

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **046664**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2024.04.05**

(21) Номер заявки  
**202291366**

(22) Дата подачи заявки  
**2020.10.30**

(51) Int. Cl. *E21B 43/28* (2006.01)  
*E21B 43/29* (2006.01)  
*E21B 43/30* (2006.01)

---

(54) **СПОСОБ И СИСТЕМА ДЛЯ ДОБЫЧИ ПОДЗЕМНЫХ РЕСУРСОВ**

---

(31) **62/929,705**

(32) **2019.11.01**

(33) **US**

(43) **2023.02.20**

(86) **PCT/CA2020/051477**

(87) **WO 2021/081667 2021.05.06**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**102062448 САСКАТЧЕВАН ЛТД (СА)**

(72) Изобретатель:  
**Феттис Брэдли В.А., Лармур Дональд  
Джозеф, Гендзвилл Дон Джон (СА)**

(74) Представитель:  
**Суюндуков М.Ж. (KZ)**

(56) CA-A1-2006926  
US-A-4385662  
CA-A1-2822840  
US-A1-20130192831  
US-A1-20100225254

(57) В изобретении представлены способы и конфигурации для добычи подземных ресурсов. Способы включают установку скважинных колонн, например, путем бурения множества скважин, например первой и второй скважин, которые проходят с поверхностного участка в ресурсную залежь. Первая и вторая скважины расположены смежно одна с другой. Части первой и второй скважины проходят поперечно кольцевидным образом и соединяются на конце в узловом пространстве, расположенном внутри ресурсной залежи. Несущий флюид закачивается с поверхности вдоль путей флюида, определяемых скважинами, для выщелачивания *in situ* ресурсных материалов из ресурсной залежи в несущий флюид, и несущий флюид, вмещающий ресурсные материалы, возвращается обратно к поверхности для добычи ресурсов.

**B1**

**046664**

**046664**

**B1**

### **Связанная заявка**

В этой заявке заявлено преимущество предварительной заявки на патент США № 62/929705, поданной 1 ноября 2019 г.; причем все содержание заявки на патент 62/929705 включено в настоящий документ посредством ссылки.

### **Область техники**

Настоящее раскрытие в целом относится к добыче ресурсов и, в частности, к способам и конфигурациям для добычи подземных ресурсов.

### **Уровень техники**

В нижеследующих абзацах представлено описание уровня техники настоящего изобретения. Однако их включение в настоящий документ не означает, что все, что в них обсуждается, является предшествующим уровнем техники или частью информации, известной специалистам в данной области техники.

Разработаны различные методы добычи и извлечения ценных подземных ресурсов, включая минеральные ресурсы, такие как, например, калий, из геологических формаций. Один из таких методов, обычно называемый выщелачиванием на месте, включает бурение скважин с поверхности в подземную ресурсную залежь и последующую закачку флюида с поверхности в скважину для выщелачивания на месте ресурсного материала из залежи во флюид для извлечения к поверхности. Можно сказать, что добыча ресурсов, основанная на выщелачивании на месте, дает значительные преимущества по сравнению с более традиционными практиками подземной разработки месторождения. Так, например, добыча ресурсов, включающая выщелачивание на месте, не требует привлечения подземной рабочей силы, необходимо извлечь лишь ограниченное количество подземного горного материала, а капитальные затраты, связанные с добычей ресурсов, основанной на выщелачивании на месте, в целом ниже, чем те, которые связаны с обычными операциями по разработке месторождения или добыче ресурсов.

Например, выполнение известных методов разработки месторождения первичного калийного раствора обычно первоначально включает формирование подземной каверны на дистальном конце вертикально ориентированной скважины. После этого можно начать добычу первичного ресурса, начиная с подземной каверны. Это может включать разрушение слоев ресурсной залежи, что представляет собой способ, обычно называемый дроблением, для создания дробленого ресурсного материала с увеличенной площадью поверхности, а затем закачку флюида, такого как ненасыщенный пресноводный растворитель, для растворения растворимого ресурсного материала. Растворяющий флюид можно медленно закачивать вниз с поверхности в скважину, например, через хвостовик в скважине по направлению к каверне. Растворение ресурсного материала в каверне в растворителе обычно приводит к сформированию рассола. Как только концентрация ресурсного материала в рассоле становится достаточно высокой, с поверхности вводят дополнительное количество растворителя, и рассол циркулирует вверх к поверхности, например, через кольцевое пространство скважины. Скорость потока флюида через каверну может быть установлена для непрерывного выпуска рассола к поверхности. Затем на поверхности рассол может быть переработан для извлечения ресурсного материала, а отходы минералов, таких как соль, утилизируются, как правило, в хвостохранилище на поверхности.

Таким образом, типичная конфигурация добычи ресурсов для добычи ресурсов выщелачиванием на месте включает вертикально проходящую скважину, содержащую дистально расположенную подземную каверну, из которой выщелачивается и добывается ресурсный материал.

Добыча ресурсов с разработкой месторождения первичного калийного раствора в соответствии с известными методами и конфигурациями в целом требует больших площадей поверхности земли, например, крупномасштабные операции по добыче ресурсов выщелачиванием на месте могут включать 40 скважин, расположенных на десяти или большем количестве квадратных километрах, что оказывает значительное воздействие на окружающую среду. В то же время большие количества общего содержания ресурсов подземных ресурсных залежей остаются неразработанными с использованием методов разработки месторождений, известных специалистам в данной области техники. Кроме того, как уже отмечалось, отходы минералов выносятся к поверхности с использованием обычных методов добычи калия. Таким образом, на поверхности требуется разделение ресурсного материала и отходов минералов. Хвостохранилищам требуется дополнительное пространство на поверхности. Кроме того, в ветреную погоду отходы ресурсного материала могут выбрасываться из хвостохранилища и вызывать загрязнение окружающей среды.

Кроме того, многие рабочие параметры и свойства ресурсной залежи влияют на эффективность операции добычи ресурсов выщелачиванием на месте, включая, например, скорость потока растворителя, температуру растворителя, температуру ресурсной залежи, соленость рассола и геометрию каверны. При использовании известных систем и методов добычи ресурсов выщелачиванием на месте сложно отслеживать или контролировать эти параметры и свойства, что приводит к субоптимальному извлечению минералов из ресурсного материала из подземной ресурсной залежи.

Таким образом, несмотря на наличие различных методов извлечения ресурсных материалов из подземных ресурсных залежей, известные методы недостаточно эффективны. В данной области техники существует постоянная потребность в усовершенствованных способах извлечения ресурсов из ресурсных залежей, и, в частности, существует потребность в усовершенствованных методах и конфигурациях

для извлечения ресурсов выщелачиванием на месте, включая экономичные методы и конфигурации, которые имеют ограниченное воздействие на окружающую среду.

### **Сущность изобретения**

Нижеследующие абзацы предназначены для ознакомления читателя с более подробным описанием, которое следует ниже, а не для определения или ограничения заявленного объекта настоящего изобретения.

В одном широком аспекте настоящее раскрытие относится к способам и конфигурациям для добычи ресурсных материалов из подземной ресурсной залежи. В другом широком аспекте настоящее раскрытие относится к способам и конфигурациям для добычи ресурсных материалов из подземной ресурсной залежи, которые могут применяться на относительно небольших участках поверхности, тем самым ограничивая воздействие на окружающую среду и затраты, в частности энергию и воду, и снижая затраты, в то же время все еще извлекая значительные количества ресурсных материалов, аналогичные или даже превышающие количества, которые могут быть добыты с использованием традиционных способов добычи ресурсов. В по меньшей мере одном варианте осуществления осуществления конфигурации разработки месторождения могут быть применены на поверхностном участке площадью одна квадратная миля или менее. Соответственно, в одном аспекте, в соответствии с идеями настоящего документа, настоящее раскрытие обеспечивает, по меньшей мере в одном варианте осуществления, способ добычи подземных ресурсов на месте из подземного пространства, содержащего ресурсную залежь, путем добычи ресурса из ресурсной залежи с использованием конфигурации скважины, которая содержит:

а) первую скважинную колонну, проходящую вниз с поверхностного участка в ресурсную залежь, причем первая скважинная колонна содержит первую и вторую секции, причем первая секция проходит вниз с поверхностного участка, а вторая секция проходит поперечно в первом поперечном направлении от первой секции в ресурсную залежь; и

б) вторую скважинную колонну, проходящую вниз с поверхностного участка в ресурсную залежь, причем вторая скважинная колонна расположена смежно с первой скважинной колонной и содержит первую и вторую секции, причем первая секция проходит вниз с поверхностного участка, а вторая секция проходит поперечно во втором поперечном направлении от первой секции второй скважинной колонны в ресурсную залежь,

причем вторые секции первой и второй скважинных колонн проходят кольцевидно, формируя первый плоский участок и дистально соединяя вторые секции в узловом пространстве таким образом, что формируется путь флюида вниз с поверхностного участка через первую скважинную колонну к узловому пространству и из узлового пространства вверх к поверхности через вторую скважинную колонну, при этом способ включает:

(i) закачивание несущего флюида с поверхностного участка вниз через первую или вторую скважинную колонну вдоль пути флюида, чтобы тем самым выщелачивать на месте ресурсный материал из ресурсной залежи в несущий флюид и увеличивать внутренние объемы вторых секций первой и второй скважинных колонн,

(ii) циркуляцию несущего флюида, содержащего выщелоченный ресурсный материал, вдоль пути флюида через узловое пространство и вверх к поверхностному участку через вторую скважинную колонну при закачивании несущего флюида через первую скважинную колонну или через первую скважинную колонну при закачивании несущего флюида через вторую скважинную колонну; и

(iii) извлечение несущего флюида, содержащего выщелоченный на месте ресурсный материал.

