

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **040004**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2022.04.08**

(51) Int. Cl. **C09K 8/524 (2006.01)**  
**E21B 37/06 (2006.01)**

(21) Номер заявки  
**201791972**

(22) Дата подачи заявки  
**2016.04.01**

---

(54) **СМЕСЬ РАСТВОРИТЕЛЕЙ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ АСФАЛЬТЕНОВ**

---

(31) **MI2015A000483**

(56) **US-A1-2010314117**

(32) **2015.04.03**

**US-A-2010130386**

(33) **IT**

**CN-A-103897680**

(43) **2018.04.30**

**US-A-5382728**

(86) **PCT/EP2016/057248**

**CN-B-102876306**

(87) **WO 2016/156584 2016.10.06**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ВЕРСАЛИС С.П.А.; ЭНИ С.П.А. (IT)**

(72) Изобретатель:  
**Казалини Алессандро, Арьенти  
Атгилио, Гидони Дарио, Пизери  
Кьяра Чечилиа (IT)**

(74) Представитель:  
**Поликарпов А.В., Соколова М.В.,  
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатьев  
А.В. (RU)**

---

(57) Предложена смесь для растворения асфальтенов, содержащая: (а) от 0,5 до 95% ароматических соединений и/или полициклических ароматических соединений, при этом указанные полициклические ароматические соединения, если они присутствуют, всегда находятся в количестве менее 10% по отношению к компоненту (а); (b) от 0,5 до 85% смеси, содержащей алифатические соединения, а также ароматические соединения в количестве менее 30% по отношению к (b); (с) от 0,5 до 20% ацетатного компонента; (d) от 3 до 70% смеси соединений, содержащих кетонные группы; при условии, что сумма компонентов (а), (b), (с) и (d) всегда составляет 100% и что указанная смесь обладает способностью к растворению, характеризующейся тем, что компонент  $\delta_d$  способности к растворению, определяемый дисперсионной силой, составляет от 17 до 20 МПа<sup>0,5</sup>, компонент  $\delta_p$  способности к растворению, определяемый полярной силой, составляет от 0,65 до 5 МПа<sup>0,5</sup>, и компонент  $\delta_h$  способности к растворению, определяемый прочностью водородных связей, составляет от 0,65 до 5 МПа<sup>0,5</sup>. В альтернативных вариантах осуществления изобретения один из компонентов (а), (b) или (с) может отсутствовать.

---

**040004 B1**

**040004 B1**

Данное изобретение относится к смеси растворителей для удаления асфальтенов, в частности асфальтенов, выпавших в осадок в сырой нефти в ходе ее добычи и/или транспортирования.

В частности, данное изобретение относится к смеси растворителей для растворения асфальтенов, выпавших в осадок в трубопроводе в ходе добычи и/или транспортирования сырой нефти, предпочтительно в добывающем трубопроводе (трубе) или транспортирующем трубопроводе для сырой нефти; и/или для растворения асфальтенов, выпавших в осадок из геологической формации, в частности в при-скважинной зоне (в горных породах нефтяного месторождения).

В данной патентной заявке все включенные в текст рабочие условия следует рассматривать как предпочтительные условия, даже если это не указано конкретно.

Для целей данного текста термин "содержит" или "включает" включает также термин "состоит из" или "по существу состоящий из".

Для целей данного документа определения диапазонов всегда включают крайние точки, если не указано иное.

В литературе известны различные патентные документы, относящиеся к той же области применения, что и данное изобретение, которые кратко описано в данном документе.

В US 2010/0314117 описаны способы и композиции для удаления органических отложений путем введения текучей среды, содержащей по меньшей мере два неполярных органических растворителя и по меньшей мере два полярных органических растворителя, позволяя этой текучей среде, по меньшей мере частично, растворить органические отложения и удаляя по меньшей мере часть указанной текучей среды. В частности, указанную текучую среду используют для удаления асфальтеновых и/или парафиновых отложений, которые образуются в нефтяных месторождениях или в трубопроводах и трещинах технологического оборудования. Применяемые полярные органические растворители включают циклопентанон, циклогексанол, сульфолан, циклогексанон, N-метил-2-пирролидон, N-метилпирролидон, пропилпирролидон, бутилпирролидон, N-метилморфолин, N-метилформамид и их смеси. Применяемые неполярные органические растворители включают D-лимонен, дипентен, дизельное топливо, керосин, нефть, альфа-пинен, бета-пинен, 1-метил-4-изопропилен-1-циклогексан и их смеси. Возможно, такие текучие среды могут содержать ингибитор для асфальтена, например, с полимерной основой, такой как смолы на основе формальдегида, содержащие алкилфенолы или сульфированные алкилфенолы.

US 2004/058827 относится к композициям ингибитора, пригодным для обработки пластовых флюидов из нефтяных и/или газовых скважин для уменьшения количества парафиновых отложений. В частности, в указанной патентной заявке описана композиция ингибитора, которая содержит: (а) полимер, отличительной особенностью которого является ингибирование роста кристаллов парафина в пластовых флюидах; (b) первый растворитель, выбранный из слабых или умеренных растворителей для парафинов; (с) второй, сильный, растворитель для парафинов; в которой компонент (а) растворен в смеси компонентов (b) и (с). Применяемый компонент (а) обладает олеофобными и олеофильными характеристиками; например, это олефин/малеиновые сложные эфиры, олефин/малеиновые имиды, этиленвинилацетаты, алкилфенольные смолы и алкилакрилаты. Применяемый компонент (b) можно выбрать из бензола, толуола, ксилола, этилбензола, пропилбензола, триметилбензола или их смесей. Компонент (с) может быть выбран из циклопентана, циклогексана, сероуглерода, декалина и их смесей.

US 7541315 относится к композициям, пригодным для обработки пластовых флюидов, получаемых в нефтяных и/или газовых скважинах, с целью уменьшения парафиновых отложений. Указанный патент описывает композицию ингибитора, включающую: (а) полимер, отличительной особенностью которого является ингибирование роста кристаллов парафина; (b) первый растворитель, выбранный из бензола, толуола, ксилола, этилбензола, пропилбензола, триметилбензола и их смесей; и (с) второй растворитель, выбранный из циклопентана, циклогексана, сероуглерода, декалина и их смесей; при этом компонент (а) растворен в смеси (b) и (с); в которой полимер (а) выбран из олефин/малеиновых сложных эфиров, олефин/малеиновых имидов, этиленвинилацетатов, алкилфенольных смол, алкилакрилатов и их смесей.

