

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 201991326 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2020.01.17

(22) Дата подачи заявки  
2017.12.07

(51) Int. Cl. *B01D 17/04* (2006.01)  
*B01D 17/00* (2006.01)  
*B01D 39/10* (2006.01)  
*B07B 1/46* (2006.01)  
*C10G 33/06* (2006.01)  
*D03D 15/00* (2006.01)

(54) СИТО С ПОКРЫТИЕМ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ, В ЧАСТНОСТИ, ДЛЯ СЕПАРАЦИИ ВОДЫ ОТ НЕФТИ

(31) 16204698.1

(32) 2016.12.16

(33) EP

(86) PCT/EP2017/081878

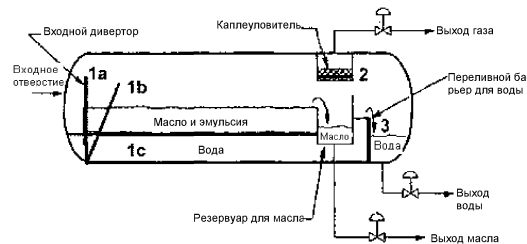
(87) WO 2018/108700 2018.06.21

(71) Заявитель:  
БАСФ СЕ (DE)

(72) Изобретатель:  
Флайшхакер Фридерикэ, Чой Сунг  
Еун, Бергнер Кай, Рунк Штефани,  
Возилус Арон (DE)

(74) Представитель:  
Беляева Е.Н. (BY)

(57) Настоящее изобретение относится к способу сепарации жидкой смеси, содержащей воду и гидрофобную жидкость, в частности к способу сепарации воды от нефти, включающему этап контактирования жидкой смеси, содержащей гидрофобную жидкость и воду, с сеткой с гидрофильным покрытием, обеспечивая возможность пропускания воды через сетку, в то время как по меньшей мере часть гидрофобной жидкости остается на сетке, при этом сетка представляет собой переплетение с геометрическим размером пор менее 100 мкм, которое включает основные нити, при этом основные нити имеют диаметр  $d_w$ , и уточные нити, при этом уточные нити имеют диаметр  $d_s$ , причем диаметры  $d_s$  и  $d_w$  отличаются по меньшей мере в 1.1 раза и причем поверхность сетки, по меньшей мере, частично покрыта гидрофильным покрытием, при этом гидрофильное покрытие имеет краевой угол смачивания водой менее  $10^\circ$ . Кроме того, настоящее изобретение относится к сетке с гидрофильным покрытием и к ее применению.



A1

201991326

201991326

A1

## Сетки с покрытием и их применение, в частности, для сепарации воды от нефти

Настоящее изобретение относится к способам сепарации жидкой смеси, содержащей воду, в частности, к способам сепарации воды от нефти, включающим этап контактирования жидкой смеси, содержащей, по меньшей мере, одну гидрофобную жидкость и воду, с сеткой с гидрофильным покрытием, обеспечивая возможность пропускания воды через сетку, в то время как, по меньшей мере, часть гидрофобной жидкости остается на сетке, а также к указанным сеткам с гидрофильным покрытием и их применению.

Проблема сепарации воды от нефти известна во всем мире. Типичные проблемы, связанные с такой сепарацией, включают сепарацию эмульсий неочищенной нефти и (пластовой) воды, сепарацию промышленных нефтесодержащих сточных вод или сепарацию в связи с удалением разливов нефти.

Из уровня техники известны способы сепарации водонефтяных эмульсий или прочих водомасляных смесей путем добавления химических добавок, таких как деэмульгаторы и/или нефтеотделители. Примеры таких деэмульгаторов описаны, например, в EP-A 0 264 841, EP-A 0 499 068 или EP-A 0 267 517.

Кроме того, известны способы использования материалов, способных селективно абсорбировать органические растворители, включая, помимо прочего, нефть. Примеры включают пенопласт с открытыми порами на основе меламин-формальдегида, модифицированный с помощью гидрофобного покрытия, такого, как описано в WO 2007/110361 A1 или WO 2008/107439 A1. J. K. Yuan, X. G. Liu, O. Akbulut, J. Q. Hu, S. L. Suib, J. Kong, F. Stellacci, *Nat. Nanotechnol.* 2008, 3, 332 раскрывают суперсмачивающие мембраны из нанопроволоки для селективной абсорбции. Такие мембраны получают путем нанесения покрытия из кремнийорганического материала на мембраны из нанопроволоки.

Также делались предложения по использованию сеток для сепарации воды от нефти. Широко известно применение сеток для различных целей. В частности, для различных целей могут использоваться проволочные сетки. Примеры описаны в EP-A 1 418 261, DE 10 2008 026 195 A1, DE 10 2009 044 740, DE 20 2004 015 498 U1 или IE 2005 0665. Тем не менее, для сепарации воды от нефти требуются сетки с нанесенным покрытием.

В работе L. Feng, Z. Y. Zhang, Z. H. Mai, Y. M. Ma, B. Q. Liu, L. Jiang, D. B. Zhu, *Angew. Chem.* 2004, 116, 2046; *Angew. Chem. Int. Ed.* 2004, 43, 2012 описана пленка в виде сетки с супергидрофобным и суперолеофильным покрытием для сепарации воды от нефти. Нанесение покрытия осуществляют с использованием однородной эмульсии, содержащей 50 мас.% воды, 30 мас.% политетрафторилена (тефлона), 10 мас.% поливинилацетата в качестве адгезива, 8 мас.% поливинилового спирта в качестве диспергатора и 2% додецилбензолсульфоната в качестве поверхностно-активного вещества. Как показано в документах, на которые приведены ссылки,

капли воды задерживаются на сетке и не проходят через нее, в то время как капли дизельного топлива проходят через нее.

Тем не менее, при использовании описанных гидрофобных/олеофильных материалов для удаления нефти быстро происходит их загрязнение или засорение. Таким образом, после определенного количества раз использования эффективность сепарации резко снижается. Кроме того, удаление нефти, которая задержалась на сетке, является проблематичным, что приводит к вторичному загрязнению в ходе такого процесса очистки, а также к потерям нефти и олеофильного материала.

В работе Z. Xue, S. Wang, L. Lin, L. Chen, M. Liu, L. Feng and L. Jiang, *Adv. Mater.* 2011, 23, 4270 – 4273 описано производство супергидрофильной и суперолеофобной под водой стальной сетки с покрытием из гидрогеля для сепарации воды от нефти. Указанная стальная сетка была покрыта радиационно-отверждаемой, водной композицией акриламида, N,N'-метиленабисакриламида в качестве сшивающего агента и высокомолекулярного полиакриламида ( $M_n = 3\,000\,000$  г/моль) в качестве адгезионного средства; отверждение покрытия сетки осуществляли с использованием ультрафиолетового излучения. Описанная сетка обладает характеристиками сепарации, противоположными характеристикам сетки, описанной в работе L. Feng et al. В данном случае, капли воды проходят через сетку, в то время как нефть ею удерживается. Такие материалы являются преимущественными, так как их легко чистить, такое оборудование можно использовать повторно, после сепарации нефтяную фазу можно подвергать переработке, и оборудование защищено от загрязнения нефтью. Тем не менее, недостаток полиакриламидного покрытия, описанного в работе Xue et al., – невысокая эффективность и стабильность в отношении сепарации неочищенных водонефтяных эмульсий. Согласно WO 2015/180872 A1 при использовании таких сеток, на которые нанесено покрытие в соответствии с описанным способом, сепарация неочищенных водонефтяных эмульсий была недостаточно эффективной. Композиции для нанесения отверждаемых покрытий для сепарации воды от нефти с использованием сетки с простым переплетением также описаны в WO 2015/180 873 A1.

В работе W. Zhang, Z. Shi, F. Zhang, X. Liu, J. Jin, and L. Jiang, *Adv. Mater.* 25, 2071 – 2076 описаны супергидрофобные и суперолеофильные мембраны из ПВДФ для эффективной сепарации водонефтяных эмульсий с высокой плотностью потока. При испытаниях водонефтяных эмульсий в качестве нефтяной фазы использовали петролейный эфир, толуол, изооктан и дихлорметан. Испытания сепарации неочищенных водонефтяных эмульсий не проводились.

В работе P. Kim, M. J. Kreder, J. Alvarenga and J. Aizenberg, *Nano Lett.*, 2013, 13 (4), стр.1793–1799, описано использование  $\gamma$ -AlOOH (бёмита) с пропиткой перфторированными растворителями для получения омнифобной поверхности. Сетки с простым переплетением для сепарации воды от нефти с покрытием из гидратированных оксидов алюминия описаны в WO 2015/180 872 A1.

Несмотря на то, что из уровня техники известны способы сепарации жидких смесей, содержащих воду и гидрофобные жидкости, в частности, водонефтяных смесей, существует потребность в более эффективных способах и средствах сепарации.

