



(51) МПК

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

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 27.12.2016)

Пошлина: учтена за 3 год с 27.08.2017 по 26.08.2018

(21)(22) Заявка: [2015135899/28](#), 26.08.2015(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
26.08.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.08.2015

(45) Опубликовано: [27.12.2016](#) Бюл. № [36](#)(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске:  
RU 2522821 C1, 20.07.2014. RU 2499248 C1, 20.11.2013. RU  
2499951 C1, 27.11.2013. FR2298088 A1, 13.08.1976.Адрес для переписки:  
115551, Москва, Шипиловский пр-д, 45, к. 1, кв. 117,  
Христофорову О.Б.(72) Автор(ы):  
Авандеева Ольга Петровна  
(RU),  
Баренбойм Григорий  
Матвеевич (RU),  
Борисов Владимир  
Михайлович (RU),  
Данилов-Данильян Виктор  
Иванович (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),  
Христофоров Олег  
Борисович (RU)(54) СИСТЕМА РАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ ТЕЧИ ПОДВОДНОГО  
НЕФТЕПРОВОДА

(57) Реферат:

Изобретение относится к устройствам для мониторинга подводных частей нефтепроводов и нефтепродуктопроводов в местах пересечения ими водных преград: рек, водохранилищ, озер и других водных объектов суши, с целью раннего обнаружения и установления местоположения утечек из подводной части нефтепровода; также может применяться для мониторинга морских нефтепроводов вблизи их выхода на сушу с той же целью. Заявленное устройство включает в себя комплекс мониторинга (КМ), предназначенный для обнаружения и контроля нефтяных загрязнений проб воды в установленной на берегу кювете, в которой проба воды автоматически обновляется посредством устройства забора воды с двумя или более входными портами, расположенными вдоль подводной части нефтепровода. Технический результат - непрерывное слежение за герметичностью трубопровода, раннее обнаружение протечек и снижение затрат на мониторинг подводных частей нефтепроводов и нефтепродуктопроводов в местах пересечения ими



## ПРЕДШЕСТВУЮЩИЙ УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

К методам и устройствам обнаружения аварии подводного нефтепровода и нефтепродуктопровода относятся средства мониторинга водной среды вдоль трассы подводного трубопровода. Из [1], в варианте реализации по п. 7, известна система обнаружения течи подводного морского нефтепровода с установленными вдоль нефтепровода автоматическими комплексами мониторинга (КМ), содержащими набор контактирующих с водой датчиков и находящихся в плавающем или в погружном, в частности, в подледном положении. Однако данная система мониторинга достаточно дорога для эксплуатации в местах пересечения нефтепродуктопроводов с водными преградами, количество которых в России составляет несколько тысяч.

Частично этого недостатка лишены стационарные посты дистанционного мониторинга, устанавливаемые на берегу, мостах, причалах и других сооружениях и использующие для регистрации нефтяных загрязнений отражение видимого или ИК-излучения от водной поверхности [2], либо УФ-индуцированную флуоресценцию приповерхностного слоя вод [3]. Дистанционные детекторы нефтяных загрязнений надежны, относительно дешевы, характеризуются компактностью и достаточно низкой стоимостью эксплуатации. Однако расстояние зондирования обычно не превышает 10 м, что ограничивает возможности их применения для обнаружения течи на протяженных объектах, таких как подводные нефтепроводы.

Мониторинг на протяженных акваториях возможен при использовании в качестве носителей плавучей платформы [4]. Размещаемый на ней комплекс экологического мониторинга, включающий помимо дистанционного детектора загрязнений погружной модуль с набором контактирующих с водой датчиков, позволяет автоматически получать и обрабатывать широкий набор данных о качестве поверхностных вод. Однако плавучие платформы с комплексом мониторинга не предназначены для использования в ледовых условиях.

Частично от этого недостатка свободны устройство и способ [5] для определения нефтяных загрязнений воды вблизи подводного нефтепровода посредством измерения оптических и гидрологических характеристик морской среды с помощью флуориметра и акустического доплеровского профилографа течений, размещенных на беспилотном подводном аппарате. В процессе мониторинга измеряют акустические характеристики донных осадков и при их нетипичном для данной акватории характере выполняют маневрирование подводного аппарата и проводят флуориметром контрольные измерения содержания нефтехимических примесей в придонном слое в месте расположения нефтепровода. Техническим результатом является возможность повысить надежность обнаружения слабоинтенсивных утечек из подводного морского нефтепровода.