По меньшей мере в одном варианте осуществления первая секция первой скважинной колонны или первая секция второй скважинной колонны могут проходить по существу вертикально относительно поверхностного участка.

По меньшей мере в одном варианте осуществления вторые секции первой и второй скважинных колонн могут проходить в целом в горизонтальном направлении относительно поверхностного участка, а первый плоский участок расположен по существу горизонтально относительно поверхностного участка.

По меньшей мере в одном варианте осуществления циркуляция несущего флюида может продолжаться до тех пор, пока внутренние объемы первой и второй скважинных колонн не увеличатся настолько, что средняя высота по длинам вторых секций первой и второй скважинных колонн увеличится не менее чем в два раза, а средние ширины по длинам вторых секций первой и второй скважинных колонн увеличатся по меньшей мере настолько же, насколько увеличатся высоты.

По меньшей мере в одном варианте осуществления циркуляция несущего флюида может продолжаться до тех пор, пока внутренние объемы первой и второй скважинных колонн не увеличатся настолько, что средняя ширина по длинам вторых секций первой и второй скважинных колонн увеличится по меньшей мере в два раза от начальной ширины этих секций, после чего способ включает остановку циркуляции несущего флюида и поддержание стагнации несущего флюида во вторых секциях первой и второй скважинных колонн в течение по меньшей мере одного дня до извлечения несущего флюида через первую и/или вторую скважинную колонну.

По меньшей мере в одном варианте осуществления конфигурация скважины может содержать первую и вторую скважинные колонны, содержащие обсадную колонну вдоль проксимальной части удли-

нения первой скважинной колонны или удлинения второй скважинной колонны.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать периодическое закачивание несущего флюида попеременно через первую и вторую скважинные колонны.

По меньшей мере в одном варианте осуществления конфигурация скважины может содержать третью скважинную колонну, проходящую вниз с поверхностного участка, при этом третья скважинная колонна дистально соединяется в узловом пространстве в ресурсной залежи.

По меньшей мере в одном варианте осуществления третья скважинная колонна может иметь поверхностное отверстие скважинной колонны, смежное с поверхностными отверстиями скважинной колонны первой и второй скважинной колонны.

По меньшей мере в одном варианте осуществления третья скважинная колонна может иметь поверхностное отверстие скважинной колонны, расположенное на расстоянии от поверхностных отверстий скважинной колонны первой и второй скважинной колонны.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать анализ подземной ресурсной залежи на присутствие ресурсного материала путем доступа к узловому пространству через третью скважинную колонну с помощью анализирующего устройства перед закачиванием несущего флюида.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать закачивание несущего флюида с поверхностного участка в узловое пространство через третью скважинную колонну и к поверхностному участку через путь флюида по первой скважинной колонне или второй скважинной колонне.

По меньшей мере в одном варианте осуществления первая скважинная колонна может содержать третью секцию, которая проходит поперечно в третьем поперечном направлении от первой секции первой скважинной колонны в ресурсную залежь; и причем вторая скважинная колонна содержит третью секцию, проходящую поперечно приблизительно в четвертом поперечном направлении от первой секции второй скважинной колонны в ресурсную залежь,

причем третьи секции первой и второй скважинных колонн сформированы таким образом, что проходят кольцевидно, формируя второй плоский участок, и дистально соединяются, формируя второе узловое пространство таким образом, что второй путь флюида формируется вниз с поверхностного участка через первую скважинную колонну во второе узловое пространство и из второго узлового пространства вверх к поверхностному участку через вторую скважинную колонну; и способ дополнительно включает

закачивание несущего флюида с поверхностного участка вниз через первую или вторую скважинную колонну по первому и второму путям флюида для выщелачивания на месте ресурсного материала из ресурсной залежи и увеличения внутренних объемов второй и третьей секций первой и второй скважинных колонн, и

циркуляцию несущего флюида, содержащего ресурсные материалы, по пути флюида через первое и второе узловые пространства вверх к поверхностному участку через вторую скважинную колонну при закачивании несущего флюида в первую скважинную колонну или через первую скважинную колонну при закачивании носителя флюида через вторую скважинную колонну и

извлечение несущего флюида, содержащего выщелоченный на месте ресурсный материал.

По меньшей мере в одном варианте осуществления первая и вторая скважинные колонны могут представлять собой первую скважину и вторую скважину соответственно.

По меньшей мере в одном варианте осуществления первая секция первой скважинной колонны может представлять собой первый трубчатый хвостовик, а вторая секция первой скважинной колонны представляет собой первую проходящую поперечно скважину, проходящую от первого трубчатого хвостовика, причем первая секция второй скважинной колонны представляет собой второй трубчатый хвостовик, а вторая секция второй скважинной колонны представляет собой вторую проходящую поперечно скважину, проходящую от второго трубчатого хвостовика, и причем первые секции первой и второй скважинных колонн вместе установлены в первой скважине, проходящей с поверхностного участка.

По меньшей мере в одном варианте осуществления конфигурация скважины может содержать четвертую скважинную колонну, при этом четвертая скважинная колонна проходит вниз с поверхностного участка в ресурсную залежь и дистально соединяется со вторым узловым пространством.

По меньшей мере в одном варианте осуществления третьи секции первой и второй скважинных колонн могут быть на одной глубине, так что первый и второй плоские участки расположены приблизительно на одной глубине относительно поверхностного участка.

По меньшей мере в одном варианте осуществления третьи секции первой и второй скважинных колонн могут быть на разных глубинах, так что первый и второй плоские участки расположены на двух разных глубинах относительно поверхностного участка.

По меньшей мере в одном варианте осуществления поверхностный участок, ниже которого может быть реализована конфигурация скважины, составляет двадцать пять квадратных миль или менее.

По меньшей мере в одном варианте осуществления поверхностный участок, ниже которого реализована конфигурация скважины, может составлять одну квадратную милю или менее.

По меньшей мере в одном варианте осуществления первая скважинная колонна может содержать

первое множество секций, которые проходят поперечно в первом множестве различных поперечных направлений от первой секции первой скважинной колонны в ресурсную залежь; и

вторая скважинная колонна может содержать второе множество секций, которые проходят поперечно во втором множестве поперечных направлений от первой секции второй скважинной колонны в ресурсную залежь,

при этом первое множество секций равно по количеству второму множеству секций, каждая секция первого множества секций проходит кольцевидно с одной секцией второго множества секций, формируя множество плоских участков, и дистально соединяется для формирования множества узловых пространств, так что формируется множество путей флюида, которые текут вниз с поверхностного участка через первую скважинную колонну к каждому из узловых пространств и из множества узловых пространств вверх к поверхности через вторую скважинную колонну;

и способ дополнительно включает

закачивание несущего флюида с поверхностного участка вниз через первую скважинную колонну или вторую скважинную колонну по множеству путей флюида, чтобы тем самым выщелачивать на месте ресурсный материал из ресурсной залежи и увеличивать внутренний объем первого и второго множества поперечных удлинений, и

циркуляцию несущего флюида, содержащего ресурсные материалы, по множеству путей флюида через множество узловых пространств и вверх к поверхности через вторую скважинную колонну при закачивании несущего флюида в первую скважинную колонну или через первую скважинную колонну при закачивании несущего флюида через вторую скважинную колонну, чтобы тем самым извлекать несущий флюид, содержащий выщелоченный на месте ресурсный материал.

По меньшей мере в одном варианте осуществления множество дополнительных скважинных колонн может проходить вниз с поверхностного участка в ресурсную залежь, и каждая из множества дополнительных скважинных колонн дистально соединяется с одним из множества узловых пространств.

По меньшей мере в одном варианте осуществления множество дополнительных скважинных колонн может представлять собой множество скважин. По меньшей мере в одном варианте осуществления, в котором первая секция первого множества дополнительных скважинных колонн может соответствовать равному первому множеству трубчатых хвостовиков, а вторая секция первого множества дополнительных скважинных колонн соответствует равному множеству проходящих поперечно скважин, проходящих от первого множества трубчатых хвостовиков, причем первая секция второго множества дополнительных скважинных колонн соответствует равному второму множеству трубчатых хвостовиков, а вторая секция второго множества дополнительных скважинных колонн соответствует равному множеству проходящих поперечно скважин, проходящих от второго множества трубчатых хвостовиков, и причем первые секции первого и второго множества дополнительных скважинных колонн вместе установлены в первой скважине, проходящей с поверхностного участка.