Таким образом, целью настоящего изобретения является предоставление таких способов и средства сепарации.

Эта цель достигается способом сепарации жидкой смеси, содержащей воду и гидрофобную жидкость, в частности, способом сепарации воды от нефти, включающим следующий этап:

- контактирование жидкой смеси, содержащей гидрофобную жидкость и воду, с сеткой с гидрофильным покрытием, обеспечивая возможность пропускания воды через сетку, в то время как, по меньшей мере, часть гидрофобной жидкости остается на сетке,

при этом сетка представляет собой переплетение с геометрическим размером пор менее 100 мкм, которое включает основные нити, при этом основные нити имеют диаметр  $d_w$ , и уточные нити, при этом уточные имеют диаметр  $d_s$ , причем диаметры  $d_s$  и  $d_w$  отличаются, по меньшей мере, в 1.1 раза, и при этом поверхность сетки, по меньшей мере, частично покрыта гидрофильным покрытием, причем гидрофильное покрытие имеет краевой угол смачивания водой менее  $10^\circ$ .

Эта цель также достигается с помощью сетки с гидрофильным покрытием в соответствии с определением в настоящем документе. Сетка с покрытием по настоящему изобретению может использоваться для сепарации воды от жидкой смеси, содержащей воду, в частности, для сепарации воды от нефти.

Таким образом, еще один аспект настоящего изобретения относится к применению сетки с покрытием по настоящему изобретению для сепарации воды от жидкой смеси, содержащей воду и гидрофобную жидкость, в частности, для сепарации воды от нефти.

Еще один аспект настоящего изобретения относится к устройству для фильтрации в перекрестном потоке, содержащему сетку с гидрофильным покрытием по настоящему изобретению.

Неожиданно было обнаружено, что при использовании сетки с покрытием с конкретными характеристиками переплетения обеспечивается повышение эффективности указанной сепарации.

Жидкая смесь, подлежащая сепарации, содержит воду и гидрофобную жидкость. При использовании по тексту настоящего документа термин «гидрофобная жидкость» включает любые виды органических жидкостей, которые являются несмешиваемыми с водой или лишь частично смешиваемыми с водой. Соответственно, гидрофобная жидкость представляет собой единое гидрофобное жидкое вещество или смесь двух или более гидрофобных жидких веществ. Примеры гидрофобных жидкостей включают углеводороды, такие как алифатические и/или ароматические углеводороды, такие как н-гексан или н-додекан, в частности, углеводороды с температурой кипения более  $150^\circ\text{C}$ , и нефть, например, сырую нефть, нефтепродукты, такие как дизельное

топливо, бензин, тяжелая топливная нефть, моторное масло, например, автомасло, растительные масла, такие как кокосовое масло, талловое масло или рапсовое масло, или синтетические масла, такие как кремнийорганические масла.

В соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления изобретения гидрофобная жидкость представляет собой нефть, в частности, неочищенную или переработанную нефть.

Термин «жидкая смесь воды и гидрофобной жидкости, такой как нефть» включает любые типы смесей гидрофобной жидкости (ГЖ) и воды, включающих фазу ГЖ и водную фазу, включая, помимо прочего, эмульсии типа ГЖ в воде и эмульсии типа вода в ГЖ, в частности, эмульсии нефти, в частности, неочищенной нефти и воды, например, пластовой или морской воды.

В соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления изобретения жидкая смесь, подлежащая сепарации, представляет собой смесь неочищенной нефти и воды, в частности, смесь неочищенной нефти и воды.

Частные примеры процессов сепарации воды от нефти включают процессы сепарации, осуществляемые в ходе добычи и очистки нефти, такие как сепарация смесей неочищенной нефти и воды, полученных из нефтеносных пластов, сепарация тяжелой нефти из отвалов нефтеносного песка или тяжелой нефти, полученной при применении вторичных методов извлечения с использованием закачки пара (паровой гравитационный дренаж), отделения нефти от воды, обезвоживания нефтяного шлама или удаления углеводородов из буровых растворов. Другие примеры включают сепарацию смесей нефти и воды со дна резервуаров нефтеперерабатывающих заводов или других объектов хранения продукции, точек сбора уничтожаемых отходов нефти, отходов химических заводов, балластной воды или удаления разливов нефти.

Способ сепарации жидкой смеси по настоящему изобретению включает этап контактирования жидкой смеси с сеткой с гидрофильным покрытием, обеспечивая возможность пропускания воды через сетку, в то время как, по меньшей мере, часть гидрофобной жидкости остается на сетке.

Соответственно, происходит, по меньшей мере, частичная сепарация воды из смеси, в результате чего в оставшейся смеси увеличивается доля гидрофобной жидкости. Таким образом, термин «сепарация» включает частичную и полную сепарацию воды. В предпочтительном варианте осуществления изобретения осуществляется сепарация, по меньшей мере, 50% воды (об./об.), более предпочтительно, по меньшей мере, 60 % (об./об.), еще более предпочтительно, по меньшей мере, 70% (об./об.), еще более предпочтительно, по меньшей мере, 75% (об./об.), еще более предпочтительно, по меньшей мере, 80% (об./об.), еще более предпочтительно, по меньшей мере, 85% (об./об.), еще более предпочтительно, по меньшей мере, 90% (об./об.), еще более предпочтительно, по меньшей мере, 95% (об./об.), еще более предпочтительно, по меньшей мере, 96% (об./об.), еще более предпочтительно, по меньшей мере, 97% (об./об.), еще более

предпочтительно, по меньшей мере, 98% (об./об.), еще более предпочтительно, по меньшей мере, 99% (об./об.), еще более предпочтительно, по меньшей мере, 99,5% (об./об.), еще более предпочтительно, по меньшей мере, 99,9% (об./об.).

Для сепарации смесей в соответствии с настоящим изобретением смесь может пропускаться через сетку под давлением. В качестве движущей силы таких смесей может просто использоваться сила тяжести, однако такие смеси могут подаваться также под давлением. Из-за гидрофильных свойств поверхности сетки с покрытием вода может проходить через такую сетку, в то время как прохождение через сетку нефти затруднено, так что, по меньшей мере, часть нефти задерживается на сетке и может удаляться с сетки.

В одном из вариантов осуществления изобретения для сепарации смесей используют устройство для сепарации, содержащее, по меньшей мере, следующие элементы: первая камера, содержащая, по меньшей мере, входное отверстие для подачи жидкостей и выходное отверстие для отвода жидкостей, при этом первая камера соединена со второй камерой, содержащей, по меньшей мере, выходное отверстие для отвода жидкостей, при этом также первую камеру от второй отделяет сетка с нанесенным покрытием в соответствии с изобретением. В предпочтительном варианте осуществления изобретения такое устройство представляет собой устройство для фильтрации в перекрестном потоке.

Соответственно, еще один аспект настоящего изобретения относится к устройству для фильтрации в перекрестном потоке, содержащему сетку с гидрофильным покрытием по настоящему изобретению.

Для сепарации смесей с использованием описанного устройства, подлежащая сепарации смесь поступает в первую камеру. Может применяться соответствующее давление, которое сможет подобрать специалист в данной области. Вода или, по меньшей мере, часть воды, содержащаяся в смеси нефти и воды, проходит через сетку во вторую камеру и может отводиться из второй камеры через выходное отверстие второй камеры. Через выходное отверстие первой камеры может отводиться гидрофобная жидкость, такая как нефть или смесь с уменьшенным содержанием воды. Такой процесс может осуществляться непрерывно или с перерывами. В предпочтительном варианте осуществления изобретения, такой процесс представляет собой непрерывную фильтрацию в перекрестном потоке.

В случае если одного этапа недостаточно для полной сепарации воды от нефти, этап сепарации может повторяться с использованием того же или другого устройства. Например, для сепарации может применяться каскад из двух или более описанных устройств, расположенных последовательно.

Например, может использоваться сепаратор для сепарации гидрофобной жидкости, например, неочищенной нефти, и воды, как описано в WO 2015/180 872 A1, оборудованный сетками в соответствии с настоящим изобретением. Схематическое представление такого сепаратора

приведено на Фиг. 1. Сепаратор представляет собой полый корпус в форме цилиндра, который, по меньшей мере, содержит входное отверстие для подачи смеси нефти и воды, резервуар для отделенной нефти, выходные отверстия для отвода отделенной воды и отделенной нефти, а также каплеуловитель и выходное отверстие для отвода отделенного газа. Сетки могут быть расположены в сепараторе вертикально (1a) или практически вертикально (1b) в месте, близком к входному отверстию для подачи эмульсии нефти и воды. Также сетка (1c) может быть расположена горизонтально. В соответствии с таким вариантом осуществления изобретения входное отверстие для подачи эмульсии нефти и воды расположено над сеткой, так что эмульсия может быть разделена на нефть и воду под воздействием силы тяжести. Для удерживания разливов нефти сетка также может использоваться в качестве переливного барьера (3) для воды и/или в каплеуловителе (2). Понятно, что специалист сможет использовать сетки в сепараторе нефти и воды и иным способом.

