



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

(19) KZ (13) U (11) 10437
(51) C01G 23/00 (2006.01)
C09K 23/00 (2006.01)

МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21) 2025/0196.2

(22) 11.02.2025

(45) 18.04.2025, бюл. №16

(72) Токтарбайұлы Олзат; Курбанова Алия;
Жазитов Мерген Русланович; Мухаммад Абдулла

(73) Частное учреждение «National Laboratory
Astana»

(74) Суюндуков Мади Жмайевич

(56) US 10202548 B1, 12.02.2019

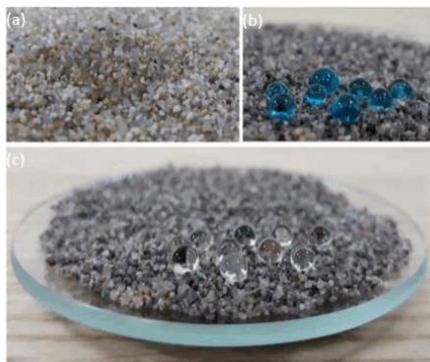
(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ
СУПЕРГИДРОФОБНОГО КВАРЦЕВОГО
ПЕСКА

(57) Полезная модель относится к изготовлению супергидрофобных материалов и может использоваться в нефтяной промышленности.

Задачей предложенной полезной модели является решение проблемы нефтяной промышленности. А именно использование предлагаемой полезной модели помогает повысить эффективность методов увеличения нефтеотдачи (EOR) путем оптимизации использования воды и минимизации её потерь. Создание супергидрофобных покрытий на песке с использованием полидиметилсилоксана (PDMS) и оксида титана (TiO_2) позволяет значительно улучшить водоотталкивающие свойства материала, предотвращая испарение воды и удерживая её в почве. Это, в свою очередь, способствует более

эффективному использованию ограниченных водных ресурсов. Эластичность и механическая стойкость покрытия, полученного с использованием PDMS, обеспечивают долговечность и устойчивость к механическим повреждениям, что повышает срок службы материалов в сложных эксплуатационных условиях. Кроме того, предложенная технология является экологически устойчивой альтернативой традиционным синтетическим материалам, таким как пластиковые пленки, снижая их негативное воздействие на окружающую среду.

Предлагаемая полезная модель получения супергидрофобного кварцевого песка позволяет значительно улучшить управление водными ресурсами в нефтегазовой отрасли. Этот способ включает использование природного песка, который после обработки становится способным отталкивать воду благодаря нанесению на его поверхность супергидрофобных покрытий. Для создания таких покрытий используется полидиметилсилоксан (PDMS) и нано-частиц оксида титана (TiO_2). Этот процесс значительно повышает водоотталкивающие свойства песка, что позволяет эффективно управлять водными ресурсами в процессе увеличения нефтеотдачи (EOR), улучшая результаты в добыче нефти и газа, предотвращая потерю воды и минимизируя её испарение.



Фиг. 1

(19) KZ (13) U (11) 10437

Полезная модель относится к изготовлению супергидрофобных материалов и может использоваться в нефтяной промышленности.

В последние годы технологии супергидрофобных материалов привлекли внимание исследователей благодаря своим уникальным свойствам водоотталкивания. Это открытие имеет значительный потенциал для применения в различных областях, включая водосбережение и сельское хозяйство в засушливых и полупустынных регионах. Особое внимание уделяется супергидрофобному песку, который представляет собой природный материал, обработанный таким образом, чтобы не впитывать воду, а наоборот, отталкивать ее. Данная технология может быть использована для эффективного использования водных ресурсов в таких странах, как Казахстан, где большое количество территории подвержено засушливым климатическим условиям. Основной проблемой в засушливых регионах является недостаток водных ресурсов, что ограничивает возможности для сельского хозяйства и других отраслей, таких как нефтедобыча. В то же время, в процессе увеличения нефтеотдачи (англ. - Enhanced Oil Recovery, далее - EOR) существует потребность в значительных объемах воды, что в условиях ограниченных водных ресурсов вызывает дополнительные трудности. Современные способы водосбережения, такие как использование пластиковых пленок и синтетических материалов, зачастую не соответствуют требованиям экологической устойчивости и могут иметь негативное воздействие на окружающую среду.