Композиции, описанные в US 2010/0314117, US 2004/058827 и US 7541315, создают некоторые критические аспекты. Применение полимера является проблематичным, поскольку его трудно диспергировать в ароматических растворителях, и возможно, особенно при низких температурах, что он скорее выделится из смеси, блокируя канал извлечения сырой нефти, чем будет предохранять его от отложений асфальтенов.

В US 5382728 описаны смеси углеводородов для растворения асфальтеновых осадков и для обработки нефтяных месторождений с целью удаления асфальтеновых отложений. Данный патент описывает тройную композицию, представленную на фиг. 1 данного патента; причем указанная композиция содержит насыщенные молекулы, алкилбензолы с  $z = -6$  и полиароматические соединения с  $z < -6$ , где  $z$  представляет степень конденсации/ненасыщенности молекулы углеводорода  $C_nH_{2n+2}$ . Вершины треугольной диаграммы фиг. 1 патента US 5382728 представляют собой: (A) 100% полиароматические соединения; (B) 100% насыщенные молекулы; (C) 100% алкилбензолы.

Хотя предельные смеси работают в случае многих типов асфальтенов, их нельзя применять с асфальтенами, которые имеют очень высокую молекулярную массу, например выше 1000 Да.

В US 5690176 описаны композиции, которые можно использовать для растворения осадков асфаль-

тена, и способы обработки нефтяных скважин, теплообменников и другого оборудования, применяемого при получении нефти, с использованием указанных смесей для удаления указанных осадков. Композиции, описанные в US 5690176, содержат высокий уровень углеводов и небольшие количества азот-содержащих гетероциклических соединений. Эти композиции содержат: (a) углеводородную фракцию, которая состоит из по меньшей мере 70% ароматических и алкилароматических углеводов, у которых алкильная группа содержит от 1 до 4 атомов углерода; (b) хинолиновую и изохинолиновую фракцию, в исходном виде или алкилзамещенную, в которой алкильная группа содержит от 1 до 4 атомов углерода; при этом массовое отношение между (a) и (b) составляет от 97,5/2,5 до 75/25.

US 2009/118380 относится к способу получения наноэмульсий типа вода-в-масле или масло-в-воде; указанный способ предусматривает, что дисперсная фаза распределена в форме капель, которые имеют диаметр в диапазоне от 1 до 500 нм, и включает следующие стадии:

1) приготовление однородной смеси (A) вода/масло, характеризующейся поверхностным натяжением ниже 1 мН/м, содержащей воду в количестве от 30 до 70 мас.%, по меньшей мере два поверхностно-активных агента, имеющие различный гидрофильно-липофильный баланс (HLB), выбранные из неионных, анионных, полимерных поверхностно-активных агентов;

2) разбавление указанной однородной смеси вода/масло в дисперсионной среде, качество которой и количество поверхностно-активного агента являются такими, чтобы получить наноэмульсию, имеющую HLB, отличный от (A).

Наноэмульсии, описанные в US 2009/118380, можно использовать в качестве ингибиторов для асфальтенов, предотвращающих объединение асфальтенов в агрегаты и кластеры. Этот способ является трудоемким и трудным для применения при добыче сырой нефти. Для этого сектора требуется система со стабильными растворителями, которую можно легко транспортировать или легко приготовить *in situ*, а наноэмульсионная технология этим требованиям не удовлетворяет.

US 6984614 относится к композициям для удаления парафинов, восков или асфальтенов в подземных формациях, емкостях для хранения и трубах. Указанные композиции включают (a) водный раствор, содержащий от 18 до 25% гидроксида натрия; (b) раствор уксусной кислоты, содержащий от 30 до 55 мас.%, уксусной кислоты по отношению к гидроксиду натрия; (c) от 15 до 40 мас.% по отношению к гидроксиду натрия жидкого ароматического углеводорода, который имеет от 6 до 10 атомов углерода.

Эта технология, основанная на трех фазах, является усложненной и не всегда способна растворять менее полярные асфальтены, для которых как сода, так и уксусная кислота являются недостаточно эффективными.

US 2014/0202700 относится к биоразлагаемым эмульсиям для удаления асфальтенов, парафинов и отложений, которые накапливаются в скважинах и вдоль стенок трубопроводов нефтяных установок. Указанные эмульсии не содержат ароматических растворителей и содержат жидкую смесь внешней непрерывной фазы, содержащую экстракт кожуры апельсинов, внутреннюю дискретную фазу и два отдельных эмульгатора.

Хотя эти эмульсии являются эффективными, их приготовление является трудоемким, так как оно основано на использовании эмульсии, которую следует приготовить *in situ* и которую трудно транспортировать без риска разделения компонентов.

Целью данного изобретения является удаление асфальтенов, в частности асфальтенов, выпавших в осадок в сырой нефти в ходе ее добычи или транспортирования.

Дополнительной целью данного изобретения является растворение асфальтенов, образующихся в ходе получения сырой нефти, выпавших в осадок в трубопроводе или на дне скважины.

Для достижения указанной цели заявлено использование смеси растворителей, которая отличается от существующего уровня техники, поскольку обычно указанные растворители в виде индивидуальных компонентов считаются непригодными для целей данного изобретения. Более того, растворители Versalis имеют неизвестный или переменный состав, являясь сложными продуктами реакции или биологическими материалами, а не чистыми соединениями, за исключением кетонного растворителя.

Асфальтены представляют собой класс липофильных поверхностно-активных углеводородных соединений, по своей природе метастабильных в сырой нефти, где при некоторых термодинамических условиях, например при скачке температуры или давления, они склонны выпадать в осадок и таким образом образовывать хлопья, которые могут понизить проницаемость геологической формации или снизить сечение прохода в применяемых для добычи трубопроводах (тюбингах).

Таким образом, предметом данного изобретения является смесь для растворения асфальтенов, содержащая:

a) от 0,5 до 95% ароматических соединений и/или полициклических ароматических соединений, при этом указанные полициклические ароматические соединения, если они присутствуют, всегда находятся в количестве менее 10% по отношению к компоненту (a);

b) от 0,5 до 85% смеси, содержащей алифатические соединения, а также ароматические соединения в количестве менее 30% по отношению к (b);

d) от 1 до 50% смеси соединений, содержащих кетонные группы;

при условии, что указанная смесь растворителей содержит три компонента, одним из которых является (d), а два другие представляют собой (a) и (b), и их сумма всегда составляет 100%, и при условии, что указанная смесь обладает способностью к растворению, измеряемой параметрами Хансена, характеризующейся тем, что компонент  $\delta_d$  способности к растворению, определяемый дисперсионной силой, составляет от 17 до 20 МПа<sup>0,5</sup>, компонент  $\delta_p$  способности к растворению, определяемый полярной силой, составляет от 0,65 до 5 МПа<sup>0,5</sup>, а компонент  $\delta_h$  способности к растворению, определяемый прочностью водородных связей, составляет от 0,65 до 5 МПа<sup>0,5</sup>.