Сетка, используемая для сепарации смеси, представляет собой переплетение с геометрическим размером пор менее 100 мкм, которое включает основные нити, при этом основные нити имеют диаметр  $d_w$ , и уточные нити, при этом уточные нити имеют диаметр  $d_s$ , причем диаметры  $d_s$  и  $d_w$  отличаются, по меньшей мере, в 1.1 раза, и при этом поверхность сетки, по меньшей мере, частично покрыта гидрофильным покрытием, причем гидрофильное покрытие имеет краевой угол смачивания водой менее  $10^\circ$ .

Предпочтительно нити выполнены из металла, такого как сталь, нержавеющая сталь, бронза, латунь или алюминий, или из полимерных материалов, таких как полиэтилен, полипропилен, полиакриламид или полиэфирсульфон или из натуральных волокон, таких как хлопок, целлюлоза или их смесей, предпочтительно выполнены из металлов (проволоки), более предпочтительно из нержавеющей стали.

Предпочтительно, переплетение представляет собой металлическую сетку, в частности, фильтровальную ткань с нулевой апертурой. Соответственно, основные нити и уточные нити выполнены из проволоки. Такие металлические ткани известны специалистам из уровня техники. В отличие от простого переплетения с отдельными проволоками одинакового диаметра, между которыми образуются отверстия, как правило, прямоугольные отверстия, в фильтровальной ткани с нулевой апертурой проволоки плотно прижимаются друг другу (D.B. Purchas, K. Sutherland, Handbook of Filter Media, второе издание (2002), глава 6.2, Elsevier Science Ltd., Оксфорд).

Плетение по настоящему изобретению характеризуется основными нитями, при этом основные нити имеют диаметр  $d_w$ , и уточными нитями, также известными как поперечные нити, при этом уточные нити имеют диаметр  $d_s$ . Чаще всего сетки имеют основные нити и уточные нити одинакового диаметра, при этом уточные нити попеременно проходят над и под основной нитью (простое переплетение).

Тем не менее, в соответствии с настоящим изобретением в переплетении диаметры  $d_s$  и  $d_w$  различаются (голландское переплетение). Диаметры  $d_s$  и  $d_w$  различаются, по меньшей мере, в 1,1 раза. Более предпочтительно, диаметры различаются, по меньшей мере, в 1,3 раза, еще более

предпочтительно, по меньшей мере, в 1,5 раза, еще более предпочтительно, по меньшей мере, в 1,8 раза, еще более предпочтительно, по меньшей мере, в 2,0 раза, еще более предпочтительно, по меньшей мере, в 2,2 раза и еще более предпочтительно, по меньшей мере, в 2,4 раза.

В соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения диаметр  $d_w$  больше диаметра  $d_s$ . В еще одном варианте осуществления настоящего изобретения диаметр  $d_s$  больше диаметра  $d_w$  (обратное голландское переплетение). Обратное голландское переплетение является предпочтительным.

В соответствии с настоящим изобретением возможны несколько типов голландского переплетения. Предпочтительно каждая уточная нить попеременно проходит над одной и затем под следующей основной нитью (простое голландское переплетение), или уточная нить может проходить над одной или более основными нитями и затем под двумя или более основными нитями (голландское саржевое переплетение). Простое голландское переплетение является более предпочтительным.

Ткани с такими типами переплетения являются коммерчески доступными. Например, может использоваться фильтровальная ткань, такая как фильтровальная ткань Haver & Boecker, Эльде, Германия. Примерами являются Minimesh SPW (простое голландское переплетение), Minimesh HIFLO (простое голландское переплетение), RPD HIFLO-S (обратное простое голландское переплетение), DTW (голландское саржевое переплетение), BMT (голландское саржевое переплетение), BMT-ZZ (голландское саржевое переплетение), RPD (обратное простое голландское переплетение), TRC (обратное простое голландское саржевое переплетение) и SPW (одиночное простое голландское переплетение). Предпочтительными являются RPD HIFLO-S и RPD, более предпочтительными является RPD HIFLO-S.

Основные нити и уточные нити (также именуемые поперечными нитями) могут иметь различный рисунок. Могут использоваться любые рисунки, при условии, что основные нити и уточные нити различаются по размеру в соответствии с описанием в настоящем документе. Если используют различные основные нити и уточные нити, указанные диаметры относятся к среднему значению диаметра. Специалисту в данной области техники понятно, что диаметр нитей может незначительно изменяться в зависимости от используемого процесса переплетения. Таким образом, диаметры относятся к использовавшимся диаметрам нитей перед переплетением. Технические требования и испытания описаны в DIN ISO 9044:2001-09.

Пример рисунка переплетения описан в US 2011/290 369 A1. Соответственно, может использоваться металлическая сетка, включающая проволочные основные нити и проволочные уточные нити, которые пересекаются и переплетаются в соответствии определенным рисунком переплетения, причем указанные проволочные основные нити имеют, по меньшей мере, две различные конфигурации, которыми определяются проволочные основные нити первого и второго типов, при этом длина проволочных основных нитей первого типа отличается от длины проволочных основных нитей второго типа относительно конкретной единицы длины, причем в



промежутках между секциями двух соседних проволочных основных нитей и пересекающимися секциями двух соседних проволочных уточных нитей образуются поры. Предпочтительно, более длинная проволочная нить основы из этих двух типов оборачивается вокруг проволочных поперечных нитей практически на  $360^\circ$ , при этом соприкасающиеся секции двух контактирующих проволочных основных нитей соприкасаются друг с другом. Может осуществляться обработка металлической ткани с использованием, по меньшей мере, одного процесса, включающего уплотнение и стабилизацию путем термической обработки, например, путем штранг-прессования или спекания. Первый и второй типы проволочных основных нитей могут иметь в различной степени волнистую конфигурацию, в соответствии с которой определяются проволочные основные нити с низкой волнистостью и проволочные основные нити с большей волнистостью. Например, высота волны проволочных основных нитей с высокой волнистостью в несколько раз больше высоты проволочных основных нитей с низкой волнистостью. Первый и второй типы проволочных основных нитей могут определять переменный рисунок с низкой волнистостью и с высокой волнистостью. Проволочные основные нити первого и второго типов определяют в направлении поперечных уточных нитей рисунок, в котором друг за другом следуют несколько проволочных основных нитей с низкой волнистостью, а затем друг за другом следуют несколько проволочных основных нитей с высокой волнистостью. Проволочные основные нити первого и второго типов могут определять в направлении поперечных уточных нитей рисунок, в котором количество проволочных основных нитей с низкой волнистостью отличается от количества проволочных основных нитей с высокой волнистостью. Проволочные уточные нити могут размещаться попеременно со смещением по вертикали одна относительно другой. Проволочные основные нити первого и второго типа могут быть одного диаметра или разного диаметра. Проволочные основные нити первого и второго типов могут определять рисунок, в котором количество проволочных основных нитей первого и второго типов может варьироваться, при этом переплетение проволочных уточных нитей находится практически в одной плоскости.

Предпочтительно, нить большего диаметра имеет диаметр в диапазоне 0,02 мм - 0,3 мм, более предпочтительно 0,03 мм - 0,2 мм, еще более предпочтительно 0,04 мм - 0,1 мм, еще более предпочтительно 0,05 мм - 0,09 мм, еще более предпочтительно 0,06 мм - 0,08 мм.

Предпочтительно, нить меньшего диаметра имеет диаметр в диапазоне 0,01 мм - 0,2 мм, более предпочтительно 0,01 мм - 0,1 мм, еще более предпочтительно 0,01 мм - 0,08 мм, еще более предпочтительно 0,01 мм - 0,05 мм.

Предпочтительно геометрический размер пор составляет менее 50 мкм, более предпочтительно геометрический размер пор находится в диапазоне 1 мкм - <50 мкм, еще более предпочтительно размер пор находится в диапазоне 5 мкм - <50 мкм, еще более предпочтительно в диапазоне 5 - 40 мкм. Геометрический размер пор можно определить с помощью так называемого теста со стеклянными шариками. Соответственно, указанный размер пор относится к наибольшему геометрическому размеру пор, определенному с помощью теста со стеклянными шариками, при этом допуск, как правило, составляет 5%. В ходе указанного теста через сетку пропускают

суспензию, содержащую стеклянные шарики, при этом диаметр шарика с наибольшим размером, который прошел через сетку, считается геометрическим размером пор.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения номер сетки – 115 - 380 меш в одном направлении (в направлении основной или уточной нити) и 325 - 850 меш в другом направлении (в направлении основной или уточной нити). Параметр «номер сетки» относится к количеству отверстий на английский дюйм. Например, используется номер сетки 850x380 (с размером пор 5, 10 или 15 мкм), 640x200 (с размером пор 20 мкм.), 425x150 (с размером пор 25 или 30 мкм.), 325x115 (с размером пор 40 мкм.). Из-за разного диаметра уточных нитей и основных нитей номер сетки также различается по направлению уточных нитей и основных нитей.