По меньшей мере в одном варианте осуществления множество дополнительных скважинных колонн могут быть расположены на расстоянии друг от друга и от первой и второй скважинных колонн.

По меньшей мере в одном варианте осуществления множество дополнительных скважинных колонн может быть расположено радиально относительно первой и второй скважинных колонн.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать закачивание несущего флюида попеременно через первую скважинную колонну и вторую скважинную колонну.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать последующее закачивание несущего флюида с поверхностного участка в узловое пространство через одну или большее количество из множества дополнительных скважинных колонн и к поверхностному участку через путь флюида по первой и второй скважинным колоннам.

По меньшей мере в одном варианте осуществления ресурсный материал может содержать первый и второй химические компоненты и способ включает циркуляцию несущего флюида, при которой первый химический компонент выщелачивается на месте в несущий флюид, а второй химический компонент удерживается на месте и формирует пористую матрицу.

По меньшей мере в одном варианте осуществления первый химический компонент может представлять собой хлорид калия, а второй химический компонент представляет собой хлорид натрия.

По меньшей мере в одном варианте осуществления ресурсный материал может представлять собой эвапорит.

По меньшей мере в одном варианте осуществления несущий флюид может представлять собой растворитель, а ресурсный материал представляет собой эвапорит, растворимый в растворителе.

По меньшей мере в одном варианте осуществления эвапорит может представлять собой поташ.

В другом аспекте настоящее раскрытие обеспечивает в по меньшей мере одном варианте осуществления способ строительства конфигурации разработки месторождения для добычи подземных ресурсов из ресурсной залежи, причем способ включает

установку множества скважинных колонн, проходящих вниз с поверхностного участка, посредством

установки первой скважинной колонны, проходящей вниз с поверхностного участка в минеральную

залежь, при этом первая скважинная колонна содержит первую и вторую секции, причем первая секция проходит вниз с поверхностного участка, а вторая секция проходит поперечно в первом поперечном направлении от первой секции в ресурсную залежь; и

установки второй скважинной колонны, проходящей вниз с поверхностного участка в ресурсную залежь, при этом вторая скважинная колонна расположена смежно с первой скважинной колонной и содержит первую и вторую секции, причем первая секция проходит вниз с поверхностного участка, а вторая секция проходит поперечно во втором поперечном направлении от первой секции второй скважинной колонны в ресурсную залежь,

при этом вторые секции первой и второй скважинных колонн проходят кольцевидно, формируя первый плоский участок, и дистально соединяются в узловом пространстве, тем самым формируя путь флюида вниз с поверхностного участка через первую скважинную колонну к узловому пространству и из узлового пространства вверх к поверхности через вторую скважинную колонну. По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать формирование первой секции второй скважинной колонны, и причем первая секция второй скважинной колонны проходит по существу вертикально относительно поверхностного участка.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать формирование вторых секций первой и второй скважинных колонн, проходящих в целом в горизонтальном направлении относительно поверхностного участка, а первый плоский участок расположен по существу горизонтально относительно поверхностного участка. По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать обсаживание второй секции первой и второй скважинных колонн вдоль проксимальной части удлинения первой скважинной колонны или удлинения второй скважиной колонны.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать установку третьей скважинной колонны, проходящей вниз с поверхностного участка, при этом третья скважинная колонна дистально соединяется в узловом пространстве в ресурсной залежи.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать установку третьей скважинной колонны, чтобы иметь поверхностное отверстие скважинной колонны смежно с поверхностными отверстиями скважинной колонны первой и второй скважинных колонн.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать установку третьей скважинной колонны, чтобы иметь поверхностное отверстие скважинной колонны расположенное на расстоянии от поверхностных отверстий скважинной колонны первой и второй скважинных колонн.

По меньшей мере в одном варианте осуществления первая и вторая скважинные колонны могут быть скважинами и установка включает бурение каждой из скважин для формирования скважин.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать анализ подземной ресурсной залежи на присутствие ресурсного материала путем доступа к узловому пространству через третью скважинную колонну с помощью анализирующего устройства.

По меньшей мере в одном варианте осуществления поверхностный участок, ниже которого может быть реализована конфигурация скважины, составляет двадцать пять квадратных миль или менее.

По меньшей мере в одном варианте осуществления поверхностный участок, ниже которого может быть реализована конфигурация скважины, составляет одну квадратную милю или менее.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ дополнительно может включать обеспечение первой скважинной колонны третьей секцией, которая проходит в третьем поперечном направлении от первой секции первой скважинной колонны в ресурсную залежь; и

обеспечение второй скважинной колонны третьей секцией, проходящей поперечно приблизительно в четвертом поперечном направлении от первой секции второй скважинной колонны в ресурсную залежь,

при этом третьи секции первой и второй скважинных колонн сформированы таким образом, что проходят кольцевидно, формируя второй плоский участок, и

дистально соединяются, формируя второе узловое пространство, а второй путь флюида формируется вниз с поверхностного участка через первую скважинную колонну во второе узловое пространство и из второго узлового пространства вверх к поверхностному участку через вторую скважинную колонну.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать формирование третьих секций первой и второй скважинных колонн на одной глубине, так что первый и второй плоские участки расположены на одинаковой глубине относительно поверхностного участка.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать формирование третьих секций первой и второй скважинных колонн на разных глубинах, так что первый и второй плоские участки расположены на двух разных глубинах относительно поверхностного участка.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать обеспечение первой скважинной колонны первым множеством секций, которые проходят поперечно в первом множестве различных поперечных направлений от первой секции первой скважинной колонны в ресурсную залежь; и обеспечение второй скважинной колонны вторым множеством секций, проходящих поперечно во втором множестве поперечных направлений от первой секции второй скважинной колонны в ресурсную залежь,

при этом первое множество секций равно по количеству второму множеству секций, а каждая секция первого множества секций проходит кольцевидно с одной секцией второго множества секций, коллективно формируя множество плоских участков, и дистально соединяется для коллективного формирования множества узловых пространств, так что формируется множество путей флюида, которые текут вниз с поверхностного участка через первую скважинную колонну к каждому из узловых пространств и из множества узловых пространств вверх к поверхности через вторую скважинную колонну;

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать установку множества дополнительных скважинных колонн, которые проходят вниз с поверхностного участка в ресурсную залежь, и при этом каждая из множества дополнительных скважинных колонн дистально соединяется с одним из множества узловых пространств.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать формирование каждой из дополнительных скважинных колонн, которые должны располагаться на расстоянии друг от друга и от первой и второй скважинных колонн.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать формирование каждой из множества дополнительных скважинных колонн, которые должны быть расположены радиально относительно первой и второй скважинных колонн.

По меньшей мере в одном варианте осуществления ресурсный материал может представлять собой эвапорит.

По меньшей мере в одном варианте осуществления несущий флюид может представлять собой растворитель, а ресурсный материал представляет собой эвапорит, растворимый в растворителе.

По меньшей мере в одном варианте осуществления эвапорит может представлять собой поташ.

В другом аспекте настоящее раскрытие обеспечивает по меньшей мере в одном варианте осуществления способ добычи подземных ресурсов из подземной ресурсной залежи, причем способ включает установку множества скважинных колонн, проходящих вниз с поверхностного участка, посредством

установки первой скважинной колонны, проходящей вниз с поверхностного участка в ресурсную залежь, при этом первая скважинная колонна содержит первую и вторую секции, причем первая секция проходит вниз с поверхностного участка, а вторая секция проходит поперечно в первом поперечном направлении от первой секции в ресурсную залежь; и

установки второй скважинной колонны, проходящей вниз с поверхностного участка в ресурсную залежь, при этом вторая скважинная колонна расположена смежно с первой скважинной колонной и содержит первую и вторую секцию, причем первая секция проходит вниз с поверхностного участка, а вторая секция проходит поперечно во втором поперечном направлении от первой секции второй скважинной колонны в ресурсную залежь, при этом вторые секции первой и второй скважинных колонн проходят кольцевидно, формируя первый плоский участок, и дистально соединяются в узловом пространстве, тем самым формируя путь флюида вниз с поверхностного участка через первую скважинную колонну к узловому пространству и из узлового пространства вверх к поверхности через вторую скважинную колонну;

закачивание несущего флюида с поверхностного участка вниз через первую или вторую скважинную колонну вдоль пути флюида, чтобы тем самым выщелачивать на месте ресурсный материал из ресурсной залежи в несущий флюид и увеличивать внутренние объемы вторых секций первой и второй скважинных колонн;

циркуляцию несущего флюида, содержащего выщелоченный ресурсный материал, вдоль пути флюида через узловое пространство и вверх к поверхностному участку через вторую скважинную колонну при закачивании несущего флюида через первую скважинную колонну или через первую скважинную колонну при закачивании несущего флюида через вторую скважинную колонну и