Известен патент US10202548, в котором описан способ получения супергидрофобного песка с использованием покрытия песчинок наночастицами диоксида кремния и воска. Этот способ включает несколько этапов, таких как нанесение наночастиц кремнезема на поверхность песка, обработка её гидрофобным агентом (воском), и закрепление покрытия для получения устойчивых супергидрофобных свойств. Патент акцентирует внимание на улучшении водоотталкивающих характеристик песка, что делает его полезным в различных областях, требующих защиты от влаги.

Недостатки патента US10202548:

□ Низкая устойчивость к высокотемпературным условиям: Воск и диоксид кремния могут терять свои гидрофобные свойства при воздействии высоких температур, что ограничивает их использование в некоторых промышленных процессах, например, в нефтяной и газовой отраслях, где температура может значительно повышаться.

□ Невозможность использования в агрессивных химических средах: Воск и кремнезем могут не обеспечивать долговечность покрытия в агрессивных химических средах (например, в присутствии кислот, щелочей или органических растворителей), что ограничивает их применение в некоторых специфических отраслях, таких как нефтехимическая или фармацевтическая промышленность.

□ Низкая механическая прочность: Покрытие, полученное с использованием воска и диоксида кремния, может быть недостаточно прочным при сильных механических воздействиях, таких как сдвливание или удар, что ограничивает использование такого материала в тех областях, где требуется высокая механическая стойкость, например, в строительных материалах или в процессе добычи нефти.

□ Ограниченная устойчивость к ультрафиолетовому излучению: Воск может разлагаться под воздействием ультрафиолетового (УФ) излучения, что приводит к ухудшению водоотталкивающих свойств материала. Это ограничивает применение таких покрытий на открытом воздухе или в условиях, где материал подвергается воздействию солнечного света.

□ Трудности в масштабировании процесса: Процесс нанесения покрытия с использованием воска и наночастиц кремнезема может быть сложным и дорогим для масштабирования, что затрудняет коммерческое применение данной технологии в массовом производстве.

□ Низкая долговечность в условиях внешней нагрузки: Покрытие, состоящее из воска и кремнезема, может иметь ограниченный срок службы, особенно в условиях сильного механического и климатического воздействия, что требует частой замены или дополнительной обработки.

Задачей предложенной полезной модели является решение проблемы нефтяной промышленности. А именно использование предлагаемой полезной модели помогает повысить эффективность методов увеличения нефтеотдачи путем оптимизации использования воды и минимизации её потерь. Создание супергидрофобных покрытий на песке с использованием полидиметилсилоксана (далее – PDMS) и диоксида титана (TiO_2) позволяет значительно улучшить водоотталкивающие свойства материала, предотвращая испарение воды и удерживая её в почве. Это, в свою очередь, способствует более эффективному использованию ограниченных водных ресурсов. Эластичность и механическая стойкость покрытия, полученного с использованием PDMS, обеспечивают долговечность и устойчивость к механическим повреждениям, что повышает срок службы материалов в сложных эксплуатационных условиях. Кроме того, предложенная технология является экологически устойчивой альтернативой традиционным синтетическим материалам, таким как пластиковые пленки, снижая их негативное воздействие на окружающую среду.

Предлагаемая полезная модель получения супергидрофобного кварцевого песка позволяет значительно улучшить управление водными ресурсами в нефтегазовой отрасли. Этот способ включает использование природного песка, который после обработки становится способным отталкивать воду благодаря нанесению на его поверхность супергидрофобных покрытий. Для создания таких покрытий используется полидиметилсилоксан

(PDMS) и нано-частиц диоксида титана (TiO_2). Этот процесс значительно повышает водоотталкивающие свойства песка, что позволяет эффективно управлять водными ресурсами в процессе увеличения нефтеотдачи (EOR), улучшая результаты в добыче нефти и газа, предотвращая потерю воды и минимизируя её испарение.