Гидрофильное покрытие имеет краевой угол смачивания менее  $10^\circ$ , предпочтительно менее  $5^\circ$ . Считается, что описанные ниже гидрофильные покрытия соответствуют этому требованию. Краевой угол смачивания может быть измерен с помощью угломера для измерения угла смачивания. Поверхности с краевым углом смачивания более  $90^\circ$ , как правило, определяются как гидрофобные.

Предпочтительно, гидрофильное покрытие с краевым углом смачивания водой менее  $10^\circ$  содержит гидратированный оксид алюминия или гидрофильный полимер, сшитый тепловым или радиационным отверждением, предпочтительно содержащий гидратированный оксид алюминия.

Предпочтительно, толщина гидрофильного покрытия составляет 50 нм - 5000 нм, более предпочтительно 50 нм - 2000 нм, еще более предпочтительно 50 нм - 500 нм, еще более предпочтительно 50 нм - 200 нм, еще более предпочтительно 100 нм - 200 нм или 50 нм - 150 нм.

Гидрофильное покрытие с краевым углом смачивания водой менее  $10^\circ$ , содержащее гидратированный оксид алюминия, предпочтительно состоящее из гидратированного оксида алюминия, описано в документе WO 2015/180 872 A1.

Соответственно, сетка, предназначенная для использования для сепарации в соответствии с изобретением, предпочтительно имеет поверхность, содержащую гидратированный оксид алюминия. «Гидратированные оксиды алюминия» включают метагидроксиды алюминия, такие как  $\alpha$ -AlOOH или  $\gamma$ -AlOOH, с определенной кристаллической структурой, но также и метагидроксиды алюминия с менее определенной структурой, т.е. аморфные продукты или имеющие, по меньшей мере, аморфные части. «Гидратированные оксиды алюминия», помимо ионов алюминия, могут содержать также ионы других металлов, такие как, например, ионы железа, при этом подразумевается, что, как правило, по меньшей мере, 90 моль.% присутствующих ионов металла являются ионами алюминия.

Предпочтительно, поверхность сетки содержит  $\gamma$ -AlOOH, который также известен как бёмит.

Толщина слоя гидратированных оксидов алюминия на поверхности сетки, как правило, может составлять 50 нм - 500 нм, предпочтительно 100 нм - 200 нм.

Сетка по настоящему изобретению может быть изготовлена путем преобразования поверхности алюминиевой сетки в поверхность, содержащую гидратированные оксиды алюминия или путем нанесения на сетку покрытия из другого материала, например, нанесения на сетку из нержавеющей стали алюминия или соединений алюминия, таких как, например, оксиды алюминия, и преобразования указанного покрытия в гидратированные оксиды алюминия.

Путем модификации поверхности немодифицированной сетки может быть получена сетка с модифицированной поверхностью, имеющая поверхность, содержащую гидратированный оксид алюминия, предпочтительно  $\gamma$ -AlOOH. Такая модифицированная поверхность придает гидрофильные, предпочтительно супергидрофильные свойства сетке, в результате чего она становится пригодной для сепарации смеси воды с гидрофильной жидкостью, такой как нефть. Термин «супергидрофильный» означает, что краевой угол смачивания для нефти предпочтительно составляет  $> 150^\circ$ , в то время как краевой угол смачивания водой составляет менее  $< 5^\circ$ . Такое покрытие может обеспечить гидрофильную поверхность с краевым углом смачивания менее  $10^\circ$ .

В соответствии с первым вариантом осуществления изобретения на сетку согласно описанию выше наносят покрытие из алюминия или оксида алюминия. Для нанесения покрытия может быть использована любая технология. Примеры пригодных для использования технологий включают способы физического осаждения из паровой фазы, такие как термическое испарение, металлизация напылением, технологии электронно-лучевого испарения или ГФХО-технологии. Такие техники обработки известны специалистам и описаны, например, в документе Mahan, John E. "Physical Vapor Deposition of Thin Films" New York: John Wiley & Sons, 2000; Dobkin and Zuraw (2003) "Principles of Chemical Vapor Deposition"; или Kluwer, Smith, Donald (1995) "Thin-Film Deposition: Principles and Practice" McGraw-Hill.

В качестве альтернативы на сетку может быть нанесен слой алюминия с использованием тонких алюминиевых пластин. Толщина тонких алюминиевых пластин может составлять 5 нм - 800 нм, предпочтительно 5 нм - 50 нм. Когда сетку погружают в дисперсию тонких алюминиевых пластин, они обволакивают нить и пристаю к ее поверхности.

Специалист может подобрать необходимую толщину слоя алюминия или оксида алюминия, такая толщина обычно составляет 50 нм - 500 нм, предпочтительно 100 нм - 200 нм.

Слой алюминия/оксида алюминия также могут наноситься на сетку с использованием золь-гелевой технологии, после которой следует термическая обработка. Такие техники обработки также известны специалистам и описаны, например, в документе C. Jeffrey Brinker, George W. Scherer (Hrsg.) "Sol Gel Science. The Physics and Chemistry of Sol-Gel Processing. The Physics and Chemistry of Sol-gel Processing", Academic Press, Бостон (1990) или Kim, Philseok; Kreder, Michael J.; Alvarenga, Jack; et al. NANO LETTERS том: 13 выпуск: 4 стр.: 1793-1799 Опубликовано: APR 2013.

В некоторых случаях на сетку без покрытия может предварительно наноситься адгезионный слой. Такой адгезионный слой может представлять собой слой  $\text{Cr}$  или  $\text{Ti}$ , который также может наноситься с использованием способов физического осаждения из паровой фазы, однако возможно использование слоев других оксидов. Толщина такого дополнительного покрытия может составлять 1 - 20 нм, например, 3 - 10 нм.

На дополнительном этапе, после нанесения покрытия из алюминия или оксидов алюминия осуществляют преобразование такого покрытия в гидратированные оксиды алюминия, предпочтительно в  $\gamma\text{-AlOОН}$ , путем обработки покрытия водой, предпочтительно деионизированной водой или водяным паром при температуре выше комнатной, предпочтительно при температуре более  $50^\circ\text{C}$ , более предпочтительно при температуре более  $95^\circ\text{C}$ . В соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения сетка с нанесенным покрытием может быть погружена в кипящую воду. Продолжительность обработки водой может быть подобрана специалистом в соответствии с необходимостью, она может составлять 10 - 40 мин., предпочтительно 15 - 30 мин.

В качестве альтернативы непосредственно на сетке могут быть образованы гидратированные оксиды алюминия, которые могут быть получены из источников растворимого алюминия. При контроле pH и температуры гидратированные оксиды алюминия могут наноситься на сетку путем осаждения из раствора такого источника алюминия, как, например, алюминаты или соли алюминия. Указанный способ также описан в работе В. Dash, I. N. Bhattacharya В. К. Mishra "Precipitation and Dehydration of Hydrated Alumina", Lambert Academic Publishing (2014), или US 2 935 376 А.

Толщина слоя гидратированных оксидов алюминия на поверхности сетки, как правило, может составлять 50 нм - 1 мкм, предпочтительно 100 нм - 500 нм.

Настоящее изобретение также относится к сетке, включающей поверхность, содержащую гидратированные оксиды алюминия, в частности, поверхность, содержащую  $\gamma\text{-AlOОН}$ , которую получают способами в соответствии с первым вариантом осуществления изобретения, описанным выше.

В соответствии со вторым вариантом осуществления изобретения в качестве исходного материала используют алюминиевую сетку.

Размер ячейки может быть подобран специалистом в соответствии с необходимостью. В частности, размер ячеек сетки может составлять 10 мкм - 100 мкм, например, 40 мкм – 60 мкм. Более подробная информация об используемых немодифицированных сетках была приведена выше, и мы напрямую отсылаем к этому описанию. Преобразование поверхности сетки в гидратированные оксиды алюминия, предпочтительно в  $\gamma\text{-AlOОН}$ , осуществляют путем обработки покрытия водой при температуре выше комнатной, предпочтительно при температуре более  $50^\circ\text{C}$ . В соответствии с

одним из вариантов осуществления изобретения алюминиевая сетка может быть погружена в кипящую воду на 10 - 40 мин., предпочтительно на 15 - 30 мин.