Однако указанное устройство дорого и малоэффективно для применения в местах пересечения трубопроводов с водными преградами в виде рек, водохранилищ и озер. Здесь и далее под трубопроводом понимается нефтепровод или нефтепродуктопровод.

## РАСКРЫТИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

В основу изобретения положена задача контроля водной среды вдоль трассы подводного нефтепродуктопровода посредством одного надежного и относительно недорогого стационарного комплекса мониторинга.

Выполнение поставленной задачи реализуется с помощью предлагаемой системы раннего обнаружения течи подводного нефтепровода, включающей в себя комплекс мониторинга (КМ), предназначенный для обнаружения и контроля нефтяных загрязнений проб воды в установленной на берегу кювете, в которой проба воды автоматически обновляется посредством устройства забора воды с двумя или более входными портами, расположенными вдоль подводной части нефтепровода.

Предпочтительно комплекс обнаружения нефтяных загрязнений содержит дистанционный детектор нефтяных загрязнений, например компактный флуоресцентный лидар и/или ИК-лидар, зондирующий поверхность воды в кювете.

Предпочтительно КМ выполнен сводящим к минимуму фоновую засветку зоны зондирования и приемного канала дистанционного детектора нефтяных загрязнений.

Предпочтительно дистанционный детектор нефтяных загрязнений расположен на малом, предпочтительно не превышающем 1,5 м, расстоянии от водной поверхности.

В вариантах реализации изобретения КМ содержит по меньшей мере один контактирующий с водой детектор нефтяных загрязнений.

Предпочтительно КМ выполнен с функциями сбора, обработки, хранения и отображения данных, их передачи на удаленные интерфейсы КМ, а также с функциями определения превышения установленных порогов загрязнения и сигнализации о них.

Предпочтительно устройство забора воды имеет входные порты, расположенные вниз по течению от подводной части нефтепровода.

Предпочтительно КМ, кювета и часть устройства забора воды размещены в обогреваемом контейнере или помещении, оснащенный устройством термоконтроля.

Техническим результатом изобретения являются непрерывное или с оптимальной периодичностью слежение за герметичностью трубопровода, раннее обнаружение протечек и снижение затрат на мониторинг подводных частей нефтепроводов и нефтепродуктопроводов в местах пересечения ими водных преград.

Указанный технический результат, обеспечиваемый приведенной совокупностью признаков заявляемого объекта, реализуется за счет следующих факторов:

- возможность проведения мониторинга подводного нефтепровода одним стационарным КМ за счет забора проб воды из нескольких областей вдоль него, в том числе в ледовых условиях,

- обеспечение автономной долгосрочной стабильной работы устройства, практически не требующей обслуживания, в том числе благодаря использованию не подверженного загрязнению дистанционного детектора предпочтительно в виде компактного флуоресцентного лидара и/или ИК-лидара,

- обеспечение при малой мощности излучателя высокой чувствительности дистанционного детектора, поскольку его излучатель и система регистрации обратного излучения расположены предельно близко к зондируемому объекту - поверхности воды в кювете, а фоновая засветка зоны зондирования и приемного канала дистанционного детектора нефтяных загрязнений сведена к минимуму,

- надежность комплексного обнаружения и измерения нефтегенных загрязнений комплексом мониторинга, включающим как дистанционный детектор, так и контактные датчики,

- 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.

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

Существо изобретений поясняется прилагаемым чертежом, на котором представлено схематичное изображение системы раннего обнаружения течи подводного нефтепровода в соответствии с настоящим изобретением.

Данный чертеж не охватывает и, тем более, не ограничивает весь объем вариантов реализации данного технического решения, а является лишь иллюстрирующим материалом частных случаев его выполнения.

## ВАРИАНТЫ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

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

В соответствии с примером осуществления изобретения система раннего обнаружения течи подводного нефтепровода включает в себя комплекс мониторинга (КМ) 1, предназначенный для обнаружения нефтяных загрязнений проб воды 2 в установленной на берегу кювете 3, в которой проба воды 2 автоматически обновляется посредством устройства 4 забора воды с двумя или более входными портами 5, расположенными вдоль подводной части нефтепровода 6.