В другом воплощении изобретения, предложена смесь для растворения асфальтенов, содержащая:

a) от 0,5 до 95% ароматических соединений и/или полициклических ароматических соединений, при этом указанные полициклические ароматические соединения, если они присутствуют, всегда находятся в количестве менее 10% по отношению к компоненту (a);

c) от 0,5 до 20% ацетатного компонента;

d) от 1 до 50% смеси соединений, содержащих кетонные группы;

при условии, что указанная смесь растворителей содержит три компонента, одним из которых является (d), а два другие представляют собой (a) и (c), и их сумма всегда составляет 100%, и при условии, что указанная смесь обладает способностью к растворению, измеряемой параметрами Хансена, характеризующейся тем, что компонент  $\delta_d$  способности к растворению, определяемый дисперсионной силой, составляет от 17 до 20 МПа<sup>0,5</sup>, компонент  $\delta_p$  способности к растворению, определяемый полярной силой, составляет от 0,65 до 5 МПа<sup>0,5</sup>, а компонент  $\delta_h$  способности к растворению, определяемый прочностью водородных связей, составляет от 0,65 до 5 МПа<sup>0,5</sup>.

В еще одном воплощении изобретения предложена смесь для растворения асфальтенов, содержащая:

b) от 0,5 до 85% смеси, содержащей алифатические соединения, а также ароматические соединения в количестве менее 30% по отношению к (b);

c) от 0,5 до 20% ацетатного компонента;

d) от 1 до 50% смеси соединений, содержащих кетонные группы;

при условии, что указанная смесь растворителей содержит три компонента, одним из которых является (d), а два другие представляют собой (b) и (c), и их сумма всегда составляет 100%, и при условии, что указанная смесь обладает способностью к растворению, измеряемой параметрами Хансена, характеризующейся тем, что компонент  $\delta_d$  способности к растворению, определяемый дисперсионной силой, составляет от 17 до 20 МПа<sup>0,5</sup>, компонент  $\delta_p$  способности к растворению, определяемый полярной силой, составляет от 0,65 до 5 МПа<sup>0,5</sup>, а компонент  $\delta_h$  способности к растворению, определяемый прочностью водородных связей, составляет от 0,65 до 5 МПа<sup>0,5</sup>.

Согласно еще одному воплощению изобретения предложена смесь для растворения асфальтенов, содержащая:

a) от 0,5 до 95% ароматических соединений и/или полициклических ароматических соединений, при этом указанные полициклические ароматические соединения, если они присутствуют, всегда находятся в количестве менее 10% по отношению к компоненту (a);

b) от 0,5% до 85% смеси, содержащей алифатические соединения, а также ароматические соединения в количестве менее 30% по отношению к (b);

c) от 0,5% до 20% ацетатного компонента;

d) от 3% до 70% смеси соединений, содержащих кетонные группы;

при условии, что сумма компонентов (a), (b), (c) и (d) всегда составляет 100% и что указанная смесь обладает способностью к растворению, характеризующейся тем, что компонент  $\delta_d$  способности к растворению, определяемый дисперсионной силой, составляет от 17 до 20 МПа<sup>0,5</sup>, компонент  $\delta_p$  способности к растворению, определяемый полярной силой, составляет от 0,65 до 5 МПа<sup>0,5</sup>, и компонент  $\delta_h$  способности к растворению, определяемый прочностью водородных связей, составляет от 0,65 до 5 МПа<sup>0,5</sup>.

Каждый параметр Хансена рассчитывают с применением средневзвешенных величин соответствующих значений для индивидуальных растворителей.

Неожиданно, в соответствии с концепцией данной патентной заявки, описанная и заявленная смесь полностью растворяет образцы асфальтена, не оставляя осадков, особенно в рабочих условиях, указанных в данном тексте и в примерах.

Описанная и заявленная смесь имеет следующие технические преимущества:

полное удаление отложений асфальтена по существу увеличивает производительность скважины, гарантируя также непрерывность производства и, следовательно, предотвращая прерывание процесса из-за явлений непроходимости трубопровода;

смесь обладает пониженной пожароопасностью, несмотря на то, что она имеет достаточно высокую температуру вспышки, что делает ее адекватно безопасной при использовании в ходе добычи и получения нефти;

смесь удаляет асфальтены за короткое время, даже в отсутствие перемешивания растворителя по отношению к отложениям, то есть в статических условиях контакта. См. примеры;

смесь пригодна для обработки всех типов асфальтенов благодаря возможности изменять соотношение компонентов в соответствии с типом асфальтенов, которые нужно растворить;  
 смесь оказывает незначительное воздействие на окружающую среду;  
 смесь легко приготовить в отношениях, указанных в соответствии с существующим уровнем техники;  
 смесь является стабильной, таким образом, ее легко транспортировать, в том числе и в труднодоступные места;  
 смесь также эффективна и при низких температурах;  
 легко можно получить подходящую температуру вспышки для различных видов сырой нефти, даже выше 61°C.

#### Подробное описание

Данная патентная заявка относится к смеси, которая содержит:

a) от 0,5 до 95% ароматических соединений и/или полициклических ароматических соединений, при этом указанные полициклические ароматические соединения, если они присутствуют, всегда находятся в количестве менее 10% по отношению к компоненту (a);

b) от 0,5 до 85% смеси, содержащей алифатические соединения, а также ароматические соединения в количестве менее 30% по отношению к (b);

c) от 0,5 до 20% ацетатного компонента;

d) от 3 до 70% смеси соединений, содержащих кетонные группы;

при условии, что указанная смесь растворителей содержит по меньшей мере три компонента, одним из которых является (d), а два другие выбраны из (a), (b) или (c), и их сумма всегда составляет 100%, и при условии, что указанная смесь обладает способностью к растворению, измеряемой параметрами Хансена, характеризующейся тем, что компонент  $\delta_d$  способности к растворению, определяемый дисперсионной силой, составляет от 17 до 20 МПа<sup>0,5</sup>, компонент  $\delta_p$  способности к растворению, определяемый полярной силой, составляет от 0,65 до 5 МПа<sup>0,5</sup>, и компонент  $\delta_h$  способности к растворению, определяемый прочностью водородных связей, составляет от 0,65 до 5 МПа<sup>0,5</sup>.