Процесс получения супергидрофобного песка состоит из нескольких этапов. На первом этапе полидиметилсилоксан растворяется в гексане, а затем добавляется оксид титана. Полученная смесь наносится на кварцевый песок, который затем высыхает при комнатной температуре, образуя устойчивое водоотталкивающее покрытие. С помощью этого способа песок приобретает способность удерживать воду, что может быть использовано для повышения урожайности растений в засушливых регионах. Экспериментальные исследования показали, что песок, обработанный супергидрофобным покрытием, имеет контактный угол смачивания $158,1^\circ$, что свидетельствует о высокой водоотталкивающей способности. Это приводит к увеличению времени сохранения воды в почве, что особенно важно для сельского хозяйства в засушливых районах.

Например, в эксперименте, проведённом для исследования разделения воды и органического растворителя, использовался дихлорэтан ($\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$), который является растворителем, более тяжёлым, чем вода. Дихлорэтан имеет плотность около $1,26 \text{ г/см}^3$, что значительно выше, чем плотность воды ($1,00 \text{ г/см}^3$). Благодаря этому, в процессе разделения два вещества не смешиваются, и образуется чёткая граница между ними. Использование супергидрофобных материалов, например, с покрытием из полидиметилсилоксана (PDMS), позволяет эффективно разделять воду и растворитель, так как водоотталкивающие свойства материалов помогают предотвратить смешивание воды с растворителем. В результате, процесс разделения воды и растворителя может быть ускорен и улучшен, что важно для очистки или переработки растворов в различных промышленности, включая нефтехимию и фармацевтику.

Таким образом, супергидрофобный песок представляет собой перспективное решение для эффективного управления водными ресурсами и повышения эффективности процессов в нефтегазовой отрасли, особенно в условиях глобальных изменений климата. Это изобретение не только решает важные задачи в области водоснабжения и увеличения нефтеотдачи, но и открывает новые возможности для улучшения эффективности добычи нефти и газа, что делает его значимым вкладом в развитие технологий водосбережения и устойчивого производства в нефтяной промышленности. Способ получения супергидрофобного песка включает использование природного песка, который после обработки приобретает уникальные водоотталкивающие свойства. Этот процесс заключается в нанесении на

песок супергидрофобных покрытий, состоящих из полидиметилсилоксана (PDMS) и диоксида титана (TiO_2). После обработки песок становится способным не впитывать воду, а наоборот, отталкивать её, создавая водоотталкивающий слой, что позволяет эффективно управлять водными потоками в нефтяных резервуарах и улучшать процессы увеличения нефтеотдачи, минимизируя потери воды и повышая общую производительность в нефтедобыче.

Полезная модель поясняется фигурой 1, на которой изображен кварцевый песок до (a) и после покрытия PDMS/ TiO_2 (b,c).

Преимущества:

Преимущества нашей разработки супергидрофобного песка с использованием покрытия из полидиметилсилоксана (PDMS) и диоксида титана (TiO_2) включают следующие ключевые аспекты:

1. Высокая эластичность и механическая стойкость: Покрытие на основе PDMS обладает высокой эластичностью, что делает его устойчивым к механическим повреждениям, износу и трещинам. Это повышает долговечность материала, так как он не разрушится под воздействием физических нагрузок, в отличие от покрытия на основе оксида кремния, которое может быть хрупким.

2. Устойчивость к высокотемпературным условиям: PDMS и TiO_2 имеют отличную термостойкость, что делает наше покрытие пригодным для использования в условиях высоких температур, например, в нефтегазовой отрасли, где температуры могут значительно повышаться. Это расширяет область применения материала в экстремальных условиях.

3. Устойчивость к агрессивным химическим средам: PDMS имеет высокую устойчивость к воздействию различных химических веществ, включая кислотные и щелочные среды, а также органические растворители. Это делает нашу технологию более универсальной и эффективной в агрессивных промышленных процессах, таких как нефтехимическая и фармацевтическая промышленность.

4. Долговечность и устойчивость к ультрафиолетовому излучению: Покрытие на основе PDMS и TiO_2 имеет отличные характеристики устойчивости к ультрафиолетовому излучению. Это означает, что материал сохраняет свои водоотталкивающие свойства в условиях длительного воздействия солнечного света, что делает его идеальным для применения на открытом воздухе.

5. Простота и эффективность масштабирования: Процесс нанесения покрытия с использованием PDMS и TiO_2 более прост и экономичен в масштабировании, что позволяет легко производить этот материал в больших объемах и на промышленном уровне. Это делает технологию более доступной для массового производства и применения в различных отраслях.