В варианте изобретения устройство 4 забора проб воды содержит трубку 7 с входными портами 5, насос или насосную станцию 8, систему клапанов и автоматический блок управления, не показанные на чертеже для упрощения. Клапаны предназначены для отключения подачи воды при наполнении кюветы 3 до заданного уровня и для ее автоматического слива перед напуском очередной пробы воды 2. Трубка с входными портами 5 может крепиться ко дну рядом с подводной частью нефтепровода 6 или на прижимной плите подводной части нефтепровода, если таковая имеется, или на стойках крепления подводной части нефтепровода. При этом входные порты на трубке могут быть разного диаметра, увеличивающегося с удалением от кюветы 3.

При выполнении в указанном виде система раннего обнаружения течи подводного нефтепровода работоспособна и надежна при использовании одного стационарного КМ за счет забора проб воды из нескольких областей вдоль подводной части нефтепровода, что снижает затраты на мониторинг подводных частей нефтепроводов и нефтепродуктопроводов в местах пересечения ими водных преград.

В вариантах реализации изобретения кювета 3 может быть выполнена с непрерывным протоком пробы воды 2. Для этого она выполняется герметичной, имеющей по меньшей мере часть, прозрачную для зондирующего излучения дистанционного детектора нефтяных загрязнений и регистрируемого им обратного излучения.

Комплекс обнаружения нефтяных загрязнений предпочтительно содержит дистанционный детектор 9 нефтяных загрязнений, например, в виде компактного флуоресцентного лидара и/или ИК-лидара, зондирующего поверхность воды 2 в кювете 3 лучом 10 и регистрирующего сигнал обратного излучения 11. Это обеспечивает автономную долгосрочную стабильную работу КМ, практически не требующую обслуживания, в том числе, благодаря использованию не подверженного загрязнению дистанционного датчика в виде флуоресцентного лидара и/или ИК-лидара.

В предпочтительных вариантах реализации изобретения КМ 1 выполнен сводящим к минимуму фоновую засветку зоны зондирования и приемного канала дистанционного детектора 8 нефтяных загрязнений, например, за счет размещения в светонепроницаемом кожухе 12 с окном для вывода зондирующего луча 10 и приема обратного излучения 11. Также предпочтительно, что дистанционный детектор 9 нефтяных загрязнений расположен на малом, предпочтительно не превышающем 1,5 м, расстоянии от поверхности воды 2 в кювете 3. Все это обеспечивает возможность применения дистанционного детектора простой и дешевой конструкции.

В вариантах реализации изобретения КМ содержит по меньшей мере один контактирующий с водой детектор 13 нефтяных загрязнений, например флуоресцентный погружной датчик и/или флуориметр. Кроме этого, КМ 1 может быть оснащен датчиками для измерения других параметров вод, таких как pH, Eh, O<sub>2</sub>, t°C, мутность и др. При этом за счет комплексных измерений как дистанционным детектором, так и контактными датчиками, обеспечивается надежность обнаружения нефтегенных загрязнений в пробах воды.

Для работы в автоматическом режиме и минимизации последствий аварийной ситуации, КМ 1 выполнен с функциями сбора, обработки, хранения и отображения данных, а также с функциями определения превышения установленных порогов загрязнения и сигнализации о них с помощью беспроводной передачи данных. С этой целью КМ 1 оснащен программируемым контроллером 14, который также обеспечивает синхронизацию работы КМ 1 с устройством 4 забора воды.

Для повышения чувствительности системы раннего обнаружения течи подводного нефтепровода, устройство забора воды 4 предпочтительно имеет входные порты 5, расположенные вниз по течению от подводной части нефтепровода 6. На Фиг. 1 направление течения водного объекта 15 указано стрелкой 16.

Предпочтительно, что КМ 1 и часть устройства 4 забора воды размещены в обогреваемом контейнере 17 либо помещении, оснащенном устройством термоконтроля для обеспечения температуры в заданном диапазоне, например не ниже 0°C.

В вариантах реализации изобретения предусматривается замена или чистка кюветы, а также замена или выполнение устройства забора воды с функцией прогона в обратном направлении промывочной жидкости для его чистки после принятия мер по ликвидации разлива нефти на его ранней стадии, о которых сигнализировал КМ.