извлечение несущего флюида, содержащего выщелоченный на месте ресурсный материал.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать формирование первой секции второй скважинной колонны, и причем первая секция второй скважинной колонны проходит по существу вертикально относительно поверхностного участка.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать формирование вторых секций первой и второй скважинной колонны, проходящих в целом в горизонтальном направлении относительно поверхностного участка, а первый плоский участок расположен по существу горизонтально относительно поверхностного участка. По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать непрерывную циркуляцию несущего флюида до тех пор, пока внутренние объемы первой и второй скважинных колонн не увеличатся настолько, что средние высоты по длинам вторых секций первой и второй скважинных колонн увеличатся не менее чем в два раза, а средние ширины по длинам вторых участков первой и второй скважинных колонн увеличатся по меньшей мере настолько же, насколько увеличится высота. По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать непрерывную циркуляцию несущего флюида до тех пор, пока внутренние объемы первой и второй скважинных колонн не увеличатся настолько, что средние ширины по длинам вторых секций первой и второй скважинных колонн увеличатся по меньшей мере в два раза от начальной ширины этих секций, после

чего способ включает остановку циркуляции несущего флюида и поддержание стагнации несущего флюида во вторых секциях первой и второй скважинных колонн в течение по меньшей мере одного дня до извлечения несущего флюида через первую и/или вторую скважинную колонну. По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать обсаживание второй секции первой и второй скважинных колонн вдоль проксимальной части удлинения первой скважинной колонны или удлинения второй скважиной колонны.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать установку третьей скважинной колонны, проходящей вниз с поверхностного участка, при этом третья скважинная колонна дистально соединяется в узловом пространстве в ресурсной залежи.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать установку третьей скважинной колонны, чтобы иметь поверхностное отверстие скважинной колонны смежно с поверхностными отверстиями скважинной колонны первой и второй скважинных колонн.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать установку третьей скважинной колонны, чтобы иметь поверхностное отверстие скважинной колонны расположенное на расстоянии от поверхностных отверстий скважинной колонны первой и второй скважинных колонн.

По меньшей мере в одном варианте осуществления первая и вторая скважинные колонны могут быть скважинами и установка включает бурение скважины для формирования каждой из скважин.

По меньшей мере в одном варианте осуществления первая, вторая и третья скважинные колонны представляют собой скважины и установка включает бурение скважины для формирования каждой из скважин.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать анализ подземной ресурсной залежи на присутствие ресурсного материала путем доступа к узловому пространству через третью скважинную колонну с помощью анализирующего устройства.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать последовательное перидическое закачивание несущего флюида попеременно через первую и вторую скважинные колонны.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать последовательное закачивание несущего флюида с поверхностного участка в узловое пространство через третью скважинную колонну и к поверхностному участку через путь флюида по первой скважинной колонне или второй скважинной колонне.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать обеспечение первой скважинной колонны третьей секцией, которая проходит в третьем поперечном направлении от первой секции первой скважинной колонны в ресурсную залежь; и

обеспечение второй скважинной колонны третьей секцией, проходящей поперечно приблизительно в четвертом поперечном направлении от первой секции второй скважинной колонны в ресурсную залежь, при этом третья секция первой и второй скважинных колонн сформированы таким образом, что проходят кольцевидно, формируя второй плоский участок и дистально соединяя третья секции, формируя второе узловое пространство, а второй путь флюида формируется вниз с поверхностного участка через первую скважинную колонну во второе узловое пространство и из второго узлового пространства вверх к поверхностному участку через вторую скважинную колонну; способ дополнительно включает

закачивание несущего флюида с поверхностного участка вниз через первую или вторую скважинную колонну по первому и второму путям флюида для выщелачивания на месте ресурсного материала из ресурсной залежи и увеличения внутренних объемов второй и третьей секций первой и второй скважинных колонн, циркуляцию несущего флюида, содержащего ресурсные материалы, по пути флюида через первое и второе узловые пространства и вверх к поверхностному участку через вторую скважинную колонну при закачивании несущего флюида в первую скважинную колонну или через первую скважинную колонну при закачивании носителя флюида через вторую скважинную колонну, и извлечение несущего флюида, содержащего выщелоченный на месте ресурсный материал.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать формирование третьих секций первой и второй скважинных колонн на одной глубине, так что первый и второй плоские участки расположены приблизительно на одинаковой глубине относительно поверхностного участка.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать формирование третьих секций первой и второй скважинных колонн на разных глубинах, так что первый и второй плоские участки расположены на двух разных глубинах относительно поверхностного участка.

По меньшей мере в одном варианте осуществления поверхностный участок, ниже которого реализуется конфигурация разработки месторождения, может составлять двадцать пять квадратных миль или менее.

По меньшей мере в одном варианте осуществления поверхностный участок, ниже которого реализована конфигурация разработки месторождения, может составлять одну квадратную милю или менее.

По меньшей мере в одном варианте осуществления, в котором способ может включать обеспечение первой скважинной колонны первым множеством секций, которые проходят поперечно в первом множестве различных поперечных направлений от первой секции первой скважинной колонны в ресурсную залежь; и обеспечение второй скважинной колонны вторым множеством секций, проходящих поперечно

во втором множестве поперечных направлений от первой секции второй скважинной колонны в ресурсную залежь,

при этом первое множество секций равно по количеству второму множеству секций, а каждая секция первого множества секций проходит кольцевидно с одной секцией второго множества секций, коллективно формируя множество плоских участков, и дистально соединяется для коллективного формирования множества узловых пространств, так что формируется множество путей флюида, которые текут вниз с поверхностного участка через первую скважинную колонну к каждому из узловых пространств и из множества узловых пространств вверх к поверхности через вторую скважинную колонну; и способ дополнительно включает

закачивание несущего флюида с поверхностного участка вниз через первую скважинную колонну или вторую скважинную колонну по множеству путей флюида, чтобы тем самым выщелачивать на месте ресурсный материал из ресурсной залежи и увеличивать внутренние объемы первого и второго множества поперечных удлинений, и

циркуляцию несущего флюида, содержащего ресурсные материалы, по множеству путей флюида через множество узловых пространств и вверх к поверхности через вторую скважинную колонну при закачивании несущего флюида в первую скважинную колонну или через первую скважинную колонну при закачивании несущего флюида через вторую скважинную колонну, чтобы тем самым извлекать несущий флюид, содержащий выщелоченный на месте ресурсный материал.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать установку множества дополнительных скважинных колонн, которые проходят вниз с поверхностного участка в ресурсную залежь, и при этом каждая из множества дополнительных скважинных колонн дистально соединяется с одним из множества узловых пространств.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать формирование каждой из дополнительных скважинных колонн, которые должны располагаться на расстоянии друг от друга, и от первой и второй скважинных колонн.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать формирование каждой из множества дополнительных скважинных колонн, которые должны быть расположены радиально относительно первой и второй скважинных колонн.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать закачивание несущего флюида попеременно через первую скважинную колонну и вторую скважинную колонну.

По меньшей мере в одном варианте осуществления способ может включать последующее закачивание несущего флюида с поверхностного участка в узловое пространство через одну или большее количество из множества дополнительных скважинных колонн и к поверхностному участку через путь флюида по первой и второй скважинным колоннам.

По меньшей мере в одном варианте осуществления ресурсный материал может содержать первый и второй химические компоненты и способ включает циркуляцию несущего флюида, при которой первый химический компонент выщелачивается на месте в несущий флюид, а второй химический компонент удерживается на месте и формирует пористую матрицу.

По меньшей мере в одном варианте осуществления первый химический компонент может представлять собой хлорид калия, а второй химический компонент представляет собой хлорид натрия.

По меньшей мере в одном варианте осуществления ресурсный материал может представлять собой эвапорит.

По меньшей мере в одном варианте осуществления несущий флюид может представлять собой растворитель, а ресурсный материал представляет собой эвапорит, растворимый в растворителе.

По меньшей мере в одном варианте осуществления эвапорит может представлять собой поташ.

В другом аспекте настоящее раскрытие обеспечивает по меньшей мере в одном варианте осуществления конфигурацию добычи ресурсов для добычи ресурсов на месте из ресурсной залежи в нижележащем подземном пространстве, связанном с поверхностным участком, при этом конфигурация добычи ресурсов содержит

по меньшей мере одну конфигурацию скважины, причем каждая конфигурация скважины содержит первую скважинную колонну, проходящую вниз с поверхностного участка в ресурсную залежь, причем первая скважинная колонна содержит первую и вторую секции, причем первая секция проходит вниз с поверхностного участка, а вторая секция проходит поперечно в первом поперечном направлении от первой секции в ресурсную залежь; и

вторую скважинную колонну, проходящую вниз с поверхностного участка в ресурсную залежь, причем вторая скважинная колонна расположена смежно с первой скважинной колонной и содержит первую и вторую секции, причем первая секция второй скважинной колонны проходит вниз с поверхностного участка, а вторая секция второй скважинной колонны проходит поперечно во втором поперечном направлении от дистальной части первой секции второй скважинной колонны в ресурсную залежь,

при этом вторые секции первой и второй скважинных колонн проходят кольцевидно, формируя первый плоский участок, и причем вторые секции дистально соединяются в узловом пространстве и формируют путь флюида вниз с поверхностного участка через первую скважинную колонну к узловому

пространству и из узлового пространства вверх к поверхностному участку через вторую скважинную колонну.