Настоящее изобретение также относится к сетке, включающей поверхность, содержащую гидратированные оксиды алюминия, в частности, поверхность, содержащую  $\gamma$ -AlOOH, которую получают способом в соответствии со вторым вариантом осуществления изобретения, описанным выше.

Гидрофильное покрытие с краевым углом смачивания водой менее  $10^\circ$ , содержащее гидрофильный полимер, предпочтительно состоящее из гидрофильного полимера, сшитого тепловым или радиационным отверждением, описано в документе WO 2015/180 873 A1.

Соответственно, согласно первому аспекту в WO 2015/180 873 A1 описан способ изготовления сетки с покрытием, который включает нанесение на сетку композиции для получения отверждаемого покрытия и отверждение покрытия путем облучения ее излучением, включающим ультрафиолет, и/или путем отжига, при этом указанная композиция для получения покрытия содержит, по меньшей мере, следующие компоненты:

- полярный растворитель или смесь растворителей,
- прекурсор гидрофильного покрытия, выбранный из группы
  - гидрофильных, моноэтиленненасыщенных мономеров, при условии, что, по меньшей мере, один из мономеров представляет собой (мет)акриламид,
  - предварительно синтезированные гидрофильные олигомеры и
  - предварительно синтезированные гидрофильные полимеры,
- гидрофильный сшиватель,
- гидрофильный инициатор полимеризации и
- гидрофильный полимерный адгезионный агент, включающий кислотные группы.

Предпочтительно способ включает нанесение на сетку композиции для получения фотоотверждаемого покрытия и отверждение покрытия путем облучения ее излучением, включающим ультрафиолет, при этом указанная композиция для получения покрытия содержит, по меньшей мере, следующие компоненты:

- полярный растворитель или смесь растворителей, включающая, по меньшей мере, 70 мас.% воды из расчета на общее количество всех используемых растворителей,
- по меньшей мере, один гидрофильный, моноэтиленненасыщенный мономер, при условии, что, по меньшей мере, 50 мас.% из расчета на общее количество всех используемых мономеров представляют собой (мет)акриламид,
- гидрофильный сшиватель, содержащий, по меньшей мере, две этиленненасыщенные группы,
- гидрофильный фотонициатор и
- гидрофильный полимерный адгезионный агент, включающий акриловую кислоту.

Сетка с покрытием может быть получена путем нанесения на сетку без покрытия композиции для получения отверждаемого покрытия с последующим термическим и/или фотохимическим отверждением покрытия. Покрытие обеспечивает гидрофильные свойства поверхности сетки. В некоторых случаях, перед нанесением покрытия на сетку может наноситься соответствующее предварительное покрытие.

Композиция для получения отверждаемого покрытия может представлять собой композицию, отверждение которой осуществляется путем термического воздействия, и/или фотоотверждаемую композицию, предпочтительно фотоотверждаемую композицию. Она придает гидрофильные, предпочтительно супергидрофильные свойства сетке, на которую нанесена композиция, в результате чего она становится пригодной для сепарации воды от нефти. Термин «супергидрофильный» означает, что краевой угол смачивания для нефти составляет  $> 150^\circ$ , в то время как краевой угол смачивания водой составляет  $< 5^\circ$ . Такое покрытие может обеспечить гидрофильную поверхность с краевым углом смачивания менее  $10^\circ$ .

Композиция для получения отверждаемого покрытия содержит, по меньшей мере, полярный растворитель, прекурсор гидрофильного покрытия, гидрофильный сшиватель, гидрофильный инициатор и гидрофильный полимерный адгезионный агент.

Композиция для получения отверждаемого покрытия содержит, по меньшей мере, полярный растворитель. Полярным растворителем может являться вода или органический растворитель, смешиваемый с водой. Примеры полярных органических растворителей, смешиваемых с водой, включают спирты, такие как метанол, этанол, пропанол, изопропанол или кетоны, такие как ацетон.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения растворитель, по меньшей мере, содержит воду. Помимо воды может использоваться один или несколько дополнительных полярных органических растворителей, смешиваемых с водой, в соответствии с определением выше. В соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения растворитель включает, по меньшей мере, 50 мас.% воды из расчета на общее количество всех растворителей, предпочтительно, по меньшей мере, 70 мас.% воды, более предпочтительно, по меньшей мере, 85 мас.%, наиболее предпочтительно в качестве растворителя используют только воду.

Количество полярного растворителя (растворителей) в композиции для получения отверждаемого покрытия может быть подобран специалистом в соответствии с необходимостью. Как правило, количество полярного растворителя (растворителей) составляет 20% - 90 мас.%, предпочтительно 40% - 60 мас.% из расчета на общее количество всех компонентов в композиции для получения отверждаемого покрытия.

Прекурсорами для нанесения покрытия являются гидрофильные компоненты, и они выбраны из группы гидрофильных, полимеризуемых мономеров, предварительно синтезированных

гидрофильных олигомеров и полимеров. Сами олигомеры и полимеры также могут содержать полимеризуемую группу.

Сшиваемая композиция содержит, по меньшей мере, один моноэтиленненасыщенный гидрофильный мономер, при условии, что, по меньшей мере, один из мономеров представляет собой (мет)акриламид, предпочтительно акриламид.

Предпочтительно используемые гидрофильные мономеры, олигомеры или полимеры являются смешиваемыми с водой в любом отношении, однако для осуществления изобретения достаточно, если компоненты могут растворяться в композиции для нанесения покрытия. В целом, растворимость гидрофильных мономеров в воде при комнатной температуре должна составлять, по меньшей мере, 50 г/л, предпочтительно, по меньшей мере, 100 г/л.

Помимо (мет)акриламида, предпочтительно, акриламида, в качестве сомономеров могут использоваться другие моноэтиленненасыщенные мономеры. Примеры таких других мономеров включают мономеры, содержащие COOH-группы, такие как (мет)акриловая кислота, фумаровая кислота, итаконовая кислота, кротоновая кислота или малеиновая кислота, мономеры, содержащие другие кислотные группы, такие как винилфосфовая кислота, сложные эфиры гидроксиэтила или гидроксипропил(мет)акрилат с (поли)фосфорной кислотой, аллилфосфоновой кислотой, 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислотой или винилсульфокислотой, гидрофильные (мет)акрилаты, например, аминок(мет)акрилаты или такие как диметиламиноэтил(мет)акрилат, диметиламинопропил(мет)акрилат, 2-(2-диметиламиноэтилокси)этил(мет)акрилат или аминок(мет)акриламиды, такие как диметиламиноэтил(мет)акриламид или диметиламинопропил(мет)акриламид, кватернизованные аминок(мет)акрилаты и кватернизованные аминок(мет)акриламиды, гидроксиалкил(мет)акрилаты, такие как гидроксиэтил(мет)акрилат или гидроксипропил(мет)акрилат, гидроксиалкил(мет)акриламиды, такие как гидроксиэтил(мет)акриламид или гидроксипропил(мет)акриламид, уреидометакрилат, олиго- или полиэтиленгликоль(мет)акрилаты и/или -(мет)акриламиды или метилолиго- или метилполиэтиленгликоль(мет)акрилаты и/или -(мет)акриламиды, винил- и аллилзамещенные гетероароматические соединения, включая винил- и аллил- замещенные пиридины, пиримидины, пирролы и имидазолы, такие как винилпирролидон.

Предпочтительно, может использоваться смесь мономеров, содержащая, по меньшей мере, 50 мас. % (мет)акриламида, предпочтительно акриламида, более предпочтительно по меньшей мере, 75 мас. % (мет)акриламида, предпочтительно акриламида. В соответствии с одним вариантом осуществления изобретения в качестве мономера используют только (мет)акриламид, предпочтительно акриламид.

Также могут быть использованы предварительно синтезированные гидрофильные олигомеры или гидрофильные полимеры. Примеры таких предварительно синтезированных полимеров или олигомеров включают гомополимеры или сополимеры указанных выше мономеров,

таких как полиакриламид или поливинилпирролидон. Другие примеры включают полиэтиленгликоль или полиэтиленмин.

Количество мономеров и/или олигомеров и/или полимеров в композиции для получения отверждаемого покрытия может составлять от 2% - 80 мас.%, предпочтительно 40% - 60 мас.% из расчета на общее количество всех компонентов композиции для получения покрытия.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения в качестве прекурсора покрытия используют мономеры.

Кроме того, композиция для получения отверждаемого покрытия содержит, по меньшей мере, один гидрофильный сшиватель, т.е. компоненты, содержащие, по меньшей мере, две полимеризуемые группы. Для реакции с моноэтиленненасыщенными мономерами прекурсор содержит, по меньшей мере, две этиленненасыщенные группы.

