

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **4679**

(13) **С1**

(51)⁷ **Е 02В 15/04**

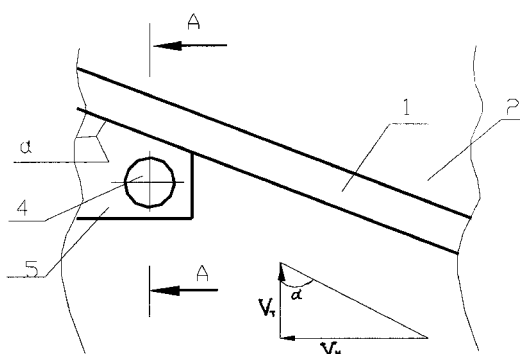
(54) **СПОСОБ СБОРА НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ С ПОВЕРХНОСТИ
ВОДОТОКОВ, ПОКРЫТЫХ ЛЬДОМ**

(21) Номер заявки: а 19980517
(22) 1998.05.27
(46) 2002.09.30

(71) Заявитель: Полоцкий государственный университет (ВУ)
(72) Авторы: Липский В.К.; Савенок В.Е.; Коваленко П.В. (ВУ)
(73) Патентообладатель: Полоцкий государственный университет (ВУ)

(56)
ВУ 960317 А, 1997, SU 1765292 А1, 1992, SU 1807166 А1, 1993, RU 2107127 С1, 1998, RU 2104367 С1, 1998, US 4431339 А, 1984, US 4039454 А, 1977, GB 2007747 А, 1979.

(57)
Способ сбора нефтяных загрязнений с поверхности водотоков, покрытых льдом, включающий изготовление во льду вспомогательной лунки, формирование уступа в слое льда высотой ниже верхнего уровня ледяного покрова, выполнение основной лунки в уступе и откачку нефтяных загрязнений, **отличающийся** тем, что прорезают щель по всей ширине водотока под углом к направлению течения водотока на глубину меньшую толщины льда, оставляя тонкую перемычку, уступ формируют в области вершины этого угла впереди щели, улавливают нефтяные загрязнения с помощью бонового заграждения, в качестве которого используют слой льда, намерзший на нижнюю поверхность перемычки, основную лунку выполняют к моменту подхода нефтяных загрязнений к боновому заграждению, определяемому с помощью вспомогательной лунки, а откачку производят из щели, в которую из основной лунки истекают нефтяные загрязнения, поступающие из-под льда.



Фиг. 1

Изобретение относится к области экологии и может быть использовано для улавливания и удаления нефтяных загрязнений из-под ледяного покрова.

Известен способ локализации и сбора нефтяных загрязнений с поверхности воды, покрытой льдом [1]. Опорная плита с размещенными на ней двухбарабанной лебедкой и приводом устанавливается на ледяном покрове. Намотанное на барабаны боновое заграждение, состоящее из двух эластичных полотен с поплавковыми камерами, на концах которых закреплены магнитные челноки, разматывают и пропускают под лед, где оно огибает вертикальные роликовые направляющие, закрепленные во льду по контуру нефтяного пятна. Включают привод лебедки, передающий вращение на барабаны, который будет наматывать боновое заграж-

ВУ 4679 С1

дение, вытаскивая его из проруби, при этом, перемещая электромагниты по поверхности льда, осуществляют перемещение ветвей бонового заграждения в нужном направлении, в результате чего нефтяное пятно локализуется и подтягивается к проруби, где оно откачивается насосом через нефтеприемник в емкость-накопитель.

Устройства, работающие с использованием данного способа, представляют собой технически сложную, энергоемкую конструкцию. К недостаткам данного способа могут быть отнесены сравнительно небольшая площадь локализации нефтяного пятна, неэффективность его применения на водотоках, а также то, что при больших толщинах льда электромагниты не обеспечивают перемещение бонов подо льдом.

Наиболее близким к заявляемому является способ сбора нефтяных загрязнений с поверхности водных объектов, покрытых льдом [2]. Способ заключается в измерении толщины льда и скорости течения в водоеме, для чего изготавливают вспомогательную лунку, затем формируют уступ в слое льда высотой ниже верхнего уровня ледяного покрова, вокруг соска выполняют воронку, пробивают основную лунку и после заполнения воронки жидкостью из-под льда опускают конец шланга насосного оборудования в воронку и откачивают нефтяные загрязнения.

Использование данного способа позволяет осуществлять только сбор нефтяных загрязнений, поэтому если на водоемах с неподвижной водой применение его дает определенный эффект, то на водотоках способ может применяться только в сочетании с устройствами, обеспечивающими улавливание и локализацию нефтяных загрязнений. Недостатком данного способа является также сравнительно небольшая площадь сбора нефтяных загрязнений, что не позволяет его использовать для предотвращения дальнейшего распространения аварийного разлива нефти, особенно на водотоках.