По меньшей мере в одном варианте осуществления по меньшей мере одна конфигурация скважины может содержать третью скважинную колонну, проходящую вниз с поверхностного участка, при этом третья скважинная колонна имеет дистальный конец в узловом пространстве в ресурсной залежи.

По меньшей мере в одном варианте осуществления первая секция первой скважинной колонны, или первая секция второй скважинной колонны, или третья скважинная колонна по меньшей мере одной конфигурации скважины могут быть расположены так, чтобы проходить по существу вертикально относительно поверхностного участка.

По меньшей мере в одном варианте осуществления вторые секции первой и второй скважинных колонн по меньшей мере одной конфигурации скважины могут быть расположены так, чтобы проходить в основном в горизонтальном направлении относительно поверхностного участка.

По меньшей мере в одном варианте осуществления конфигурация добычи ресурсов может содержать множество конфигураций скважины, имеющих множество скважинных колонн, при этом пути флюида через каждую из проходящих поперечно вторых секций первой части множества скважинных колонн проходят по существу параллельно и смежно с соответствующими путями флюида второй части множества скважинных колонн.

По меньшей мере в одном варианте осуществления первая скважинная колонна по меньшей мере одной конфигураций скважины может содержать третью секцию, проходящую поперечно в третьем поперечном направлении от первой секции первой скважинной колонны в ресурсную залежь; и вторая скважинная колонна по меньшей мере одной конфигурации скважины содержит третью секцию, проходящую поперечно в четвертом поперечном направлении от первой секции второй скважинной колонны в ресурсную залежь, при этом третьи секции первой и второй скважинных колонн проходят кольцевидно, формируя второй плоский участок, а третьи секции первой и второй скважинных колонн дистально соединяются, формируя второе узловое пространство, а второй путь флюида формируется с поверхностного участка через первую скважинную колонну во второе узловое пространство и из второго узлового пространства вверх к поверхностному участку через вторую скважинную колонну.

По меньшей мере в одном варианте осуществления конфигурация добычи ресурсов может содержать первую и вторую конфигурации скважины, которые имеют первое и второе узловые пространства и расположены рядом друг с другом, так что первая воображаемая прямая линия проходит от первого дистального узлового пространства к первой и второй скважинной колонне первой конфигурации скважины, а вторая воображаемая прямая линия проходит от второго дистального узлового пространства к первой и второй скважинной колонне второй конфигурации скважины, при этом первая и вторая воображаемые линии проходят приблизительно параллельно. По меньшей мере в одном варианте осуществления поверхностный участок, ниже которого реализуется конфигурация разработки месторождения, может составлять двадцать пять квадратных миль или менее.

По меньшей мере в одном варианте осуществления поверхностный участок, ниже которого реализована конфигурация разработки месторождения, может составлять одну квадратную милю или менее.

По меньшей мере в одном варианте осуществления расстояние между параллельными первой и второй линиями может составлять 200 м или менее. По меньшей мере в одном варианте осуществления первая скважинная колонна по меньшей мере одной конфигурации скважины может содержать первое множество секций, проходящих поперечно в первом множестве различных поперечных направлений от первой секции первой скважинной колонны в ресурсную залежь; вторая скважинная колонна по меньшей мере одной конфигурации скважины содержит второе множество секций, кольцевидно проходящих во втором множестве поперечных направлений от первой секции второй скважинной колонны в ресурсную залежь, при этом первое множество секций равно по количеству второму множеству секций, а каждая секция первого множества секций проходит кольцевидно с одной секцией второго множества секций, коллективно формируя множество плоских участков, и дистально соединяется для коллективного формирования множества узловых пространств, так что формируется множество путей флюида, которые текут вниз с поверхностного участка через первую скважинную колонну к каждому из узловых пространств и из множества узловых пространств вверх к поверхности через вторую скважинную колонну. В по меньшей мере одном варианте осуществления, по меньшей мере одна конфигурация скважины может содержать первое множество дополнительных скважинных колонн, которые проходят вниз с поверхностного участка в ресурсную залежь, причем каждая из дополнительных скважинных колонн расположена на расстоянии друг от друга и от первой, второй и третьей скважинной колонны и каждая из множества дополнительных скважинных колонн дистально соединены с одним из множества узловых пространств.

По меньшей мере в одном варианте осуществления множество дополнительных скважинных колонн может быть расположено радиально относительно первой и второй скважинных колонн.

По меньшей мере в одном варианте осуществления по меньшей мере одна конфигурация скважины может содержать второе множество скважинных колонн, содержащих первую, вторую и третью скважины, проходящие таким же образом, как первая, вторая и третья скважинные колонны из первого множе-

ства скважинных колонн, причем первое множество скважинных колонн содержит второе и третье удлинения, ориентированные так, чтобы быть расположенными в радиальном направлении относительно второй и третьей скважинных колонн, а второе множество скважинных колонн ориентировано так, чтобы охватывать и включать первое множество скважинных колонн.

В другом аспекте настоящее раскрытие обеспечивает в по меньшей мере одном варианте осуществления множество смежных конфигураций скважины, каждая из которых содержит множество скважинных колонн и связана со смежными поверхностными участками, чтобы облегчить добычу ресурсов из ресурсной залежи в нижележащем подземном пространстве, причем каждая конфигурация скважины содержит

первую скважинную колонну, которая проходит вниз с поверхностного участка в ресурсную залежь, причем первая скважинная колонна содержит первую и вторую секции, причем первая секция проходит вниз с поверхностного участка, а

вторая секция проходит поперечно в первом поперечном направлении от первой секции в ресурсную залежь и

вторую скважинную колонну, которая проходит вниз с поверхностного участка в ресурсную залежь, причем вторая скважинная колонна расположена смежно с первой скважинной колонной и содержит первую и вторую секции, причем первая секция проходит вниз с поверхностного участка, а вторая секция проходит поперечно во втором поперечном направлении от первой секции второй скважинной колонны в ресурсную залежь,

при этом вторые секции первой и второй скважинных колонн проходят кольцевидно, формируя первый плоский участок, и дистально соединяются в узловом пространстве и формируют путь флюида с поверхностного участка через первую скважинную колонну к узловому пространству и из узлового пространства к поверхностному участку через вторую скважинную колонну.

По меньшей мере в одном варианте осуществления каждая конфигурация скважины может содержать третью скважинную колонну, проходящую вниз с поверхностного участка, при этом третья скважинная колонна имеет дистальный конец в узловом пространстве в ресурсной залежи.

По меньшей мере в одном варианте осуществления каждая конфигурация скважины во множестве смежных конфигураций скважины первой скважинной колонны может содержать первое множество секций, первая скважинная колонна по меньшей мере одной конфигурации скважины может содержать первое множество секций, проходящих поперечно в первом множестве различных поперечных направлений от первой секции первой скважинной колонны в ресурсную залежь; вторая скважинная колонна содержит второе множество секций, поперечно проходящих во втором множестве поперечных направлений от первой секции второй скважинной колонны в ресурсную залежь, при этом первое множество секций равно по количеству второму множеству секций, а каждая секция первого множества секций проходит кольцевидно с одной секцией второго множества секций, коллективно формируя множество плоских участков, и дистально соединяется для коллективного формирования множества узловых пространств, так что формируется множество путей флюида от поверхностного участка через первую скважинную колонну к каждому из узловых пространств и из множества узловых пространств к поверхности через вторую скважинную колонну.

По меньшей мере в одном варианте осуществления множество смежных скважинных колонн может содержать множество дополнительных скважинных колонн, которые проходят вниз от смежных поверхностных участков в ресурсную залежь, при этом для каждой конфигурации скважины дополнительные скважинной колонны расположены на расстоянии друг от друга и от первой, второй и третьей скважинных колонн, и каждая из множества дополнительных скважинных колонн дистально соединена с одним из множества узловых пространств.

Другие признаки и преимущества настоящего изобретения станут понятными из нижеследующего подробного описания. Однако следует понимать, что хотя в подробном описании представлены некоторые варианты реализации настоящего изобретения, они приведены исключительно в качестве иллюстрации, поскольку различные изменения и модификации в рамках сущности и объема настоящего изобретения станут очевидными для специалистов в данной области техники после ознакомления с подробным описанием.