Предпочтительно используемые сшиватели являются смешиваемыми с водой в любом отношении, однако для осуществления изобретения достаточно, если компоненты могут растворяться в композиции для нанесения покрытия. В целом, растворимость сшивателей в воде при комнатной температуре должна составлять, по меньшей мере, 50 г/л, предпочтительно, по меньшей мере, 100 г/л.

Примеры пригодных гидрофильных сшивателей включают водорастворимые многофункциональные акрилаты, -акриламиды, такие как олигоэтиленгликольдиакрилаты или N,N'-метилден-бис-акриламид. Такие сшиватели особенно предпочтительны, если в композиции для нанесения покрытия используют мономеры.

Если используют олигомерные или полимерные прекурсоры, такие сшиватели также могут использоваться. В соответствии с одним вариантом осуществления их используют вместе с дополнительными мономерами.

Количество сшивателей в композиции для нанесения покрытия может быть подобрано специалистом в соответствии с необходимостью. Как правило, такое количество может составлять 0,5 - 10 мас.%, предпочтительно 0,5 - 5 мас.% из расчета на общее количество всех компонентов композиции для нанесения покрытия.

Гидрофильными инициаторами для инициирования отверждения могут являться инициаторы для термически иницируемой полимеризации и/или фотоинициаторы. Предпочтительно используют фотоинициаторы.

Предпочтительно, используемые инициаторы являются смешиваемыми с водой в любом отношении, однако для осуществления изобретения достаточно, если компоненты могут растворяться в композиции для нанесения покрытия.



Примеры фотоинициаторов включают 2,2'-диэтоксиацетофенон, смеси бензофенона и 2,2'-диэтоксиацетофенона, 2-[2-оксо-2 фенил-ацетоэтокси-этокси]-этиловый эфир оксифенилацетатной кислоты и оксифенилацетат-2-[2-гидрокси-этокси]-этиловый эфир или оксиды фосфина, такие как фенилбис-(2,4,6-триметилбензоил)-фосфиноксид. Кроме того, может использоваться смесь двух и более инициаторов.

Примеры термических инициаторов включают водорастворимые азо-инициаторы или пероксо-инициаторы.

Количество инициаторов в композиции для нанесения покрытия может быть подобрано специалистом в соответствии с необходимостью. Как правило, такое количество может составлять 0,5 - 7 мас.%, предпочтительно 1 - 5 мас.% из расчета на общее количество всех компонентов в композиции для нанесения покрытия.

Кроме того, отверждаемая композиция содержит, по меньшей мере, один гидрофильный полимерный адгезионный агент. Такой полимерный адгезионный агент содержит кислотные группы.

Предпочтительно, используемые адгезионные агенты являются смешиваемыми с водой в любом отношении, однако для осуществления изобретения достаточно, если компоненты могут растворяться в композиции для нанесения покрытия.

Примеры таких кислотных групп включают карбоксилатные -COOH-группы, группы сульфоновой кислоты -SO<sub>3</sub>H или группы фосфоновой кислоты -P(O)(OH)<sub>2</sub>. Предпочтительно полимерный адгезионный агент содержит, по меньшей мере, карбоксилатные -COOH-группы.

Полимерный адгезионный агент может, в частности, содержать моноэтиленненасыщенные мономеры, содержащие кислотные группы, предпочтительно -COOH-группы. Примеры пригодных полимерных адгезионных агентов включают полиакриловую кислоту или гомополимеры или сополимеры фумаровой кислоты, итаконовой кислоты, кротоновой кислоты, малеиновой кислоты, метакриловой кислоты и акриловой кислоты. Предпочтительно адгезионный агент включает, по меньшей мере, (мет)акриловую кислоту, предпочтительно акриловую кислоту.

В соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления изобретения используют полиакриловую кислоту, предпочтительно полиакриловую кислоту со средневесовой молекулярной массой M<sub>w</sub> более 1 000 000 г/моль, например, в диапазоне 1 000 000 - 5 000 000 г/моль.

Количество адгезионных агентов в композиции для нанесения покрытия может быть подобрано специалистом в соответствии с необходимостью. Как правило, такое количество может составлять 0,1 - 5 мас.%, предпочтительно 0,2 - 2 мас.% из расчета на общее количество всех компонентов в композиции для нанесения покрытия.

Кроме того, отверждаемая композиция может содержать дополнительные компоненты. Такие дополнительные компоненты могут быть использованы для изменения и/или корректировки свойств покрытия.

Компоненты покрытия изготавливают путем смешивания всех компонентов композиции для нанесения покрытия.

В способе по изобретению на сетку без покрытия, на которую при необходимости может быть нанесено предварительное покрытие, наносится композиция для нанесения отверждаемого покрытия в соответствии с описанием выше. Такое нанесение покрытия может осуществляться путем погружения сетки без покрытия в композицию для нанесения покрытия. В соответствии с еще одним вариантом осуществления изобретения композиция для нанесения покрытия может наноситься на сетку без покрытия путем распыления. Толщина покрытия может быть подобрана специалистом в соответствии с необходимостью. В соответствии с одним вариантом осуществления изобретения она может составлять 0,5 мкм - 2 мкм.

После нанесения на сетку композиции для получения отверждаемого покрытия происходит сшивание пленки.

В случае композиций, содержащих фотоинициаторы, сшивание инициируется путем облучения сеток с неотвержденным покрытием УФ- или УФ-излучением и излучением в видимой области спектра, например, излучением в диапазоне длин волн около 365 нм. В случае композиций, содержащих термические инициаторы, сшивание инициируется путем отжига сетки, на которую нанесено неотвержденное покрытие.

Процесс нанесения покрытия на сетку без покрытия может включать дополнительные этапы.

Дополнительный этап может включать очистку сетки перед нанесением покрытия. Такой этап очистки может включать удаление органических загрязнений с металлической сетки с использованием органических растворителей, таких как ацетон. Перед нанесения композиции для получения отверждаемого покрытия сетка может быть предварительно покрыта адгезионными агентами. Примеры пригодных адгезионных агентов включают, в частности, полимерные адгезионные агенты в соответствии с описанием выше.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления изобретения композиция для нанесения отверждаемого покрытия содержит, по меньшей мере, полярный растворитель или смесь растворителей, содержащую воду в количестве, по меньшей мере, 70 мас.% из расчета на общее количество всех используемых растворителей. Предпочтительно количество воды составляет, по меньшей мере, 85 мас.%, более предпочтительно в качестве растворителя используют только воду.

В качестве дополнительного компонента композиция для нанесения отверждаемого покрытия предпочтительно содержит, по меньшей мере, один гидрофильный, моноэтиленненасыщенный мономер, при условии, что, по меньшей мере, 50 мас.% из расчета на общее количество всех используемых мономеров составляет (мет)акриламид, предпочтительно акриламид. Предпочтительно в качестве мономера может использоваться, по меньшей мере, 75 мас.% (мет)акриламида, наиболее предпочтительно используется только (мет)акриламид, предпочтительно акриламид. Подходящие для использования помимо (мет)акриламида гидрофильные сомомеры описаны выше.

В качестве дополнительного компонента предпочтительная композиция для получения отверждаемого покрытия содержит, по меньшей мере, гидрофильный сшиватель, содержащий, по меньшей мере, две этиленненасыщенные группы. Примеры подобных сшивателей описаны выше.

В качестве дополнительного компонента предпочтительная композиция для получения отверждаемого покрытия содержит, по меньшей мере, гидрофильный фотоинициатор. Примеры подобных фотоинициаторов описаны выше.

В качестве дополнительного компонента предпочтительная композиция для получения отверждаемого покрытия содержит, по меньшей мере, один гидрофильный полимерный адгезионный агент, содержащий (мет)акриловую кислоту, предпочтительно акриловую кислоту. В соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления изобретения адгезионный агент включает полиакриловую кислоту, предпочтительно полиакриловую кислоту со среднемолекулярной молекулярной массой  $M_w$  более 1 000 000 г/моль, например, в диапазоне 1 000 000 - 5 000 000 г/моль.

Толщина отверждаемого покрытия может быть подобрана специалистом в соответствии с необходимостью. В соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения она может составлять 0,5 мкм - 2 мкм.

Сетки с покрытием могут использоваться для сепарации воды от жидкой смеси, содержащей воду и гидрофобную жидкость, в частности, для сепарации воды от нефти. Так, сетки с покрытием могут использоваться для переработки сточных вод, очистки воды или в нефтегазовой промышленности.