Задачей предложенного нами способа является снижение экологической катастрофы при крупных авариях в процессе добычи и транспортировки нефти, сопровождающихся нефтяным загрязнением водных объектов, а также повышение эффективности улавливания и сбора нефтяных загрязнений с поверхности водотоков, покрытых льдом, за счет простого технического решения, позволяющего не только улавливать, но и извлекать нефтяные загрязнения из-под ледяного покрова водоема, с последующим их сбором с помощью нефтесборного оборудования.

Поставленная задача решается тем, что в способе сбора нефтяных загрязнений с поверхности водотоков, покрытых льдом, включающем изготовление во льду вспомогательной лунки, формирование уступа в слое льда высотой ниже верхнего уровня ледяного покрова, выполнение основной лунки в уступе и откачку нефтяных загрязнений, в отличие от прототипа щель прорезают по всей ширине водотока под углом к направлению течения водотока на глубину меньшую толщины льда, оставляя тонкую перемычку, а в области вершины угла, образованного щелью и берегом, впереди щели, формируют уступ в слое льда. Улавливание нефтяных загрязнений осуществляют с помощью бонового заграждения (естественный бон), в качестве которого используют слой льда, намерзший на нижнюю поверхность перемычки, основную лунку выполняют в уступе к моменту достижения нефтяными загрязнениями бокового заграждения, определяемому с помощью вспомогательной лунки. Откачивание нефтяных загрязнений производят из щели с помощью насосного оборудования, в которую из основной лунки истекают нефтяные загрязнения, поступающие из-под льда.

Кроме того, что вспомогательная лунка играет роль контрольной, позволяющей определить точный момент появления нефтяного загрязнения около естественного бона, ее используют также для определения толщины льда и, следовательно, глубины прорезания щели, скорости течения водотока (если не была известна заранее). Уступ в слое льда изготавливают ниже верхнего уровня ледяного покрова впереди щели, относительно направления течения, таким образом, чтобы обеспечивался напор жидкости, вытекающей из лунки (изготавливается при достижении нефтяными загрязнениями естественного бона), определяемый глубиной уступа - H . При выборе глубины уступа H , которая определяет напор истечения жидкости (нефтяных загрязнений) из лунки, следует учесть, что скорость истечения жидкости (нефтяных загрязнений) из лунки - V_H должна быть меньше или равной скорости течения воды в водотоке - V_T , т.е. $V_H = \sqrt{2gH} \leq V_T$ - это является необходимым условием неразрывности нефтяной пленки, что повышает качество сбора нефтяных загрязнений. Исходя из этого условия, т.е. поддерживая постоянным напор H и варьируя диаметром лунки уступа, либо изготавливая несколько лунок в уступе, добиваются требуемого расхода истечения уловленной нефти из лунки в нефтеприемник - роль которого играет щель, соответствующего количеству прибывающих и улавливаемых естественным боном нефтяных загрязнений.

При расположении бонового заграждения необходимо учитывать, что при скорости течения водотока более 0,3 м/с наблюдается значительный унос (турбулентное истечение жидкости под боновым - заграждением) уловленной нефти, что делает применение бонового заграждения малоэффективным. Поэтому, исходя из условия, что скорость перемещения улавливаемого нефтяного загрязнения к месту сбора (берегу) - V нефти не должна превышать 0,3 м/с, можно определить угол α расположения бонового заграждения по отношению к направлению течения водотока, имеющего скорость течения 0,3 м/с и более [3]:

ВУ 4679 С1

$$\operatorname{tg}\alpha = V_H/V_T, \quad (1)$$

где V_H - желаемая скорость перемещения нефти (0,3 м/с);

V_T - скорость течения водотока.

Кроме того, расположение бонового заграждения под углом, позволяет сконцентрировать нефтяное пятно в одном месте у берега (вершина угла), что облегчает ее последующее извлечение из-под льда и сбор нефтесборными устройствами. Улавливание нефтяных загрязнений в сочетании с одновременным сбором избавляет от необходимости изготовления дополнительного числа рядов естественных бонов. В таблице представлена зависимость угла расположения бонового заграждения от скорости течения водотока.

V теч., м/с	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
α , °	45	37	31	26,5	23	20,5	18,5	17

На фиг. 1 представлена схема расположения естественного бона на водотоке, вид сверху; на фиг. 2 - поперечный разрез сформировавшегося естественного бона (разрез А-А на фиг. 1).

Под углом α (фиг. 1) изготавливают щель 1 в ледяном покрове 2, по всей ширине водотока на глубину меньшую толщины льда, оставляя тонкую перемычку.

Естественный бон 3 (фиг. 2), образуется под нижней поверхностью перемычки за счет намерзшего слоя льда. Сформировавшийся естественный бон 3 улавливает нефтяное загрязнение, а через лунку 4, изготовленную в уступе льда 5, происходит его самотечное истечение в полость щели 1, играющую роль нефтеприемника, откуда оно затем откачивается с помощью насосного оборудования.

Согласно формуле Стефана, скорость нарастания льда определяется:

$$h = c \cdot \sqrt{R} \quad (2)$$

где: h - толщина намерзшего льда, см;

R - сумма среднесуточных отрицательных температур, С;

c - постоянный коэффициент (находится в интервале 3÷5).