#### **Краткое описание графических материалов**

Раскрытие изобретения представлено в качестве примера в приведенных ниже абзацах со ссылкой на прилагаемые фигуры. Представленные в настоящем документе фигуры предназначены для лучшего понимания примеров вариантов осуществления и более ясной иллюстрации того, как могут быть реализованы различные варианты осуществления. Одинаковые цифры обозначают одинаковые или подобные элементы на нескольких видах, которые, возможно, показаны расположенными по-разному или под другим углом. Таким образом, только в качестве примера часть 115 на фиг. 1С, 1Е, 2А, 2В, 2С, 2К, 2L, 2М, 2N, 2О, 2Р, 2S, 3А, 3С, 3D, и 3Е относится к скважине на каждой из этих фигур. Эти фигуры не предназначены для ограничения настоящего изобретения. Фиг. 1А представляет собой схематический вид в перспективе конфигурации добычи ресурсов в соответствии с примером варианта осуществления настоящего изобретения.



Фиг. 4В представляет собой схематический вид в горизонтальном разрезе конфигурации добычи ресурсов в соответствии с другим примером варианта осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 4С представляет собой схематический вид в горизонтальном разрезе конфигурации добычи ресурсов в соответствии с другим примером варианта осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 4D представляет собой схематический вид в горизонтальном разрезе конфигурации добычи ресурсов в соответствии с другим примером варианта осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 5А представляет собой схематический вид в горизонтальном разрезе конфигурации добычи ресурсов в соответствии с другим примером варианта осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 5В представляет собой схематический вид в горизонтальном разрезе другой конфигурации добычи ресурсов в соответствии с другим примером варианта осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 5С представляет собой схематический вид в горизонтальном разрезе другой конфигурации добычи ресурсов в соответствии с другим примером варианта осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 5D представляет собой схематический вид в горизонтальном разрезе другой конфигурации добычи ресурсов в соответствии с другим примером варианта осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 5Е представляет собой схематический вид в горизонтальном разрезе другой конфигурации добычи ресурсов в соответствии с другим примером варианта осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 6А представляет собой схематический вид сверху конфигурации добычи ресурсов в соответствии с другим примером варианта осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 6В представляет собой схематический вид сверху конфигурации добычи ресурсов в соответствии с другим примером варианта осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 6С представляет собой схематический вид сверху конфигурации добычи ресурсов в соответствии с другим примером варианта осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 6D представляет собой схематический вид сверху конфигурации добычи ресурсов в соответствии с другим примером варианта осуществления настоящего изобретения.

Указанные фигуры вместе со следующим подробным описанием делают очевидным для специалистов в данной области техники, как раскрытие может быть реализовано на практике.

#### **Подробное описание**

Различные способы, системы и конфигурации будут описаны ниже, чтобы предоставить по меньшей мере один пример по меньшей мере одного варианта осуществления заявленного объекта изобретения. Ни один вариант осуществления, описанный ниже, не ограничивает какой-либо заявленный объект, и любой заявленный объект может охватывать способы, системы или конфигурации, которые отличаются от описанных ниже. Заявленный объект изобретения не ограничивается каким-либо способом, системой или конфигурацией, имеющими все признаки способов, систем или композиций, описанных ниже, или признаками, общими для множества способов, систем или конфигураций, описанных ниже. Возможно, что способ, система или конфигурации, описанные ниже, не являются вариантом осуществления какого-либо из заявленных объектов изобретения. Любой объект, раскрытый в способе, системе или конфигурации описанных ниже, который не заявлен в настоящем документе, может представлять собой объект другого документа, находящегося под правовой охраной, например, продолжающейся патентной заявки, и заявители, авторы изобретения или его владельцы не намерены уступать или открывать кому-либо любой такой объект или отказываться от него, раскрывая его в этом документе.

Используемые в описании и формуле изобретения грамматические средства выражения формы единственного числа включают множественное число и наоборот, если контекст явно не указывает на иное. В настоящем описании, если не указано иное, термины "содержать", "содержит" и "содержащий" используются скорее включительно, чем исключительно, так что указанное целое число или группа целых чисел может включать в себя одно или более других неуказанных целых чисел, либо одну или более групп целых чисел. Термин "или" является включающим, если только он не включен, например, в грамматическую конструкцию, соответствующую "исключающему или". Термин "и/или" предназначен для обозначения включающего или. То есть "X и/или Y" означает, например, X или Y или и то, и другое. В качестве дополнительного примера X, Y и/или Z означают X, Y или Z или любую их комбинацию.

Когда диапазоны используются в настоящем документе для геометрических размеров, физических свойств или химических свойств, таких как химические формулы, предполагается, что все комбинации и подкомбинации диапазонов и конкретных вариантов осуществления включены в них. За исключением рабочих примеров или если указано иное, все числа, выражающие количества ингредиентов или условия реакции, используемые в настоящем документе, следует понимать как измененные во всех случаях термином "приблизительно". Термин "приблизительно" в отношении числа или числового диапазона означает, что указанное число или числовой диапазон является приблизительным в пределах колебания показаний от эксперимента к эксперименту (или в пределах статистической экспериментальной ошибки), и, таким образом, число или числовой диапазон могут варьироваться в пределах от 1 до 15% от указанного числа или числового диапазона, что можно будет легко понять из контекста. Кроме того, любой диапазон значений, описанный в настоящем документе, определенно предназначен для включения ограничивающих значений диапазона и любого промежуточного значения или поддиапазона в пределах данного диапазона и все такие промежуточные значения и поддиапазоны раскрыты по отдельности и конкретно (на-

пример, диапазон от 1 до 5 включает 1, 1,5, 2, 2,75, 3, 3,90, 4 и 5). Аналогичным образом, другие термины для указания степени, такие как "по существу" и "приблизительно", используемые в настоящем документе означают приемлемую величину отклонения измененного термина, которое существенно не изменяет конечный результат. Эти термины для указания степени следует истолковывать как включающие отклонение от измененного термина, например, такое как вплоть до 15%, если это отклонение не отменяет значение термина, который он изменяет.

Несколько терминов направления, таких как "выше", "ниже", "нижний", "верхний", "вертикальный" и "горизонтальный", используются в настоящем документе для удобства, в том числе для ссылки на графические материалы. В общем, термины "верхний", "выше", "вверх" и подобные термины используются для обозначения направления вверх или верхней части по отношению к поверхности земли, как показано, например, на фиг. 1А. Подобным образом термины "нижний", "ниже", "вниз" и "низ" используются для обозначения направления вниз или нижней части по отношению к поверхности земли, например, как показано на фиг. 1А. Термин "вертикальный" используется в настоящем документе для обозначения направления, перпендикулярного горизонтальной поверхности земли, тогда как термин "горизонтальный" относится к направлению, параллельному относительно плоской поверхности земли при нулевом наклоне. Термины "проксимальный" и "дистальный", используемые в настоящем документе, являются относительными терминами местоположения, относящимися к обычно проходящей в продольном направлении скважине, где проксимальное местоположение относится к местоположению ближе к отверстию скважины на поверхности земли, в то время как дистальное местоположение относится к местоположению, расположенному дальше от отверстия скважины на поверхности земли.

Если не указано иное, научные и технические термины, используемые в связи с описанными в настоящем документе формулировками, имеют значения, которые обычно понятны специалистам в данной области. Используемая в настоящем документе терминология предназначена для описания лишь конкретных вариантов осуществления не ограничивает рамки настоящего изобретения, которые определяются исключительно формулой изобретения.

Все публикации, патенты и патентные заявки, указанные в настоящем документе, включены в настоящий документ посредством ссылки во всей их полноте в той же степени, как если бы каждая отдельная публикация, патент или патентная заявка были специально указаны для включения в качестве ссылки во всей своей полноте. В целом, конфигурации и способы добычи ресурсов по настоящему раскрытию могут использоваться для добычи подземных ресурсов. Реализация конфигураций и способов добычи ресурсов согласно настоящему раскрытию может привести к извлечению на поверхность несущих флюидов, содержащих подземные ресурсные материалы, такие как, но не ограничиваясь ими, минералы и другие ресурсные материалы. В общих чертах способы по настоящему раскрытию включают строительство и установку по меньшей мере двух скважинных колонн в подземную зону с участка на уровне земли, который упоминается в настоящем документе как "поверхностный участок", для извлечения интересующего ресурсного материала. Термин "скважинная колонна", используемый в настоящем документе, в целом относится к трубчатому подземному удлинению, обеспечивающему возможному протеканию через него флюида. Трубчатое подземное удлинение скважинной колонны может быть сформировано подземной формацией, естественным образом окружающим трубчатое удлинение, и, таким образом, быть скважиной, или скважинная колонна может быть сформирована трубчатым устройством, например, обсадной колонной или хвостовиком, установленным для удлинения, по меньшей мере частично, например, через первую секцию внутри скважины, пробуренной и выполненной с возможностью приема трубчатого устройства. Таким образом, следует понимать, что в целом скважина может быть построена так, чтобы содержать одну скважинную колонну, или скважина может быть построена так, чтобы содержать несколько скважинных колонн, путем установки в ней нескольких проходящих под землей трубчатых устройств. Таким образом, в общих чертах, настоящее раскрытие включает бурение в подземную зону с поверхностного участка для извлечения интересующего ресурсного материала с использованием по меньшей мере одной скважины и установку в ней по меньшей мере двух трубчатых устройств для строительства двух скважинных колонн или бурение по меньшей мере двух скважин, чтобы тем самым установить две скважинной колонны.