Все процентные составы, указанные в данной патентной заявке, можно рассматривать на массовой основе.

В смесях, описанных и заявленных в данной патентной заявке, компонент  $\delta_d$  способности к растворению, определяемый дисперсионной силой, составляет от 17 до 20 МПа<sup>0,5</sup>, компонент  $\delta_p$  способности к растворению, определяемый полярной силой, составляет от 0,65 до 5 МПа<sup>0,5</sup>, и компонент  $\delta_h$  способности к растворению, определяемый прочностью водородных связей, составляет от 0,65 до 5 МПа<sup>0,5</sup>.

В смесях, описанных и заявленных в данной патентной заявке, компонент (a) предпочтительно может находиться в диапазоне от 0,5 до 95%, более предпочтительно от 3 до 95%, более предпочтительно от 10 до 95%, более предпочтительно от 50 до 95%.

В смесях, описанных и заявленных в данной патентной заявке, компонент (b) предпочтительно может находиться в диапазоне от 0,5 до 85%, более предпочтительно от 3 до 85%, более предпочтительно от 10 до 75%, более предпочтительно от 30 до 70%.

В смесях, описанных и заявленных в данной патентной заявке, компонент (c) предпочтительно может находиться в диапазоне от 0,5 до 20%, более предпочтительно от 3 до 20%, более предпочтительно от 5 до 15%.

В смесях, описанных и заявленных в данной патентной заявке, компонент (d) предпочтительно может находиться в диапазоне от 3 до 70%, более предпочтительно от 3 до 60%, более предпочтительно от 3 до 55%.

В смесях, описанных и заявленных в данной патентной заявке, компонент (a) предпочтительно может быть выбран из изомеров триметилбензола, ароматических соединений, имеющих молекулярную массу, которая составляет от 78 до 128 кг/кмоль, ароматических соединений, содержащих по меньшей мере одно нафталиновое кольцо, которые всегда должны присутствовать в количествах менее 10% по отношению к (a). Более предпочтительно компонент (a) можно выбрать из гемимеллитена (известного также как 1,2,3-триметилбензол, вицинальный триметилбензол), псевдокумола (известного также как 1,2,4-триметилбензол, асимметричный триметилбензол) и мезитилена (1,3,5-триметилбензол, симметричный триметилбензол), изопропилбензола (кумола), н-пропилбензола, 3-этилтолуола, 2-этилтолуола, 4-этилтолуола; десульфированного терпентина (см. табл. 3-5), о-ксилола, п-ксилола, м-ксилола и смесей ксилолов (см. табл. 3-5); растворителя, содержащего по меньшей мере 60% ароматических углеводородов, например Solvesso 100 или 150; или смеси алкилбензолов, более предпочтительно полиэтилбензолов, еще более предпочтительно диэтилбензолов; триэлина; и их смесей.

В смесях, описанных и заявленных в данной патентной заявке, компонент (b) предпочтительно может быть выбран из судового дизельного топлива, декана или додекана, а также их смесей.

В смесях, описанных и заявленных в данной патентной заявке, компонент (b) образован из смеси, содержащей по меньшей мере 30% алифатических соединений, а также ароматические соединения в количестве менее 30% по отношению к (b); и указанная смесь обладает способностью к растворению, ха-

рактирующей тем, что компонент  $\delta_d$  способности к растворению, определяемый дисперсионной силой, составляет от 17 до 19 МПа<sup>0,5</sup>.

В смесях, описанных и заявленных в данной патентной заявке, компонент (с) предпочтительно может быть выбран из бутилацетата, 2-этилгексилацетата, алкилдиациетатов или бутилдигликольацетата, а также их смесей.

В смесях, описанных и заявленных в данной патентной заявке, компонент (d) предпочтительно может быть выбран из алифатических, фенилалифатических или циклических алифатических кетонов, а также их смесей; более предпочтительно он может быть выбран из ацетона, ацетофенона, циклогексанона, циклопентанона, циклогептанона и их смесей. Особенно предпочтительно компонент (d) может представлять собой смесь, которая содержит от 30 до 70% циклогексанона и от 70 до 30% ацетофенона (коммерческий продукт, известный как Versalis e-solv G).

Смеси, описанные и заявленные в данной патентной заявке, можно приготовить в соответствии со способами существующего уровня техники. Предпочтительный способ приготовления указанных смесей предусматривает смешивание различных компонентов непосредственно в танкерах, применяя соответствующую последовательность загрузки; или он предусматривает смешивание компонентов в предназначенной для этого емкости. Смеси, описанные и заявленные в данной патентной заявке, можно применять в ходе операции закачивания и/или введения добавок, смешивая их одновременно с другими продуктами, которые иначе были бы несовместимыми с полициклическими ароматическими соединениями (например, асфальтеном), как в ходе транспортировки сырой нефти, так и в ходе ее добычи.

Смеси, описанные и заявленные в данной патентной заявке, можно выбрать из очень большого числа комбинаций, в соответствии со стоимостью компонентов, исходя из баланса стоимости-эффективности, а также исходя из необходимости получения температуры вспышки не менее 61°C, то есть выше, чем минимальная величина, необходимая для данного применения.

Асфальтены представляют собой класс углеводородных соединений; в частности, их определяют на основе их растворимости в растворителях. В этом смысле асфальтены представляют собой фракцию сырой нефти, которая нерастворима в легких алифатических углеводородах (таких как пентан или гептан), но растворима в ароматических растворителях (например, в толуоле). На основании концепции растворимости были разработаны различные способы извлечения и определения содержания асфальтенов. Один из наиболее простых и экономически эффективных лабораторных методов заключается в разделении извлеченной нефти, из которой удален газ, на насыщенные соединения, ароматические соединения, смолы и асфальтены (Saturates, Aromatics, Resins and Asphaltenes - SARA), используя различные способности к растворению и полярности.

Фракцию SARA отделяют от других компонентов путем добавления n-алкана (например, n-гептана или пропана). Оставшиеся компоненты - мальтены - разделяют путем фракционирования с использованием различных растворителей (D.Vazquez, G.A.Mansoori, Journal of Petroleum Science and Engineering 26 (2000) 49-55).

