжен кабель-тросом 27, по которому от источника энергоснабжения, размещенного, например, на нефтегазодобывающей платформе, осуществляется электропитание КМ и может производиться передача данных, что в некоторых случаях упрощает обслуживание КМ.

В варианте изобретения, по меньшей мере, часть КМ может быть размещена на беспилотных дистанционно-пилотируемых подводных платформах.

При этом дистанционно-пилотируемые платформы КМ осуществляют подо льдом перемещение КМ по акватории, что позволяет минимизировать количество КМ, обеспечивающих достаточную полноту информации о состоянии водного объекта.

Выполнение КМ в предложенном виде повышает функциональные возможности автоматизированной системы раннего обнаружения и мониторинга аварийных разливов нефти и газового конденсата в районе морского нефтегазового промысла.

Единая автоматизированная информационная система (ИС) осуществляет сбор, обработку и хранение данных, передаваемых на интерфейсы 6 ИС (Фиг. 1) сетью дистанционных детекторов 1 загрязнений и сетью плавучих КМ 3, строит карту параметров состояния вод в зоне нефтегазового промысла для текущего момента времени. Аналогично тому, как описано выше, единая автоматизированная ИС определяет превышения установленных порогов загрязнения и сигнализирует о них и местах их обнаружения, строит прогнозную модель распространения нефтяного загрязнения, производит оценку токсичности разлива и, в целом, предоставляет информацию для принятия управленческих решений в соответствии с экологической обстановкой, в частности, в виде сценария управляющих решений, направленных на минимизацию экологических рисков.

ПРОМЫШЛЕННАЯ ПРИМЕНИМОСТЬ

Таким образом, изобретение позволяет создать надежную систему раннего обнаружения аварийного разлива нефти на объектах морского нефтегазового промысла, которая обеспечивает оповещение персонала контролируемых объектов для принятия ими оперативных решений, позволяющих минимизировать выброс нефти в окружающую среду на начальной стадии аварийной ситуации, а также обеспечивает высокоэффективный мониторинг нефтяного разлива на стадии его ликвидации и контроль качества очистки как воды, так, в частности, льда и снега от нефтяного загрязнения.

Формула изобретения

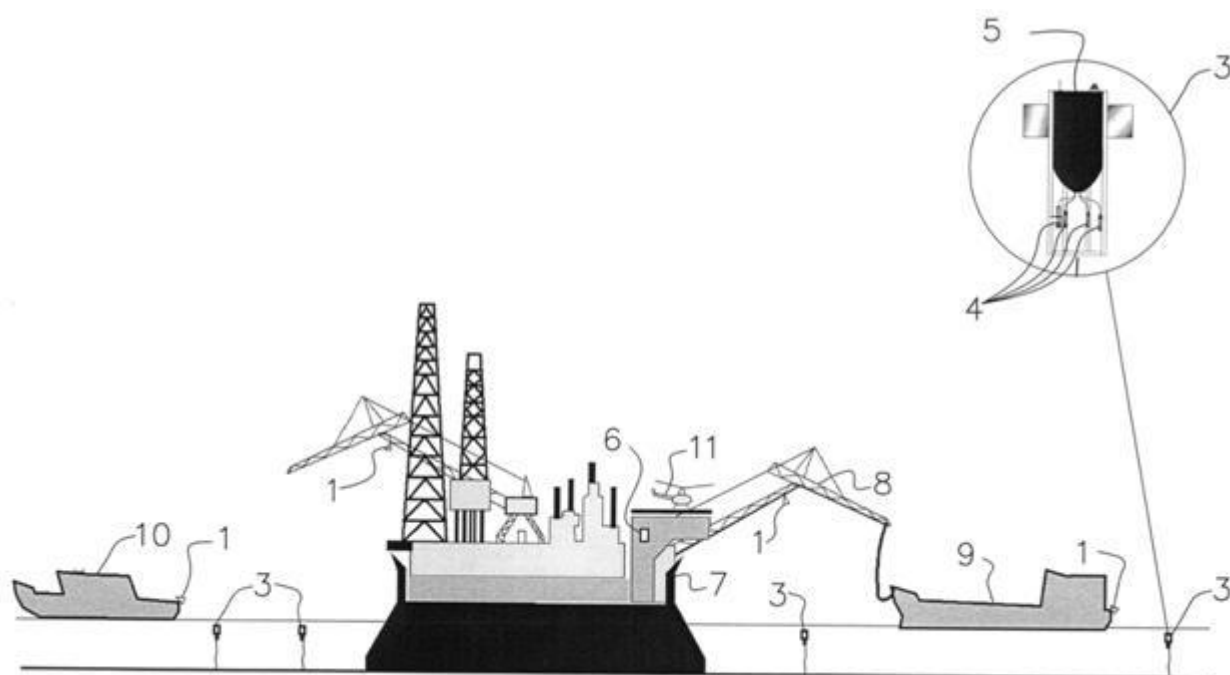
1. Система обнаружения и мониторинга загрязнений морского нефтегазового промысла, включающая в себя:
сеть дистанционных детекторов загрязнений, в частности, флуоресцентных лидаров, по меньшей мере, часть которых установлена на нефтегазодобывающей платформе;
сеть установленных на удалении от нефтегазодобывающей платформы автоматических плавучих комплексов мониторинга (КМ), каждый из которых содержит набор контактирующих с водой датчиков, включая датчики регистрации нефтяных углеводородов и датчики, измеряющие физико-химические и гидрологические параметры воды, и находящийся в плавающем или в погружном, в частности, в подледном положении герметичный буй, в котором размещены программируемый контроллер с системами сбора, предварительной обработки и передачи данных, генерируемых датчиками КМ; и
единую автоматизированную информационную систему (ИС) с функциями сбора, обработки и хранения данных, передаваемых на интерфейсы ИС дистанционными детекторами загрязнений и плавучими КМ.
2. Система обнаружения и мониторинга по п. 1, в которой флуоресцентные лидары или лидарные комплексы установлены на терминалах отгрузки нефти, в частности, на устройствах прямой отгрузки нефти на танкеры.
3. Система обнаружения и мониторинга по п. 1, в которой флуоресцентные лидары или лидарные комплексы установлены на танкерах, осуществляющих транспортировку нефти.
4. Система обнаружения и мониторинга по п. 1, в которой флуоресцентные лидары или лидарные комплексы установлены на каждом судне, обслуживающем морской нефтегазовый промысел, в частности, на ледокольном судне или судне, оборудованном для ликвидации последствий аварийных ситуаций.
5. Система обнаружения и мониторинга по п. 1, в которой флуоресцентные лидары или лидарные комплексы установлены на всех стационарных объектах морского нефтегазового промысла, при этом вблизи указанных стационарных объектов установлены плавучие КМ.
6. Система обнаружения и мониторинга по п. 1, содержащая флуоресцентные лидары или лидарные комплексы, установленные на промежуточном плавучем нефтехранилище, используемом при транспортировке нефти, а также плавучие КМ, установленные на удалении от промежуточного плавучего нефтехранилища.
7. Система обнаружения и мониторинга по п. 1, содержащая плавучие КМ, установленные вдоль пути транспортировки нефти, в частности, вдоль трубопровода, используемого для транспортировки нефти.