6. Экологичность: Использование природных материалов в качестве основы для создания

супергидрофобных покрытий снижает нагрузку на окружающую среду. В отличие от синтетических материалов, наша разработка является более экологически безопасной и может применяться в контексте устойчивого развития, минимизируя вредное воздействие на природу.

7. Повышенная устойчивость к механическим и климатическим нагрузкам: Благодаря высокому уровню механической прочности и устойчивости к внешним воздействиям, наше покрытие сохраняет свои свойства в сложных эксплуатационных условиях. Это особенно важно в таких областях, как нефтедобыча и строительство, где материалы подвергаются интенсивным нагрузкам и воздействию различных климатических факторов.

Процесс подготовки супергидрофобного песка:

1. Растворение полидиметилсилоксана (PDMS) в гексане: 1 г PDMS растворяется в 10 мл гексана с помощью магнитного перемешивания в течение 3 часов, а затем подвергается ультразвуковому воздействию для повышения эффективности растворения.

2. Добавление диоксида титана (TiO_2): В полученную смесь добавляется 50 мг TiO_2 , что позволяет улучшить адгезию покрытия к песку и усилить водоотталкивающие свойства материала.

3. Нанесение покрытия на песок: Смесь наносится на кварцевый песок, который затем оставляется для высыхания при комнатной температуре. Это приводит к образованию устойчивого супергидрофобного покрытия на песчинках, что обеспечивает их способность отталкивать воду.

Разделение воды и нефти в нефтидобыче В процессе добычи нефти в пласт часто закачивают воду под высоким давлением (метод EOR — Enhanced Oil Recovery) для повышения нефтеотдачи. Однако при этом извлекаемая нефть обычно содержит большое количество воды, которую необходимо эффективно отделять.

Сценарий использования:

- Смешанная нефтяная эмульсия (нефть + вода) проходит через трубу под высоким давлением (~20–50 бар).

- На выходе установлена фильтрационная система, содержащая слой супергидрофобного песка покрытие PDMS/ TiO_2 .

- Супергидрофобные свойства песка позволяют воде оставаться на поверхности фильтра, тогда как нефть проходит сквозь слой песка без задержек.

- Чистая нефть выходит через систему, а вода остается в фильтрационном слое и может быть отведена в резервуар для последующей утилизации или очистки.

Разделение тяжелых углеводородов и воды на нефтеперерабатывающих заводах На нефтеперерабатывающих предприятиях также часто возникает необходимость разделять воду и тяжелые нефтепродукты, такие как дизельное топливо, мазут и битум.

Сценарий использования:

- На заводе установлена система разделения нефтепродуктов, в которой присутствует резервуар, куда подается смесь воды и нефтепродуктов.

- При прохождении смеси через слой супергидрофобного песка вода задерживается, а более легкие углеводороды проходят дальше в процесс переработки.

- Этот метод может использоваться в установках первичной переработки нефти (атмосферно-вакуумная перегонка), снижая нагрузку на другие очистные системы.

Сельское хозяйство

2.1. Улучшение почвы в засушливых регионах

- Добавление супергидрофобного песка в почву помогает контролировать влагу: вода не уходит слишком глубоко, оставаясь доступной для корней растений.

- Это позволяет снизить частоту полива, что особенно важно в пустынных и засушливых районах.

Защита от влаги при транспортировке и хранении

- Электронные устройства (смартфоны, ноутбуки, микросхемы) уязвимы к влаге. Использование упаковки с супергидрофобным покрытием предотвращает попадание воды и конденсата внутрь коробки.

- Особенно полезно при международных перевозках, где смена температур и влажности может привести к образованию конденсата на компонентах

4. Материалы:

- Химические материалы: Высокоочищенный титан (IV) оксид (TiO_2 , 99,5%, размер частиц 21 нм), полидиметилсилоксан (PDMS), гексан, боровосиликатные покрытия и кварцевый песок (размер частиц от 0,1 до 800 мкм) из северных регионов Казахстана.

- Способы исследования: Для оценки супергидрофобных свойств песка измеряли угол смачивания воды с использованием гониометра, а также использовали сканирующую электронную микроскопию (SEM) для анализа морфологии поверхности песка.