Асфальтены являются темными, хрупкими твердыми веществами с плотностью 1,2 г/см<sup>3</sup>. Они не имеют температуры плавления, но разлагаются при нагревании, оставляя углеродистый осадок (D.Vazquez, G. A.Mansoori, Journal of Petroleum Science and Engineering 26 (2000) 49-55).

Асфальтены содержат различные полиароматические структуры с алифатическими цепями, гетероатомами (сера, азот, кислород), металлами, такими как никель, ванадий и железо, в процентном содержании, которое изменяется в зависимости от типа нефти. Металлы образуют комплексы и обеспечивают электрические заряды, что может влиять на осадок асфальтенов.

Средний состав по каждому элементу в асфальтенах приведен в табл. 1 (Trejo et al., Asphaltenes Chemical Transformation during Hydroprocessing of Heavy Oils (Химическое преобразование асфальтенов в ходе гидрообработки тяжелых нефтей), CRC Press).

Таблица 1

Элемент	% масс.
C	76-86
H	7,3-8,5
S	5-9
O	0,7-1,2
N	1,3-1,4
Металлы (Ni, V, Fe)	0,1-0,2

Смесь, описанная и заявленная в данной патентной заявке, содержит различные компоненты; следовательно, было необходимо предсказать действие растворителя в отношении асфальтенов посредством параметров способности к растворению, исследованных Хильдебрандом (Hildebrand) в 1940-х годах и упорядоченных Хансеном (Hansen) по трем составляющим:  $\delta_p$  (полярная),  $\delta_h$  (водородные связи),  $\delta_d$  (дисперсия). Параметры Хансена оценивают три важные силы, влияющие на способность к растворению,

сумма квадратов которых представляет собой параметр "Способность к растворению по Хильдебранду", согласно следующему уравнению:  $\delta_t^2 = \delta_p^2 + \delta_h^2 + \delta_d^2$ .

$\delta_t$  представляет собой общий параметр способности к растворению по Хильдебранду,  $\delta_d$  представляет собой компонент способности к растворению, определяемый дисперсионной силой,  $\delta_p$  представляет собой компонент способности к растворению, определяемый полярной силой, и  $\delta_h$  представляет собой компонент способности к растворению, определяемый прочностью водородных связей.

$\delta_d$  представляет дисперсионную или когезионную силу. В неполярных растворителях эта сила является преобладающей. Это мера молекулярных взаимодействий, возникающих за счет временных различий распределения электронов. Для оценки дисперсионной силы можно использовать теплоту испарения.

$\delta_p$  является оценкой когезионной полярной силы. Это сила, создаваемая постоянным различием плотности электронов, которая возникает, когда в одной и той же молекуле находятся электроноизбыточные атомы и электронодефицитные атомы. Полярные силы можно оценить с помощью дипольных моментов молекул.

$\delta_h$  представляет собой параметр, определяемый водородными связями. Он является мерой способности к обмену электронами посредством водородных связей. Его можно оценить с помощью теплоты смешивания или рассчитать как разность по отношению к другим параметрам.

В табл. 2 приведены параметры Хансена для двух асфальтенов, извлеченных из скважины в Канаде (CaAs) и из скважины на Среднем Востоке (ArAs1), рассчитанные Takashi Sato et al. (Takashi Sato, Sadao Araki, Masato Morimoto, Hideki Yamamoto; Energy Fuels 2014, 28, 891-897).

Таблица 2

Асфальтен	$\delta_d$ (+/- 0,1)	$\delta_p$ (+/- 0,1)	$\delta_h$ (+/- 0,1)
CaA	19	4,2	4,4
ArAs1	19,4	3,4	4,2

### Примеры

Ниже проиллюстрированы несколько описательных примеров, не ограничивающих данное изобретение.

Экспериментальные опыты были проведены с помощью методов, описанных в данном тексте.

Указанный метод основан на потере массы образца асфальтена, помещенного в металлический сетчатый тигель и статически погруженного в смесь растворителей на определенное время. Используют следующее лабораторное оборудование: высокий лабораторный стакан емкостью 100 мл, аналитические весы с точностью 0,0001 г, шпатель, пинцет, сетчатый тигель из нержавеющей стали диаметром 10 мм, высотой примерно 20 мм, размером ячейки сетки 0,14 мм, пентан.

Пустой тигель взвешивали после того, как он был вымыт и высушен ( $P_{\text{сrog}}$ ). В тигель помещали примерно 0,2 г точно взвешенного осадка асфальтена. Взвешивали тигель, содержащий образец ( $P_{\text{нач}}$ ). С помощью пинцета погружали тигель, содержащий образец, в стакан, содержащий 100 мл смеси растворителей, подвергаемой испытанию. Образец, опущенный на дно стакана, оставляли погруженным в смесь растворителей в течение 100 мин без перемешивания или перемещения сосуда. Также с помощью пинцета тигель извлекали и удаляли избыток растворителя, проводя экстракцию путем трехкратного погружения в стакан, содержащий пентан. Образец оставляли для высушивания под током воздуха в вытяжном шкафу в течение по меньшей мере одной ночи. Взвешивали тигель с оставшимся образцом ( $P_{\text{кон}}$ ).

$P_{\text{сrog}}$  представляет массу пустого тигля,  $P_{\text{нач}}$  представляет массу тигля с исходным образцом, а  $P_{\text{кон}}$  - массу тигля с образцом в конце испытания.

Процентное содержание растворенного асфальтена рассчитывали по следующей формуле:

$$\% \text{ (растворенного в-ва)} = \left( 1 - \frac{P_{\text{кон}} - P_{\text{сrog}}}{P_{\text{нач}} - P_{\text{сrog}}} \right) \times 100$$

В сравнительных примерах и в примерах по данному изобретению приведены ссылки на табл. 3, 4, 5 и 6. Опыты, в которых асфальтены растворились по меньшей мере на 50%, считаются успешно прошедшими; очень хорошие результаты получаются, если растворение асфальтенов составляет по меньшей мере 80%; прекрасные результаты получаются, если асфальтены растворены на 100%.

### Сравнительные примеры С1-С7

Были осуществлены различные сравнительные примеры, в которых обычно в качестве компонента, присутствующего в наибольшем количестве, использовали дизельное топливо. Другие компоненты изменяются и присутствуют в меньших количествах. Такие опыты давали отрицательный результат с точки зрения возможности растворения асфальтенов, как указано в табл.3. Растворение асфальтенов составляло менее 50% или даже, в некоторых случаях, ноль. Чистый полиэтилбензол также давал отрицательный результат. Как можно видеть, компоненты  $\delta_p$  и  $\delta_h$  в некоторых сравнительных испытаниях находились ниже предела 0,65 или выше 4 или компонент  $\delta_d$  находился ниже предела 17.