Поэтому, зная скорость течения воды в водотоке и среднесуточную температуру окружающего воздуха в районе аварии (используя данные местного метеопоста), можно определить на каком расстоянии и под каким углом будет эффективно изготовление естественного бона.

Среднесуточный температурный диапазон окружающего воздуха, при котором применим способ, от -5°C и ниже (нижняя граница не ограничена). Предлагаемый способ может быть реализован на любом водотоке, покрытом льдом, с толщиной льда более 100 мм. Толщина льда определяется из условия безопасности проведения работ.

Заявленный способ отличается низкой энергоемкостью и технической простотой, т.к. для его реализации необходимо только ручное или механическое устройство для прорезания щели во льду и разделывания льда. Способ может быть использован как дополнительный, в сочетании с другими известными способами, для гарантированного предотвращения дальнейшего распространения нефтяных загрязнений в другие регионы страны.

Известно, что скорость течения большинства рек Беларуси и средней полосы России находится в пределах 0,3-1,0 м/с, а среднесуточный температурный диапазон для зимних месяцев в этом регионе, как правило, находится в пределах -5°C ÷ -15°C . В соответствии с этими гидрометеоданными можно рекомендовать примерное расстояние от места аварии, на котором могут изготавливаться естественные боны на реках Беларуси и средней полосы России - 50-100 км.

Например, при практической реализации данного способа на реке Западная Двина в районе г. Новополюцка расчетным путем определяем рекомендуемое расстояние, на котором может изготавливаться естественный бон для предотвращения дальнейшего распространения нефтяного загрязнения вниз по течению реки:

в контрольном месте средняя скорость течения реки - $V_T = 0,65$ м/с;

среднесуточная температура в третьей декаде февраля 1998 г. составила -8°C .

Исходя из этих данных, определяли скорость нарастания льда по формуле (1), при этом для Западной Двины $c \approx 3,5$.

$h = 3,5 \cdot \sqrt{8} \approx 10$ см (0,1 м) - толщина льда выросшего за сутки под нижней поверхностью траншеи.

А максимальное расстояние (при отсутствии сплошного ледяного покрова), которое может преодолеть нефтяное загрязнение от места аварии за сутки:

$$S = V_T \cdot 24 = 2,340 \cdot 24 = 56 \text{ км}$$

где V_T - скорость течения реки км/ч ($V_T = 0,65 \cdot 3600/1000 = 2,340$ км/ч).

Таким образом, рекомендуемое расстояние, на котором можно применять данный способ улавливания и сбора нефтяных загрязнений, 60 км - вниз по течению реки З. Двина от места аварии (выполняется условие $60 \text{ км} > 56 \text{ км}$), а угол изготовления естественного бона будет примерно 26° при данной скорости течения реки, что позволит избежать унос улавливаемой нефти из-под него.

ВУ 4679 С1

Оценка эффективности данного способа в реальных условиях затруднена - в реку З. Двина необходимо было бы вылить десятки тонн нефти, что привело бы к нарушению экологического баланса целого региона. Поэтому на лабораторной установке смоделирована рассмотренная выше ситуация. В лотке устанавливалась скорость течения $V = 0,5$ м/с, при этом бон, опущенный на глубину 100 мм (0,1 м), при ширине лотка 250 мм (0,25 м) удерживал скопление нефти объемом $V = 0,01$ м³. Тогда, исходя из теории подобия, при ширине реки $D = 150$ м и глубине погружения бона 0,1 м, по нашим расчетам улавливается и удерживается нефтяное загрязнение объемом до 6 м³ без учета явления уноса нефти. А для того, чтобы избежать унос улавливаемой нефти из-под бона, необходимо, с учетом формулы (1), изготавливать его под углом 31°.

Значимость данного способа возрастает при крупных авариях, когда не хватает технических средств для быстрой локализации и сбора большого количества нефти, непосредственно в месте аварии.

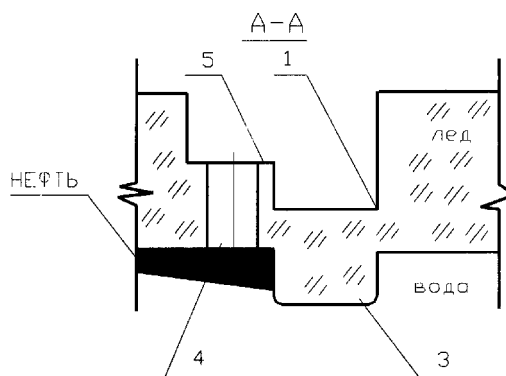
В северных регионах и при низких отрицательных температурах эффективность способа возрастает за счет увеличения скорости намерзания льда при низких температурах.

Источники информации:

1. SU 1765292 A1, МПК E02B 15/04, 1992.

2. ВУ 3849, 2001 (прототип).

3. Парколе Ж. Подход к расчетам набора средств для ликвидации разливов нефти на реках //Трубопроводный транспорт нефти. - 1996. - № 8 - С. 42-43.



Фиг. 2