Предпочтительно устанавливают первую скважинную колонну и вторую скважинную колонну. Первая и вторая скважинные колонны могут быть первой и второй скважинами, расположенными смежно друг с другом, или первой скважиной, содержащей первое и второе трубчатые устройства, проходящие в первую скважину. Трубчатое устройство может быть любым трубчатым корпусом, включая любой хвостовик, трубу, насосно-компрессорную трубу, обсадную колонну и т.п., которые могут служить в качестве патрубка для флюида. Трубчатое устройство может быть изготовлено с использованием любого подходящего материала, включая, например, сталь или пластик. Две скважинные колонны соединены между собой в дистальном узле пространства. Путь флюида формируется вниз от поверхности через первую скважинную колонну и вверх через дистальное узловое пространство и вторую скважинную колонну. В качестве альтернативы, путь флюида формируется вниз с поверхностного участка через вторую скважинную колонну и вверх через дистальное узловое пространство и первую скважинную колонну. Несущий флюид закачивают на поверхностном участке по путям флюида, чтобы тем самым выщелачи-

вать на месте ресурсный материал из ресурсной залежи в несущий флюид и циркулировать несущий флюид, содержащий ресурсный материал, к поверхности для обработки.

В другом предпочтительном варианте осуществления устанавливаются три скважинные колонны, в том числе третья скважинная колонна, которая может быть смежной или расположенной на расстоянии от первой и второй скважинных колонн, которые расположены смежно друг с другом. Третью скважинную колонну можно использовать для разведки и обнаружения подземных ресурсных материалов. Все три скважинные колонны соединены между собой в дистальном узловом пространстве. Пути флюида формируются вниз от поверхности через первую или вторую скважинную колонну и вверх через дистальное узловое пространство и первую или вторую скважинную колонну, которые не обеспечивали путь флюида вниз. Несущий флюид закачивают на поверхности по путям флюида, чтобы, тем самым выщелачивать на месте ресурсный материал из ресурсной залежи в несущий флюид и циркулировать несущий флюид, содержащий ресурсный материал, к поверхности для обработки.

Проблема многих известных способов и конфигураций для добычи ресурсов заключается в том, что добывается только небольшая часть ресурсных материалов ресурсной залежи. В то же время для добычи ресурсов требуется большая площадь поверхности земли и часто используется автомобильный транспорт или трубопроводный транспорт флюидов между точками закачки и выпуска.

Еще одна проблема, связанная с известными способами добычи ресурсов, заключается в том, что большое количество загрязняющих материалов извлекается на поверхности вместе с ресурсным материалом. Таким образом, требуется отделение загрязняющих материалов от ресурсных материалов на поверхности. Кроме того, утилизация загрязняющих материалов часто негативно влияет на окружающую среду и может быть дорогостоящей.

Еще одна проблема, связанная с известными способами добычи ресурсов, заключается в том, что они в недостаточной степени позволяют отслеживать рабочие параметры и свойства ресурсного материала, что отрицательно влияет на эффективность операции добычи ресурсов на основе растворов, включая, например, скорость потока несущего флюида, температуру несущего флюида, температуру ресурсной залежи, соленость рассола и геометрию конфигураций скважины.

Еще одна проблема, связанная с известными способами добычи ресурсов, состоит в том, что они содержат один путь потока.

В одном аспекте по меньшей мере один из способов и конфигураций для добычи ресурсов по настоящему раскрытию позволяет добывать более существенное количество общего содержания ресурсов ресурсной залежи, в то же время используя более ограниченный поверхностный участок по сравнению с тем, который используется для традиционных способов добычи подземных ресурсов. Таким образом, например, с использованием способов и конфигураций по настоящему раскрытию, 1 квадратная миля (2,6 км<sup>2</sup>) или менее надземного поверхностного участка может быть использована для добычи на месте части подземной залежи поташа, и около квадратной мили размером, и, что удивительно, все или по существу все из всего доступного поташа может быть добыто из разрабатываемой залежи поташа. Ввиду ограниченного поверхностного участка, используемого для реализации конфигураций разработки месторождения согласно настоящему раскрытию, воздействие на окружающую среду, связанное с работой конфигураций разработки месторождения согласно настоящему раскрытию, является ограниченным. Кроме того, по сравнению с традиционными способами разработки месторождения используется меньше затрат, таких как вода и энергия.

В другом аспекте по меньшей мере один из способов по настоящему раскрытию может ограничить количество загрязняющего материала, выносимого к поверхности, и, таким образом, может ограничивать затраты на утилизацию и снижать воздействие на окружающую среду операций по добыче, проводимых в соответствии со способами по настоящему раскрытию.

В другом аспекте по меньшей мере один из способов и конфигураций для добычи ресурсов по настоящему раскрытию дополнительно позволяет отслеживание многих рабочих параметров и свойств, включая, например, но не ограничиваясь ими, скорость потока растворителя, температуру растворителя, температуру ресурсной залежи, соленость рассола и геометрию каверны.

Кроме того, в другом аспекте по меньшей мере один из способов и конфигураций для добычи ресурсов по настоящему раскрытию обеспечивает возможность разработки нескольких путей потока.

Кроме того, в другом аспекте по меньшей мере один из способов и конфигураций для добычи ресурсов по настоящему изобретению обеспечивает возможность распределения несущего флюида и обработку выпускаемого несущего флюида в одном корпусе для флюида и, следовательно, не требуется автомобильного транспорта и ограниченного трубопроводного транспорта над поверхностью несущего флюида.

Далее со ссылками на графические материалы описываются примеры вариантов осуществления настоящего раскрытия. В частности, в этом отношении следует отметить, что варианты осуществления в целом включают выбор способов и конфигураций для добычи минеральных материалов из подземной минеральной залежи. Термины "минеральные материалы" и "минералы", используемые в настоящем документе, относятся к встречающимся в природе по существу однородным неорганическим твердым веществам, имеющим определенный химический состав и упорядоченное расположение атомов, обычно

кристаллическим, и включают, без ограничения, силикаты, включая тектосиликаты, филлосиликаты, иносиликаты, циклосиликаты, соросиликаты и ортосиликаты, например; оксиды, включая, например, оксид алюминия, диоксид титана и оксид урана; галогениды, включая, например, хлорид калия и хлорид натрия; сульфаты, включая, например, сульфат кальция и сульфат бария; карбонаты, включая, например, карбонат натрия; фосфаты, включая фосфаты, принадлежащие к группе апатита, например фторапатит; химические элементы, включая металлические элементы, такие как, например, золото и серебро, и полуметаллические элементы, неметаллические элементы и металлические соединения, в частности, например, сплавы. В дополнение к минеральным материалам, неминеральные ресурсные материалы также могут быть добыты с использованием конфигураций и способов настоящего раскрытия. Неминеральные ресурсы включают, но не ограничиваются ими, углеводородные ресурсы, такие как, например, нефть. Понятно, что хотя следующие примеры вариантов осуществления относятся к минеральным материалам, конфигурации по настоящему раскрытию могут также использоваться для добычи неминеральных подземных ресурсных материалов.

Реализация конфигураций и способов добычи ресурсов согласно настоящему раскрытию может привести к извлечению на поверхность несущих флюидов, содержащих подземные ресурсные материалы, такие как один или большее количество минералов и другие представляющие интерес ресурсные материалы.

Представляющий интерес минерал или представляющий интерес ресурс может быть любым минералом или ресурсом, который можно растворить в растворяющем флюиде, закачиваемом в скважины. Минерал, составляющий минеральную залежь, может, например, быть эвапоритом, т.е. геологической минеральной залежью, сформированной в результате испарения морской воды. В конкретных примерах вариантов осуществления эвапорит может представлять собой помимо прочего например, поташ, трону, галит или гипс.

Используемый в настоящем документе термин "поташ" относится к минералу, содержащему калий. Калий может присутствовать в различных химических формах, в том числе, например, в форме хлорида калия (KCl), также упоминаемого в обычно встречающейся в природе кристаллической форме, как сильвит, гидроксид калия (KOH), карбонат калия ( $K_2CO_3$ ), нитрат калия ( $KNO_3$ ), хлорат калия ( $KClO_3$ ), сульфат калия ( $K_2SO_4$ ), перманганат калия ( $KMnO_4$ ), карналлит ( $KMgCl \cdot 6 \cdot (H_2O)$ ), лангбейнит ( $K_2Mg_2(SO_4)_3$ ), и полигалит ( $K_2Ca_2Mg(SO_4)_4 \cdot 2(H_2O)$ ), например.

Минеральная залежь помимо одной или большего количества химических форм калия может содержать другие химические соединения, включая хлорид натрия (NaCl), который также упоминается в обычной природной кристаллической форме, например, как галит.