## Примеры IN1-IN23 по данному изобретению

Были осуществлены многочисленные примеры, представительные для данного изобретения. См. табл. 4, 5 и 6, в которых отмечено очень хорошее или превосходное растворение асфальтенов, то есть всегда выше 80%.

## Результаты экспериментальных опытов

В табл. 3 представлены все результаты проведенных опытов, с использованием в приготовленных смесях как преимущественно алифатических компонентов, так и ароматических компонентов. В обоих случаях было возможно обеспечить по меньшей мере 80% растворение асфальтенов - очень хороший результат, принимая меры, чтобы соответствующим образом отрегулировать содержание всех других присутствующих компонентов (совместных растворителей). Процентное содержание растворенного асфальтена показано в строке "Растворенный - %". Первые столбцы указывают дисперсионный ( $\delta_d$ ), полярный ( $\delta_p$ ) и Ван-дер-Ваальсовый (характеризующий водородные связи) ( $\delta_h$ ) компоненты индивидуальных растворителей, применяемых для растворения асфальтена. Второй столбец содержит общий параметр Хильдебранда, рассчитанный по трем вышеуказанным компонентам. Индивидуальные компоненты для расчета параметра Хильдебранда были взяты из работы С. Hansen, Hansen Solubility Parameters, A User Handbook (Параметры способности к растворению по Хансену, Справочник пользователя), 2-е изд., 2007, CRC Press.

Одни лишь углеводородные компоненты смеси растворителей, как ароматические, так и алифатические, обеспечивают растворение асфальтенов менее 25%, а в некоторых случаях даже нулевое.

Необходимо ввести в смесь полярный компонент, такой как кетон, чтобы достичь полного растворения асфальтеновых отложений. С другой стороны, асфальтены имеют в своей структуре гетероатомы, которые вносят в систему полярный компонент.

Для того, чтобы работать эффективно, новая смесь растворителей должна иметь значение параметра способности к растворению по Хансену, рассчитанное с помощью дисперсионного ( $\delta_d$ ), полярного ( $\delta_p$ ) и Ван-дер-Ваальсового (характеризующего водородные связи) ( $\delta_h$ ) компонентов, указанных ниже:

( $\delta_d$ ): от 17 до 20 МПа<sup>0,5</sup>

( $\delta_p$ ): от 0,65 до 5 МПа<sup>0,5</sup>

( $\delta_h$ ): от 0,65 до 5 МПа<sup>0,5</sup>

В свете этих соображений для практической оценки были выбраны растворители на основе ароматических соединений с добавленной к ним смесью кетонных растворителей (предпочтительно ацетофенона с циклогексаноном), которые обеспечивают хорошую температуру вспышки, соответствующую плотность, устойчивость к влажности и хороший профиль обеспечения здоровья и безопасности (Health and Safety Executive, HSE).

Следующие примечания относятся к табл. 3-6 и к описанию.

- (1) Jet A1: керосин для реактивных двигателей
- (2) Десульфированный терпентин: смесь алифатических углеводородов декана/додекана 50/50 (один из компонентов в в описанной и заявленной смеси)
- (3) Судовое дизельное топливо: дизельное топливо с максимальным содержанием серы 2%, например судовое топливо Exxon Mobil.
- (4) Смесь ксилолов, например, 60% м-ксилола/20% о-ксилола/20% п-ксилола.
- (5) Продукт реформинга: полученный при реформинге тип нефти с CAS = 68919-37-9.
- (6) C9: смесь C9 ароматики, содержащая изопропилбензол (кумол), н-пропилбензол, 3-этилтолуол, 2-этилтолуол, 4-этилтолуол, 1,3,5-триметилбензол, 1,2,4-триметилбензол (с завода Versalis в Дюнкерке).
- (7) Кубовый остаток колонны C1B завода Versalis в Sargoch, содержащий 56% триметилбензола; остальную часть составляют этилдиметилбензолы, диэтилбензолы и нафталины.
- (8) Верхний погон колонны C1A завода Versalis в Sargoch, содержащий 68% этилтолуола, 19% триметилбензола, 3% кумола, 10% н-пропилбензола.

Таблица 3

Компонент	Параметр Хильдебранда	$\delta_d$	$\delta_p$	$\delta_h$	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
					%	%	%	%	%	%	
Декалин	18,0	18	0	0	50						
Solvesso 150	18,1	18	1	1							
Jet A1 <sup>(1)</sup>	17,5	17,5	0,5	0,5							
Десульфированный терпентин <sup>(2)</sup>	17,5	17,5	0,5	0,5							
Судовое дизельное топливо <sup>(3)</sup>	16,3	16,3	0	0	50	50	50	75	75	75	
Смесь ксилолов <sup>(4)</sup> (60/20/20)	18,0	17,7	1	3,1	50						
Полиэтилбензолы	17,5	17,5	0,5	0,5				25			100
Диэтилбензолы	17,8	17,8	0,1	0,8					25		
Псевдокумол	18,1	18	1	1							
Продукт реформинга <sup>(5)</sup>	17,8	17,8	0,1	0,8							
C9 <sup>(6)</sup>	17,8	17,8	0,1	0,8			25				
Тетралин	19,9	19,6	2	2,9			25				
Циклогексанон	19,6	17,8	6,3	5,1						5	
Олон	20,6	17,6	5,2	9,3							
Ацетофенон	21,7	19,6	8,6	3,7						10	
Диметилсульфоксид	26,7	18,4	16,4	10,2						10	
<b>Растворено - %</b>					<b>0</b>	<b>0</b>	<b>23</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Параметр Хильдебранда для смеси					17,2	17,1	17,6	16,6	16,7	18,0	17,5
$\delta_d$ для смеси					17,2	17,0	17,5	16,6	16,7	16,9	17,5
$\delta_p$ для смеси					0,0	0,5	0,5	0,1	0,0	2,8	0,5
$\delta_h$ для смеси					0,0	1,6	0,9	0,1	0,2	1,6	0,5