Применение

- Строительство и дорожно-строительные материалы:

- Песок с супергидрофобным покрытием может использоваться для производства строительных материалов, таких как бетон или асфальт, с улучшенными водоотталкивающими свойствами. Это может помочь в предотвращении образования трещин и разрушения материалов в условиях влажного климата.

- Использование супергидрофобного песка в дренажных системах и фильтрации может улучшить эффективность удаления воды из строительных объектов.

- Сельское хозяйство:

- Применение такого песка в качестве добавки в почву может улучшить их водоудерживающие свойства, что особенно полезно в засушливых регионах.

- Могут быть созданы специализированные почвенные смеси для выращивания растений, требующих минимального вмешательства в полив.

- Очистка воды и фильтрация:

- Супергидрофобный песок может быть использован в качестве материала для фильтрации воды, улучшая процесс удаления загрязняющих веществ и ускоряя отвод воды.

- Такой песок может быть интегрирован в устройства для очистки воды, снижая необходимость в частой замене фильтров.

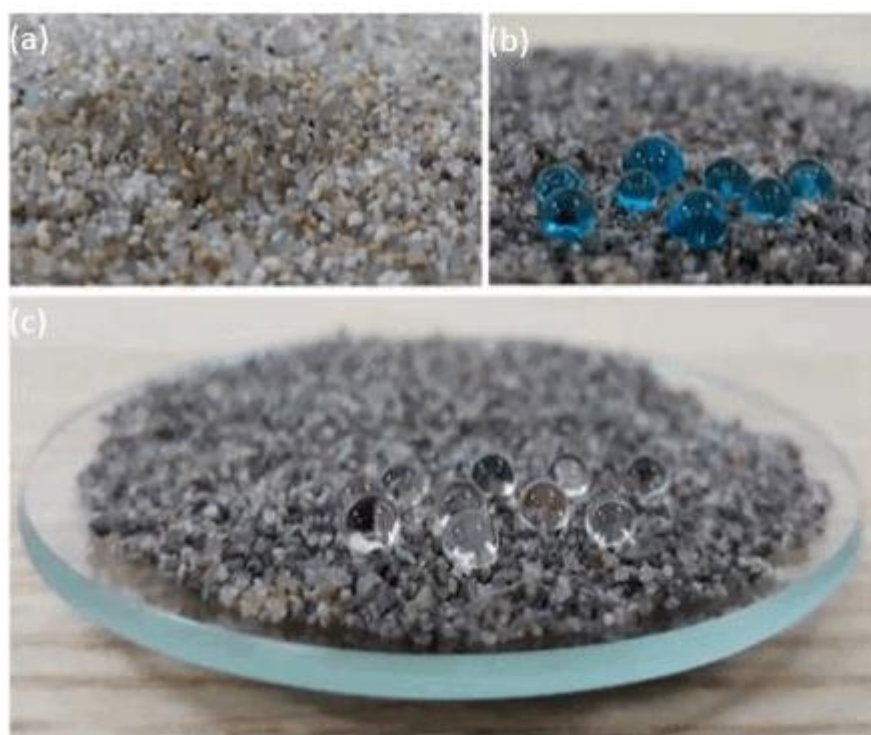
Электронные устройства и упаковка:

- Супергидрофобный песок может быть использован для создания материалов для защиты электроники от воздействия воды, улучшая герметичность и долговечность устройства.

- Также такой песок может быть применен в производстве упаковки для защиты товаров от влаги в процессе транспортировки и хранения.

ФОРМУЛА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ

Способ получения супергидрофобного кварцевого песка для разделения воды и нефти, включающий обработку кварцевого песка супергидрофобным раствором с диоксидом титана, *отличающийся* тем, что предварительно готовят супергидрофобный раствор, для чего 1 г полидиметилсилоксана растворяют в 10 мл гексана при магнитном перемешивании в течение 3 часов, полученную смесь подвергают ультразвуковой обработке в течение 1 часа под герметичной крышкой, после чего добавляют 50 мг наночастиц диоксида титана и продолжают ультразвуковую обработку еще 2 часа, затем кварцевый песок с размером зерен 0,1–800 мкм обрабатывают готовым раствором и оставляют высыхать при комнатной температуре в течение суток.



Фиг. 1