Перечень фигур:

Фиг. 1: Схематическое представление сепаратора нефти и воды, снабженного сетками

Фиг. 2: Схематическое представление устройства для испытания сеток

Примеры:

## Пример 1

## 1) Используемые типы сетки

Сетки	Описание сетки
1	Haver & Boecker Minimesh <sup>®</sup> RPD HIFLO-S (Обратное простое голландское переплетение) Размер пор: 5 мкм, MESH 850x380, $d_s:d_w \approx 2.5$
2	Haver & Boecker Minimesh <sup>®</sup> RPD HIFLO-S (Обратное простое голландское переплетение) Размер пор: 15 мкм, MESH 850x380, $d_s:d_w \approx 2.5$
3	Haver & Boecker Minimesh <sup>®</sup> RPD HIFLO-S (Обратное простое голландское переплетение) Размер пор: 25 мкм, MESH 425x150, $d_s:d_w \approx 2.5$
C1	Haver & Boecker Сетка с простым переплетением, VA 200-25 Размер пор: 25 мкм, MESH 500, $d_s:d_w \approx 1$
C2	Haver & Boecker Сетка с простым переплетением, VA 160-25 Размер пор: 38 мкм, MESH 400, $d_s:d_w \approx 1$
C3	Haver & Boecker Сетка с простым переплетением, VA 130-30 Размер пор: 50 мкм, MESH 325, $d_s:d_w \approx 1$

## 2) Нанесение покрытия на сетки

Сетки в соответствии с пунктом 1) разрезали на куски размером 6 x 6 см. Полученные куски металлической решетки очищались ацетоном, деионизированной водой и снова ацетоном и высушивались воздухом.

На очищенные куски металлической проволоки наносилось покрытие из Al слоем 100 нм путем термического испарения в соответствии с процессами, известными специалистам. Более подробное описание приведено в документе K.S. Sree Harsha, "Principles of Vapor Deposition of Thin Films", Elsevier, 2006; R.Glang "Vacuum Evaporation", Handbook of Thin Film Technology, McGraw-Hill, NY, стр. 1-130, 1970, I.A. Blech "Step Coverage by Vapor Deposited Thin Aluminum Films", Solid State Technology, стр. 123, 1983.

На следующем этапе слой Al преобразовывали в метгидроксид алюминия путем помещения решеток с покрытием в кипящую деионизированную воду на 30 мин. Все сетки с гидрофильным покрытием имеют краевые углы смачивания менее 10°.

## 3) Сепарация смеси воды и гидрофобной жидкости

Решетки с покрытием в соответствии с пунктом 2) обрезали и устанавливали в держатель фильтра ( $d = 47$  мм), как показано на Фиг. 2. Соответственно, 500 мл (250 мл гидрофобной жидкости и 250 мл воды, как дополнительно указано ниже) смеси выливали в устройство для фильтрации, образованное фильтровальной тканью (2), которая расположена между воронкой (1) и опорным основанием (3) и закреплена зажимом (4). Любую жидкость, проходящую через сетку, собирали в

мензурку (не показана на Фиг. 2). Производили измерения объема гидрофобной жидкости, которая не задержалась на решетке, т.е. была собрана в пробирку. Для каждой тестовой смеси использовали новую решетку. Все испытания проводили при комнатной температуре.

Использовали следующие тестовые смеси воды и гидрофобной жидкости (все значения указаны в объемных соотношениях):

- (i) Гексан/вода (ГВ),
- (ii) Гексан/соляной раствор (18 мас.% соли) (ГСП),
- (iii) Додекан/соляной раствор (18 мас.% соли) (ДСР),
- (iv) Автомасло/соляной раствор (18 мас.% соли) (АСР), и
- (v) Неочищенная нефть (месторождение в Северной Германии)/соляной раствор, (18 мас.% соли) (НСР),

Для лучшей визуальной детекции водную фазу окрашивали красителем метиленовый голубой. В Таблицах 1 и 2 приведено процентное отношение фазы нефти (об.% из расчета на общий объем нефти, используемый для теста), которая не удерживается решеткой и проходит через решетку. Так как для каждой сетки и для каждой смеси проводили, по меньшей мере, три повторных опыта, могут быть указаны диапазоны значений.

Сетка номер	ГВ (50:50)	ГСП (50:50)	ДСР (50:50)	АСР (50:50)	НСР (50:50)
<b>С1</b>	0	0	~5	0	~15
<b>С2</b>	0	5 ~10	5 ~10	0	~15
<b>С3</b>	10~15	10~15	15~20	0	~25
<b>1</b>	0	0	0		0
<b>2</b>	0	0	0		~ 0
<b>3</b>	0	0	0		< 0.1

Таблица 1. Процентное отношение (об.%) гидрофобной фазы испытуемых смесей, которая проходит через соответствующую фильтровальную ткань (1 ~ 3) по сравнению с сетками простого переплетения (С1 ~ С3). Незаполненные ячейки: измерения не производили.

Пример 2 Фильтровальная ткань с покрытием из бёмита

На сетки Minimesh® RPD HIFLO-S, DTW-S и RPD-S (все – производства Haver & Boecker) с размером пор 20 мкм наносили покрытие из метагидроксида алюминия в соответствии с описанием в Примере 1. Испытания сепарации осуществляли в соответствии с описанием в Примере 1 выше.

Сетка №	Тип сетки	Покрытие	Гексан-вода (50:50)	Гексан-соляной раствор (50:50)	Додекан-соляной раствор (50:50)	Неочищенная нефть – соляной раствор (50:50)
T1	RPD HIFLO-S	100 нм Al PVD с	0	0	0	0
T2	DTW	последующей обработкой	0	0	0	~ 1%
T3	RPD	горячей водой	0	0	0	~ 1%

Таблица 2. Процентное отношение (об.%) гидрофобной фазы испытуемых смесей, которое проходит через соответствующую фильтровальную ткань различных типов с размером пор 20 мкм.

Пример 3 Нанесение покрытия из бёмита с использованием тонких алюминиевых пластин

Сетку из нержавеющей стали (1.4404) Minimesh® RPD HIFLO-S (Haver & Boecker) с размером пор 20 мкм, 10 мкм и 5 мкм очищали в соответствии с описанием в Примере 1. Очищенную фильтровальную ткань на 1 мин. погружали в дисперсию тонких алюминиевых пластин (0,2 мас.%), полученную из Metasheen® 41 (BASF) и изопропанола. После трехкратного погружения фильтровальную ткань с нанесенным покрытием высушили в подготовленном виде при комнатной температуре в течение ночи. На следующем этапе слой Al преобразовывали в метагидроксид алюминия путем помещения фильтровальной ткани с покрытием в кипящую деионизированную воду на 30 мин. Испытания сепарации осуществляли в соответствии с описанием в Примере 1 выше.

Сетка №	Размер пор [мкм]	Покрытие	Гексан-вода (50:50)	Гексан-соляной раствор (50:50)	Додекан-соляной раствор (50:50)	Неочищенная нефть-соляной раствор (50:50)
M1	20	После нанесения покрытия из Al с использованием тонких пластин Al с последующей обработкой горячей водой.	0	0	0	0
M2	10		0	0	0	0
M3	5		0	0	0	0

Таблица 3. Процентное отношение (об.%) гидрофобной фазы испытуемых смесей, которая проходит через соответствующую фильтровальную ткань (Minimesh® RPD HIFLO-S).

Пример 4 Фильтровальная ткань с покрытием из бёмита, полученным с использованием тонких алюминиевых пластин

На сетки Minimesh® RPD HIFLO-S, DTW-S и RPD-S (Haver & Boecker) с размером пор 20 мкм наносили покрытие из метагидроксида алюминия в соответствии с описанием в Примере 3. Испытания сепарации осуществляли в соответствии с описанием в Примере 1 выше.

Сетка №	Тип сетки	Покрытие	Гексан-вода (50:50)	Гексан-соляной раствор (50:50)	Додекан-соляной раствор (50:50)	Неочищенная нефть-соляной раствор (50:50)
M1	RPD HIFLO	После нанесения покрытия из Al с использованием тонких пластин Al с последующей обработкой горячей водой.	0	0	0	0
M4	DTW		0	0	0	0
M5	RPD		0	0	0	~ 1%

Таблица 4. Процентное отношение (об.%) гидрофобной фазы испытуемых смесей, которое проходит через соответствующую фильтровальную ткань различных типов с размером пор 20 мкм.

Пример 5 Прямое нанесение покрытия из бёмита на фильтровальную ткань

Сетку из нержавеющей стали (1.4404) Minimesh® RPD HIFLO-S (Haver & Boecker) с размером пор 20 мкм, 15 мкм и 10 мкм очищали в соответствии с описанием в Примере 1.

Очищенную фильтровальную ткань погрузили в 1 л деионизированной воды. С использованием 0,5 М раствора NaOH pH повысили до 9,7. Осаждение гидроксида алюминия осуществляли при 60 °C и pH 9,7 с использованием 4,6 мас.% раствора алюмината натрия и 7 мас.% раствора HCl.