Таблица 4

Компонент	Параметр Хильдебранда	$\delta_d$	$\delta_p$	$\delta_h$	IN1	IN2	IN3	IN4	IN5	IN6	IN7	IN8	IN9
					%	%	%	%	%	%	%	%	
Декалин	18,0	18	0	0									
Solvesso 150a	18,1	18	1	1									80
Jet A1 <sup>(1)</sup>	17,5	17,5	0,5	0,5						30			
Десульфированный терпентин <sup>(2)</sup>	17,5	17,5	0,5	0,5			60		30				
Судовое дизельное топливо <sup>(3)</sup>	16,3	16,3	0	0					30	30			
Смесь ксилолов <sup>(4)</sup> (60/20/20)	18,0	17,7	1	3,1									
Полиэтилбензолы	17,5	17,5	0,5	0,5									
Диэтилбензолы	17,8	17,8	0,1	0,8	75	70		80			85		
Псевдокумол	18,1	18	1	1									
FC-1B <sup>(7)</sup>	18,1	18	1	1									
Продукт реформинга <sup>(5)</sup>	17,8	17,8	0,1	0,8									
C9 <sup>(6)</sup>	17,8	17,8	0,1	0,8								80	
Тетралин	19,9	19,6	2	2,9									
Циклогексанон	19,6	17,8	6,3	5,1	10	10	20	10	20	20	5	10	10
Олон	20,6	17,6	5,2	9,3									
Ацетофенон	21,7	19,6	8,6	3,7	15	15	20	10	20	20	10	10	10
Диметилсульфоксид	26,7	18,4	16,4	10,2		5							
<b>Растворено - %</b>					<b>100</b>	<b>99</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>89</b>	<b>89</b>	<b>98</b>	<b>84</b>	<b>99</b>
Параметр Хильдебранда для смеси					18,6	18,1	18,8	18,4	18,4	18,4	18,3	18,4	18,
$\delta_d$ для смеси					18,1	18,1	18,0	18,0	17,6	17,6	18,0	18,0	18,
$\delta_p$ для смеси					2,0	2,8	3,0	1,6	3,1	3,1	1,3	1,6	2,3
$\delta_h$ для смеси					1,7	2,1	1,8	1,5	1,9	1,9	1,3	1,5	1,7

Таблица 5

Компонент	Параметр Хильдебранда	$\delta_d$	$\delta_p$	$\delta_n$	IN10	IN11	IN12	IN13	IN14	IN15	IN16	IN17	IN18	IN19
					%	%	%	%	%	%	%	%	%	
Декалин	18,0	18	0	0										
Solvesso 150a	18,1	18	1	1				90			94			
Jet A1 <sup>(1)</sup>	17,5	17,5	0,5	0,5		80	70		70	76				
Десульфированный терпентин <sup>(2)</sup>	17,5	17,5	0,5	0,5										
Судовое дизельное топливо <sup>(3)</sup>	16,3	16,3	0	0										
Смесь ксиололов <sup>(4)</sup> (60/20/20)	18,0	17,7	1	3,1										
Полиэтилбензолы	17,5	17,5	0,5	0,5										
Диэтилбензолы	17,8	17,8	0,1	0,8										
Псевдокумол	18,1	18	1	1										94
FC-1B <sup>(7)</sup>	18,1	18	1	1								94		
T-C1A <sup>(8)</sup>	18,1	18	1	1									94	
Продукт реформинга <sup>(5)</sup>	17,8	17,8	0,1	0,8	80									
C9 <sup>(6)</sup>	17,8	17,8	0,1	0,8										
Тетралин	19,9	19,6	2	2,9										
Циклогексанон	19,6	17,8	6,3	5,1	10	10	15	5	20	16	3	3	3	3
Олон	20,6	17,6	5,2	9,3										
Ацетофенон	21,7	19,6	8,6	3,7	10	10	15	5	10	8	3	3	3	3
Диметилсульфоксид	26,7	18,4	16,4	10,2										
<b>Растворено - %</b>					<b>100</b>	<b>81</b>	<b>96</b>	<b>98</b>	<b>97</b>	<b>84</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Параметр Хильдебранда для смеси					18,4	18,1	18,5	18,3	18,3	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2
$\delta_d$ для смеси					18,0	17,7	17,9	18,1	17,8	17,7	18,0	18,0	18,0	18,0
$\delta_p$ для смеси					1,6	1,9	2,6	1,6	2,5	2,1	1,4	1,4	1,4	1,4
$\delta_n$ для смеси					1,5	1,3	1,7	1,3	1,7	1,5	1,2	1,2	1,2	1,2

Таблица 6

Компонент	Параметр Хильдебранда	$\delta_d$	$\delta_p$	$\delta_n$	IN20	IN21	IN22	IN23
					%	%	%	%
Декалин	18,0	18	0	0				
Solvesso 150	18,1	18	1	1				
Jet A1 <sup>(1)</sup>	17,5	17,5	0,5	0,5	83,1	81,9	81,9	
Десульфированный терпентин <sup>(2)</sup>	17,5	17,5	0,5	0,5				
Судовое дизельное топливо <sup>(3)</sup>	16,3	16,3	0	0				
Смесь ксиололов <sup>(4)</sup> (60/20/20)	18,0	17,7	1	3,1				
Полиэтилбензолы	17,5	17,5	0,5	0,5				
Диэтилбензолы	17,8	17,8	0,1	0,8				81,9
Псевдокумол	18,1	18	1	1				
FC-1B <sup>(7)</sup>	18,1	18	1	1				
T-C1A <sup>(8)</sup>	18,1	18	1	1				
Продукт реформинга <sup>(5)</sup>	17,8	17,8	0,1	0,8				
C9 <sup>(6)</sup>	17,8	17,8	0,1	0,8				
Тетралин	19,9	19,6	2	2,9				
Циклогексанон	19,6	17,8	6,3	5,1	4,3	4,5	4,5	4,5
Олон	20,6	17,6	5,2	9,3				
Ацетофенон	21,7	19,6	8,6	3,7	4,3	4,5	4,5	
Диметилсульфоксид	26,7	18,4	16,4	10,2				
n-бутилацетат	17,4	15,8	3,7	6,3	8,3	9,1		
2-этилгексилатетат	16,9	15,8	2,9	5,1			9,1	9,1
<b>Растворено - %</b>					<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Параметр Хильдебранда для смеси					18,3	18,3	18,2	18,0
$\delta_d$ для смеси					17,9	17,9	17,9	17,7
$\delta_p$ для смеси					1,8	1,8	1,5	0,8
$\delta_n$ для смеси					1,7	1,8	1,7	1,5

### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Смесь для растворения асфальтенов, содержащая:

а) от 0,5 до 95% ароматических соединений и/или полициклических ароматических соединений, при этом указанные полициклические ароматические соединения, если они присутствуют, всегда находятся в количестве менее 10% по отношению к компоненту (а);

б) от 0,5 до 85% смеси, содержащей алифатические соединения, а также ароматические соединения в количестве менее 30% по отношению к (б);

д) от 1 до 50% смеси соединений, содержащих кетонные группы;

при условии, что указанная смесь растворителей содержит три компонента, одним из которых является (д), а два другие представляют собой (а) и (б), и их сумма всегда составляет 100%, и при условии, что указанная смесь обладает способностью к растворению, измеряемой параметрами Хансена, характеризующейся тем, что компонент  $\delta_d$  способности к растворению, определяемый дисперсионной силой,

составляет от 17 до 20 МПа<sup>0,5</sup>, компонент  $\delta_p$  способности к растворению, определяемый полярной силой, составляет от 0,65 до 5 МПа<sup>0,5</sup>, а компонент  $\delta_h$  способности к растворению, определяемый прочностью водородных связей, составляет от 0,65 до 5 МПа<sup>0,5</sup>.

2. Смесь для растворения асфальтенов, содержащая:

а) от 0,5 до 95% ароматических соединений и/или полициклических ароматических соединений, при этом указанные полициклические ароматические соединения, если они присутствуют, всегда находятся в количестве менее 10% по отношению к компоненту (а);

с) от 0,5 до 20% ацетатного компонента;

д) от 1 до 50% смеси соединений, содержащих кетонные группы;

при условии, что указанная смесь растворителей содержит три компонента, одним из которых является (д), а два другие представляют собой (а) и (с), и их сумма всегда составляет 100%, и при условии, что указанная смесь обладает способностью к растворению, измеряемой параметрами Хансена, характеризующейся тем, что компонент  $\delta_d$  способности к растворению, определяемый дисперсионной силой, составляет от 17 до 20 МПа<sup>0,5</sup>, компонент  $\delta_p$  способности к растворению, определяемый полярной силой, составляет от 0,65 до 5 МПа<sup>0,5</sup>, а компонент  $\delta_h$  способности к растворению, определяемый прочностью водородных связей, составляет от 0,65 до 5 МПа<sup>0,5</sup>.

3. Смесь для растворения асфальтенов, содержащая:

б) от 0,5 до 85% смеси, содержащей алифатические соединения, а также ароматические соединения в количестве менее 30% по отношению к (б);

с) от 0,5 до 20% ацетатного компонента;

д) от 1 до 50% смеси соединений, содержащих кетонные группы;

при условии, что указанная смесь растворителей содержит три компонента, одним из которых является (д), а два другие представляют собой (б) и (с), и их сумма всегда составляет 100%, и при условии, что указанная смесь обладает способностью к растворению, измеряемой параметрами Хансена, характеризующейся тем, что компонент  $\delta_d$  способности к растворению, определяемый дисперсионной силой, составляет от 17 до 20 МПа<sup>0,5</sup>, компонент  $\delta_p$  способности к растворению, определяемый полярной силой, составляет от 0,65 до 5 МПа<sup>0,5</sup>, а компонент  $\delta_h$  способности к растворению, определяемый прочностью водородных связей, составляет от 0,65 до 5 МПа<sup>0,5</sup>.

4. Смесь по п.1, дополнительно содержащая от 0 до 20% ацетатного компонента (с).

5. Смесь по п.1 или 2, в которой содержание компонента (а) находится в диапазоне от 50 до 95%.

6. Смесь по п.1 или 3, в которой содержание компонента (б) находится в диапазоне от 30 до 70%.

7. Смесь по п.2 или 3, в которой содержание компонента (с) находится в диапазоне от 5 до 15%.

8. Смесь для растворения асфальтенов, содержащая:

а) от 0,5 до 95% ароматических соединений и/или полициклических ароматических соединений, при этом указанные полициклические ароматические соединения, если они присутствуют, всегда находятся в количестве менее 10% по отношению к компоненту (а);

б) от 0,5 до 85% смеси, содержащей алифатические соединения, а также ароматические соединения в количестве менее 30% по отношению к (б);

с) от 0,5 до 20% ацетатного компонента;

д) от 3 до 70% смеси соединений, содержащих кетонные группы;

при условии, что сумма компонентов (а), (б), (с) и (д) всегда составляет 100%, и что указанная смесь обладает способностью к растворению, характеризующейся тем, что компонент  $\delta_d$  способности к растворению, определяемый дисперсионной силой, составляет от 17 до 20 МПа<sup>0,5</sup>, компонент  $\delta_p$  способности к растворению, определяемый полярной силой, составляет от 0,65 до 5 МПа<sup>0,5</sup>, и компонент  $\delta_h$  способности к растворению, определяемый прочностью водородных связей, составляет от 0,65 до 5 МПа<sup>0,5</sup>.

9. Смесь по п.8, в которой

компонент (б) образован из смеси, содержащей по меньшей мере 30% алифатических соединений, а также ароматические соединения в количестве менее 30% по отношению к (б);

и указанная смесь обладает способностью к растворению, характеризующейся тем, что компонент  $\delta_d$  способности к растворению, определяемый дисперсионной силой, составляет от 17 до 19 МПа<sup>0,5</sup>.

10. Смесь по п.8 или 9, в которой в которой содержание компонента (д) находится в диапазоне от 3 до 55%.

11. Смесь по любому из пп.1, 2, 4-10, в которой компонент (а) выбран из изомеров триметилбензола, ароматических соединений, имеющих молекулярную массу в диапазоне от 78 до 128 кг/кмоль, соединений, содержащих по меньшей мере одно нафталиновое кольцо, которые всегда должны присутствовать в количествах менее 10%, а также их смесей.

12. Смесь по любому из пп.1, 3-10, в которой компонент (б) выбран из судового дизельного топлива, декана или додекана, а также их смесей.

13. Смесь по любому из пп.2-10, в которой компонент (с) выбран из бутилацетата, 2-этилгексилацетата, алкилдиацетатов или бутилдигликоляцетата, а также их смесей.

14. Смесь по любому из пп.1-13, в которой компонент (d) выбран из алифатических, фенилалифатических или циклических алифатических кетонов, а также их смесей.

15. Смесь по п.14, в которой компонент (d) представляет собой смесь, содержащую от 30 до 70% циклогексанона и от 70 до 30% ацетофенона.