Выполненная в предложенном виде система раннего обнаружения течи подводного нефтепровода или нефтепродуктопровода функционирует следующим образом. Посредством устройства 4 забора воды автоматически осуществляют слив пробы воды 2 из стационарно размещенной на берегу кюветы 3 и с заданным интервалом осуществляют подачу следующей пробы воды 2 в кювету 3. Пробу воды 2 подают посредством насоса или насосной станции 8 из областей вблизи подводной части нефтепровода или

нефтепродуктопровода 6 через расположенные вдоль него два или более входных порта 5 устройства 4 забора воды. Удаленность от трубопровода 6 входных портов 5, расположенных, например, на общей трубке 7, частота их расположения и количество выбираются оптимальными для определения утечки нефти или нефтепродукта из любого места подводной части трубопровода 6. В предпочтительных вариантах изобретения количество  $n$  входных портов 5, расположенных вдоль трубопровода 6 длиной  $L$  на расстоянии  $d$  от него удовлетворяет соотношению:  $n \leq L/d$ . Через входные порты 5 осуществляют забор пробы воды 2 предпочтительно из области водного объекта 15, расположенной вниз по течению 16 от подводной части трубопровода 6. При наполнении кюветы 3 до заданного уровня подача воды прекращается с помощью системы клапанов и автоматического блока управления устройства 4 забора воды, не показанных на чертеже.

С помощью КМ 1, оснащенного программируемым контроллером 14, в автоматическом режиме производят измерения качества пробы воды 2, осуществляют сбор, обработку и хранение полученных данных, периодически передаваемых на удаленные интерфейсы КМ 1. Повторяют циклы работы системы. В случае превышения установленных порогов нефтяного загрязнения в пробе воды сигнализирует о них, предоставляя информацию для принятия управленческих решений, направленных на минимизацию экологических рисков.

Обнаружение нефтяных загрязнений в пробах воды 2 предпочтительно осуществляют с помощью не подверженного загрязнению дистанционного детектора 9 нефтяных загрязнений, выполненного, например, в виде компактного флуоресцентного лидара и/или ИК-лидара, что обеспечивает автономную долгосрочную стабильную работу КМ 1. В качестве излучателя, предпочтительно генерирующего импульсное излучение УФ-диапазона для зондирования поверхности пробы воды 2 в кювете 3, может использоваться компактный твердотельный лазер с генерацией высшей гармоники или лазерный диод, светодиод, или импульсная, в частности, ксеноновая лампа с оптическим УФ-фильтром. Направленный в воду пучок 10 УФ-излучения вызывает обратное излучение (ОИ) 11. В зависимости от типа устройства регистрации ОИ количество приемных каналов дистанционного детектора 9 нефтяных загрязнений может быть от нескольких единиц до нескольких сотен.

При зондировании УФ-излучением для большей точности измерений непосредственно перед зондированием или сразу после него производится измерение сигнала фонового излучения (при отсутствии зондирующего импульса). Сигнал фонового излучения вычитается из сигнала обратного излучения, вызванного зондирующим импульсом. Предпочтительно производится нормировка измеряемого сигнала реперным сигналом, предпочтительно сигналом ОИ на длине волны комбинационного рассеяния воды. При этом нормированный спектр ОИ не зависит от вариации мощности зондирующего излучения. Для зондирования предпочтительно используют поляризованное излучение, что облегчает выделение реперного сигнала при очень больших фоновых загрязнениях воды растворенными органическими веществами, не относящимися к нефтегенным. Регистрацию обратного излучения предпочтительно производят для двух различных поляризаций, что позволяет, в частности, избирательно, по сравнению с другими флуоресцирующими веществами, обнаруживать тяжелые нефтяные фракции, индуцированное флуоресцентное излучение которых также поляризовано, благодаря высокой вязкости. Все это обеспечивает регистрацию нефтяных загрязнений, например, эмульгированной нефти и/или ее растворенной фракции или пленочной фракции по спектру флуоресценции.

Наряду с УФ-излучением или вместо него может использоваться видимое или ИК зондирующее излучение. При этом сигнал ОИ на длине волны зондирующего излучения сильно зависит от наличия на воде пленки нефтепродуктов из-за резкого различия коэффициентов отражения света для нефтепродуктов и воды. Это позволяет регистрировать нефтяные загрязнения в виде пленки на поверхности пробы воды простым недорогим дистанционным детектором с одним приемным каналом.