8. Система обнаружения и мониторинга по п.1, содержащая авиационный комплекс экологического мониторинга, размещаемый на борту авианосителя.
9. Система обнаружения и мониторинга по п.1, в которой интерфейсы ИС, предназначенные для приема данных мониторинга, размещены на нефтегазодобывающей платформе.
10. Система обнаружения и мониторинга по п.1, в которой автоматизированная ИС оснащена функциями определения превышения установленных порогов загрязнения и сигнализации о них, построения прогнозных моделей распространения загрязнения, оценки его токсичности и предоставления в чрезвычайной ситуации сценария управляющих решений, направленных на минимизацию экологических рисков.
11. Система обнаружения и мониторинга по п.1, в которой каждый плавучий КМ снабжен датчиками, измеряющими радиоактивность, характеризующую, в частности, содержание в воде радионуклидов нефтегенного происхождения.
12. Система обнаружения и мониторинга по п.1, в которой каждый плавучий КМ снабжен контактирующим с водой датчиком, измеряющим электропроводность, изменение которой характеризует, в частности, разлив нефти и пластовых вод с содержащимися в них металлами.
13. Система обнаружения и мониторинга по п.1, в которой каждый плавучий КМ снабжен датчиками, регистрирующими данные о глубине погружения, скорости и направлении водных течений, необходимые при построении прогностических моделей переноса загрязнений.
14. Система обнаружения и мониторинга по п.1, в которой каждый плавучий КМ снабжен датчиками, измеряющими показатели состояния вод, такие, как температура, содержание кислорода, кислотность, влияющие на физико-химическую трансформацию нефтегенных углеводородов.
15. Система обнаружения и мониторинга по п.1, в которой, по меньшей мере, часть плавучих КМ снабжена дистанционными детекторами в нефтяных загрязнениях, в частности флуоресцентными лидарами.
16. Система обнаружения и мониторинга по п.1, в которой, по меньшей мере, часть плавучих КМ имеет размещенный внутри герметичного буй компактный флуоресцентный лидар, при этом буй имеет прозрачное для зондирующего и обратного излучения оптическое окно, снабженное чистящей щеткой и экраном, сводящим к минимуму внешнюю засветку окна.
17. Система обнаружения и мониторинга по п.16, в которой окно размещено на верхней части буя.
18. Система обнаружения и мониторинга по п.1, в которой, по меньшей мере, у части плавучих КМ буй заполнен газом, отличным от воздуха.
19. Система обнаружения и мониторинга по п.1, в которой, по меньшей мере, у части плавучих КМ буй снабжен устройством, обеспечивающим инвариантность расстояния между буюм и поверхностью льда.

20. Система обнаружения и мониторинга по п.1, в которой, по меньшей мере, часть плавучих КМ имеет кабель-трос, обеспечивающий электропитание КМ и передачу данных.

21. Система обнаружения и мониторинга по п.1, в которой, по меньшей мере, часть КМ крепится ко дну.

22. Система обнаружения и мониторинга по п.1, в которой, по меньшей мере, часть КМ размещена на беспилотных дистанционно-пилотируемых подводных платформах.



Фиг. 1