Фильтровальную ткань с покрытием промыли деионизированной водой в ультразвуковой ванне в течение 10 с. и высушили при комнатной температуре.

Испытания сепарации осуществляли в соответствии с описанием в Примере 1 выше.

Сетка №	Размер пор [мкм]	Покрытие	Гексан-вода (50:50)	Гексан-соляной раствор (50:50)	Додекан-соляной раствор (50:50)	Неочищенная нефть – соляной раствор (50:50)
<b>D1</b>	20	Прямое нанесение покрытия из бёмита путем осаждения	0	0	0	~ 1%
<b>D2</b>	15		0	0	0	~ 1%
<b>D3</b>	10		0	0	0	0

Таблица 5. Процентное отношение (об.%) гидрофобной фазы испытуемых смесей, которое проходит через соответствующую фильтровальную ткань (Minimesh® RPD HIFLO-S).

**Пример 6** Нанесение гидрофильного полимерного покрытия на фильтровальную ткань

Сетки из нержавеющей стали (1.4404) Minimesh® RPD HIFLO-S (Haver & Boecker) с размером пор 20 мкм, 10 мкм и сетку DTW-S и RPD-S (Haver & Boecker) с размером пор 20 · м очищали в соответствии с описанием в Примере 1.

Для нанесения полимерного покрытия приготовили раствор гидрогелевого прекурсора с использованием 25 г акриламида, 25 г акриловой кислоты, 1,5 г N,N'-метил-бисакриламида (сшиватель), 1,0 г 2,2'-дизетоксиацетофенона (фотоинициатор) и 0,5 г полиакриламида (Mw = 2 000 000 г/моль, адгезионный агент), растворенный в 94 г деионизированной воды.

Очищенные сетки увлажнили гидрогелевым прекурсором, затем отвердили с использованием УФ-излучения (365 нм).

Испытания сепарации осуществляли в соответствии с описанием в Примере 1 выше.

Сетка №	Сетка	Размер пор [мкм]	Гексан-вода (50:50)	Гексан-соляной раствор (50:50)	Додекан-соляной раствор (50:50)	Неочищенная нефть – соляной раствор (50:50)
<b>P1</b>	RPD Hiflo-S	20	0	0	0	~ 3%
<b>P2</b>		10	0	0	0	0
<b>P3</b>	DTW	20	0	0	~ 3%	~ 3%
<b>P4</b>	RPD	20	0	0	0	~ 3%

Таблица 6. Процентное отношение (об.%) гидрофобной фазы испытуемых смесей, которая проходит через соответствующую фильтровальную ткань.



## Формула изобретения

1. Сетка с гидрофильным покрытием, причем сетка представляет собой переплетение с геометрическим размером пор менее 100 мкм, которое включает основные нити, при этом основные нити имеют диаметр  $d_w$ , и уточные нити, при этом уточные нити имеют диаметр  $d_s$ , причем диаметры  $d_s$  и  $d_w$  отличаются, по меньшей мере, в 1.1 раза, и причем поверхность сетки, по меньшей мере, частично покрыта гидрофильным покрытием, при этом гидрофильное покрытие имеет краевой угол смачивания водой менее  $10^\circ$ .

2. Сетка по п. 1, причем нити выполнены из металла, такого как сталь, нержавеющая сталь, бронза, латунь или алюминий, или из полимерных материалов, таких как полиэтилен, полипропилен, полиакриламид или полиэфирсульфон, или из натуральных волокон, таких как хлопок, целлюлоза или их смесей, предпочтительно выполнены из металлов.

3. Сетка по п. 1 или 2, причем переплетение представляет собой металлическую сетку.

4. Сетка по любому из пп. 1 - 3, причем каждая уточная нить попеременно проходит над одной и затем под следующей основной нитью, или уточная нить проходит над одной или более нитями основы и затем под двумя или более нитями основы, предпочтительно каждая уточная нить попеременно проходит над одной и затем под следующей основной нитью.

5. Сетка по любому из пп. 1 - 4, причем диаметры  $d_s$  и  $d_w$  различаются, по меньшей мере, в 1,2 раза.

6. Сетка по любому из пп. 1 - 5, причем диаметр  $d_s >$  диаметра  $d_w$ .

7. Сетка по любому из пп. 1 - 6, причем нить большего диаметра имеет диаметр в диапазоне 0,02 мм - 0,3 мм, и/или нить меньшего диаметра имеет диаметр в диапазоне 0,01 мм - 0,2 мм.

8. Сетка по любому из пп. 1 - 7, причем переплетение имеет геометрический размер пор менее 50 мкм.

9. Сетка по любому из пп. 1 - 8, причем гидрофильное покрытие имеет краевой угол смачивания водой менее  $5^\circ$ .

10. Сетка по любому из пп. 1 - 9, причем гидрофильное покрытие с краевым углом смачивания водой менее  $10^\circ$  содержит гидратированный оксид алюминия или гидрофильный полимер, сшитый тепловым или радиационным отверждением, предпочтительно содержащий гидратированный оксид алюминия.

11. Сетка по любому из пп. 1 - 10, причем толщина гидрофильного покрытия составляет менее 50 нм - 5000 нм.

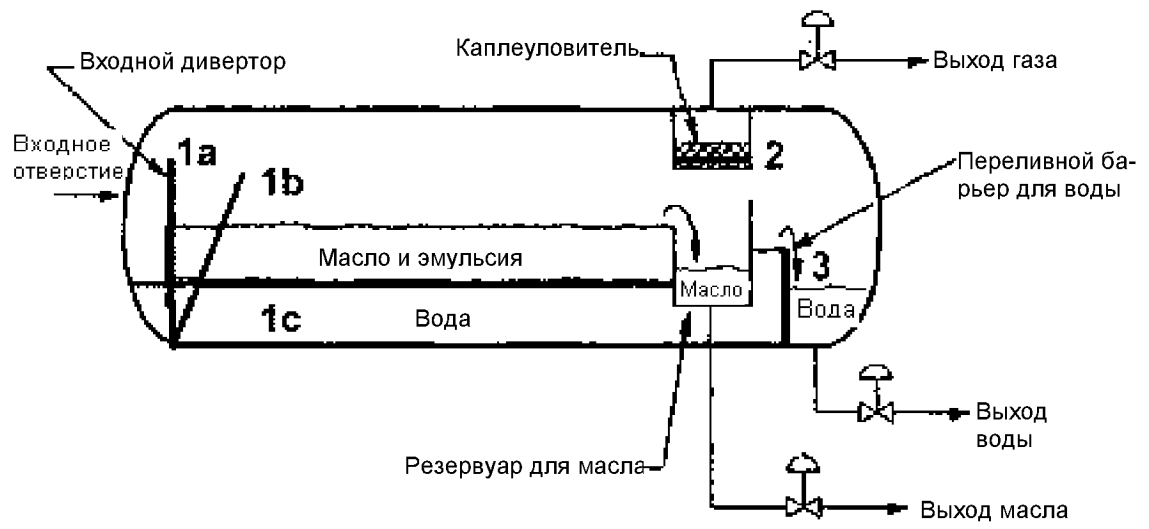
12. Способ сепарации жидкой смеси, содержащей воду и гидрофобную жидкость, в частности, сепарации воды от нефти, включающий следующий этап:

- контактирование жидкой смеси, содержащей гидрофобную жидкость и воду, с сеткой с гидрофильным покрытием по любому из пп. 1 - 11, обеспечивая возможность пропускания воды через сетку, в то время как, по меньшей мере, часть гидрофобной жидкости остается на сетке.

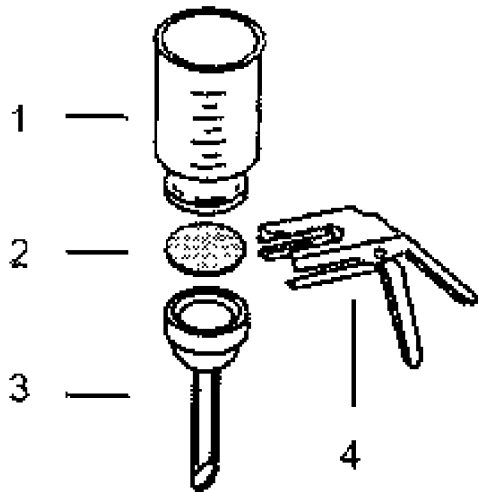
13. Способ по п. 12, причем гидрофобная жидкость представляет собой нефть.

14. Применение сетки с покрытием по любому из пп. 1 - 11 для сепарации воды от жидкой смеси, содержащей воду и гидрофобную жидкость, в частности, для сепарации воды от нефти.

15. Устройство для фильтрации в перекрёстном потоке, содержащее сетку с гидрофильным покрытием по любому из пп. 1 - 11.



Фиг. 1



Фиг. 2