Выполнение КМ 1, сводящим к минимуму фоновую засветку зоны зондирования и приемного канала дистанционного детектора 9 нефтяных загрязнений, увеличивает отношение сигнал/ шум, повышает точность измерений, позволяет упростить дистанционный детектор 9 нефтяных загрязнений.

Зондирование проб воды 2 осуществляют дистанционным детектором 9 нефтяных загрязнений, расположенным на малом, предпочтительно не превышающем 1,5 м, расстоянии от поверхности воды 2 в кювете 3. Это упрощает дистанционный детектор и удешевляет его.

В предпочтительных вариантах изобретения одновременно с дистанционной регистрацией качества проб воды с помощью программируемого контроллера 1 регистрируются показания набора контактирующих с водой датчиков 13, предназначенных для измерения нефтяных загрязнений, а также физико-химических и гидрологических параметров воды, таких как рН, Eh, O<sub>2</sub>, t°C, мутность и др. При этом за счет комплексных измерений как дистанционным детектором, так и контактными датчиками, обеспечивается надежность обнаружения нефтегенных загрязнений в пробах воды.

В автономном режиме электропитание системы раннего обнаружения течи подводного нефтепровода осуществляется от сети и/или аккумуляторов. Управление работой системы в целом осуществляется с помощью программируемого контроллера 14.

Предпочтительно, что КМ 1 и часть устройства 4 забора воды размещены в контейнере или помещении 17, обогреваемом в ледовых условиях. Это позволяет осуществлять круглогодичный мониторинг, в том числе, в арктической зоне.

Таким образом, предложенное изобретение обеспечивает непрерывное или с оптимальной периодичностью слежение за герметичностью трубопровода, раннее обнаружение протечек и снижение затрат на мониторинг подводных частей нефтепроводов и нефтепродуктопроводов в местах пересечения ими водных преград.

## ПРОМЫШЛЕННАЯ ПРИМЕНИМОСТЬ

Предложенное изобретение предназначено для использования в области транспортировки нефти или нефтепродуктов и касается вопросов контроля состояния подводных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов, а более конкретно - раннего обнаружения утечек при их разгерметизации.

## ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ

1. Патент РФ 2522821. «Система обнаружения и мониторинга загрязнений морского нефтегазового промысла». Опубл. 14.05.2014.

2. 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.

3. LDI Remote Oil Watcher (ROW) - <http://www.1di.ee/index.php?main=400>.

4. Патент РФ 2499248. «Комплекс экологического мониторинга водных объектов». Опубл. 20.11.2013.

1. Патент РФ 2499951. «Способ обнаружения слабоинтенсивных утечек из подводных нефтепроводов мобильным подводным измерительным комплексом». Опубл. 27.11.2013.

#### Формула изобретения

1. Система раннего обнаружения течи подводного нефтепровода или нефтепродуктопровода, включающая в себя комплекс мониторинга (КМ), предназначенный для обнаружения и контроля нефтяных загрязнений проб воды в установленной на берегу кювете, в которой проба воды автоматически обновляется посредством устройства забора воды с двумя или более входными портами, расположенными вдоль подводной части нефтепровода.

2. Устройство по п. 1, в котором КМ содержит дистанционный детектор нефтяных загрязнений, например флуоресцентный лидар и/или ИК-лидар, зондирующий поверхность воды в кювете.

3. Устройство по п. 2, в котором КМ выполнен сводящим к минимуму фоновую засветку зоны зондирования и приемного канала дистанционного детектора нефтяных загрязнений.

4. Устройство по п. 2, в котором дистанционный детектор нефтяных загрязнений расположен на малом, предпочтительно не превышающем 1,5 м, расстоянии от водной поверхности.

5. Устройство по п. 1, в котором КМ содержит по меньшей мере один контактирующий с водой детектор нефтяных загрязнений.

6. Устройство по п. 1, в котором КМ выполнен с функциями сбора, обработки, хранения и отображения данных, их передачи на удаленные интерфейсы КМ, а также с функциями определения превышения установленных порогов загрязнения и сигнализации о них.

7. Устройство по п. 1, в котором КМ, кювета и часть устройства забора воды размещены в обогреваемом контейнере или помещении, оснащенный устройством термоконтроля.

8. Устройство по п. 1, в котором устройство забора воды имеет входные порты, расположенные вниз по течению от подводной части нефтепровода или нефтепродуктопровода.