В некоторых вариантах осуществления минеральные залежи могут содержать смесь минералов. Так, например, залежи калийных минералов обычно содержат смесь KCl (сильвит) и NaCl (галит). Калийные залежи могут, например, содержать от около 30 до около 70% KCl, с преобладанием остатка, содержащего NaCl вплоть до 100%. В вариантах осуществления, в которых используется растворитель, насыщенный NaCl, по мере того, как рассол мигрирует через минеральную залежь, KCl может растворяться в рассоле, в то время как пористая матричная структура NaCl может оставаться на месте. Как правило, скважинные отверстия могут быть разделены любым подходящим расстоянием. В некоторых предпочтительных вариантах осуществления скважинное отверстие может быть отделено от другого скважинного отверстия на 50 м или менее, например 45 м или менее, 40 м или менее, 35 м или менее, 30 м или менее, 25 м или менее, 20 м или менее, 15 м или менее, 10 м или менее, 5 м или менее или 2 м или менее, и скважины, которые находятся в пределах 50 м друг от друга, можно сказать, что они смежны одна с другой. Следует отметить, что в вариантах осуществления, где одна скважина содержит первое и второе трубчатые устройства, скважинные колонны могут быть особенно близки, и первое и второе трубчатые устройства могут контактировать друг с другом. В других вариантах осуществления любое скважинное отверстие описанных в настоящем документе конфигураций скважины может быть отделено от другого скважинного отверстия на по меньшей мере 75 м, по меньшей мере 100 м, по меньшей мере 200 м, по меньшей мере 300 м, по меньшей мере 400 м, по меньшей мере 500 м, по меньшей мере 750 м, по меньшей мере 1 км, по меньшей мере 1,5 км или по меньшей мере 2 км. Можно также использовать комбинации более близких и более дальних скважин.

В настоящем изобретении могут быть использованы вариации скважинных направлений. Скважины предпочтительно ориентированы по существу вертикально вниз (относительно поверхностного участка). Удлинения вертикальной скважины могут далее проходить поперечно в минеральную залежь и в целом в горизонтальном направлении по отношению к поверхностному участку, формируя в целом горизонтальные удлинения скважины. Хотя удлинения скважины преимущественно проходят в целом горизонтально, по длине удлинения скважины могут возникать некоторые локальные отклонения, например, в виде неровностей.

Как легко поймут специалисты в данной области техники, глубина скважины зависит от географического местоположения поверхностного участка, и от интересующей минеральной залежи или подземного ресурса. В некоторых местоположениях может потребоваться более глубокое бурение, чтобы дос-

тичь интересующей минеральной залежи или ресурса, в то время как в других местоположениях минеральная залежь может быть расположена ближе к поверхностному участку. В различных вариантах осуществления длина удлинений вертикальной скважины (глубина) может варьироваться от приблизительно 200 до приблизительно 3000 м.

В общем виде на фиг. 1А, 1С и 1Е показаны схематические виды в перспективе трех примеров конфигураций 100, 101 и 102 добычи ресурсов согласно настоящему раскрытию. На фиг. 2А-2S показаны различные аспекты другого примера конфигурации 200 добычи ресурсов. На фиг. 2А-2I, 2К-2S показаны несколько схематических видов в перспективе (фиг. 2А-2С и 2N-2S), видов в разрезе (фиг. 2D-2I) и видов в горизонтальном разрезе (фиг. 2К-2М) соответственно, примера конфигурации 200 добычи ресурсов в нескольких рабочих состояниях, соответствующих нескольким этапам реализации примера варианта осуществления способа согласно настоящему раскрытию. Фиг. 2J показывает собой вид в разрезе, аналогичный виду в разрезе, показанному на фиг. 2I, другой конфигурации разработки месторождения (не показана). Фиг. 3А, 3С, 3D и 3Е показывают схематические виды в перспективе примеров конфигураций 300, 301, 302 и 303 разработки месторождения, соответственно, согласно настоящему раскрытию. Подземный вид в горизонтальном разрезе примера конфигурации 300 разработки месторождения показан на фиг. 3В, и вид в горизонтальном разрезе примера конфигурации 303 разработки месторождения на фиг. 3Е показан на фиг. 3F. Кроме того, на фиг. 4А, 4В, 4С, 4D, 5А, 5В, 5С, 5D, 5Е, показаны виды в горизонтальном разрезе различных примеров вариантов осуществления 400, 401, 403, 404, 500, 502, 504, 505, 506, а на фиг. 6А, 6В, 6С и 6D показаны виды сверху примеров вариантов осуществления 601, 602, 603 и 604 соответственно.

Обратимся сначала к фиг. 1А-1Е, на которых показаны примеры вариантов конфигураций 100, 101 и 102 для добычи и извлечения минерального материала из подземной залежи (которую обычно называют минеральной залежью 140) согласно настоящему раскрытию. Показаны поверхностный участок *s*, скважины 105, 110, имеющие скважинные отверстия 105о и 110о соответственно. Для ясности следует отметить, что скважинные отверстия 105о и 110о в некоторых вариантах осуществления могут быть отдельно просверленными скважинами, тогда как в других вариантах осуществления скважинные отверстия 105о и 110о могут быть двумя отверстиями двух трубчатых устройств, установленных в одной скважине. В иллюстративных вариантах осуществления, показанных на приведенных в настоящем документе графических материалах, в целом показаны отдельные скважины, содержащие отдельные скважинные отверстия, причем каждая скважина формирует скважинную колонну. Однако следует понимать, что примеры вариантов осуществления, включающие одиночные скважины, в которых установлены две или большее количество скважинных колонн, также предназначены для включения в настоящий документ. Конфигурации 101 и 102 добычи ресурсов (фиг. 1С и 1Е) дополнительно включают скважину 115, имеющую скважинное отверстие 115о. Скважинные отверстия 105о и 110о расположены смежно друг с другом на поверхностном участке *s*, в то время как в конфигурации 101 добычи ресурсов скважинное отверстие 115о удалено от скважинных отверстий 105о и 110о и в конфигурации 102 добычи ресурсов скважинное отверстие 115о является смежным со скважинными отверстиями 105о и 110о. Скважины 105, 110 и 115 бурятся через подземную часть 130 земли под поверхностным участком *s* и в минеральную залежь 140, содержащую интересующий минерал.

Поверхностный участок *s* может быть любой надземной поверхностью земли, имеющей площадь любого размера. В некоторых вариантах осуществления поверхностный участок *s* может, например, представлять собой секцию земли, т.е. одну квадратную милю (2,6 квадратных километра). Следует отметить, что способы по настоящему раскрытию требуют небольшой поверхностный участок по сравнению с более традиционными операциями по разработке месторождений. Это ограничивает воздействие на окружающую среду и требования к вводу для эксплуатации конфигураций разработки месторождения согласно настоящему раскрытию. В целом, скважинные отверстия 105о и 110о отделены друг от друга на 50 м или менее, например, 45 м или менее, 40 м или менее, 35 м или менее, 30 м или менее, 25 м или менее, 20 м или менее, 15 м или менее, 10 м или менее, 5 м или менее или 2 м или менее, и таким образом, можно сказать, что скважины 105 и 110о смежны одна с другой. Скважинные отверстия 105о и 110о могут быть расположены на расстоянии от скважинного отверстия 115о, например, на расстоянии по меньшей мере 75 м, по меньшей мере 100 м, по меньшей мере 200 м, по меньшей мере 300 м, по меньшей мере 400 м, по меньшей мере 500 м, по меньшей мере 750 м, по меньшей мере 1 км, по меньшей мере 1,5 км или по меньшей мере 2 км, как показано в конфигурации 100 добычи ресурсов. Скважины 105 и 110 содержат, по существу, вертикальные вниз (относительно поверхности *s*) удлинения 105а и 110а скважины, каждое из которых проходит в минеральную залежь 140. Вертикальные удлинения 105а и 110а скважины на глубине *d* и точки 125а и 125b удлинения, соответственно, дополнительно проходят поперечно в минеральную залежь 140 и в целом в горизонтальном направлении относительно поверхностного участка *s*, формируя в целом горизонтальные удлинения 105b и 110b скважины, соответственно. Следует отметить, что, хотя удлинения 105b и 110b скважины проходят в основном горизонтально, могут иметь место некоторые локальные отклонения, например, в виде неровностей, которые могут возникнуть по длине удлинений 105b и 110b скважины. Глубина *d*, как легко поймут специалисты в данной области техники, зависит от географического положения поверхностного участка *s*, и минеральной залежи 140. В некоторых ме-

стоположениях может потребоваться более глубокое бурение, чтобы достичь минеральной залежи 140, в то время как в других местоположениях минеральная залежь 140 может быть расположена ближе к поверхностному участку *s*. В различных вариантах осуществления длина удлинений 105а и 110а вертикальной скважины (т.е. глубина *d*) может находиться в диапазоне от приблизительно 300 м до приблизительно 3000 метров. Так, например, в Саскачеване калийные залежи могут находиться на глубине *d* приблизительно 1000 м, тогда как в регионах южнее Саскачевана глубина *d* обычно увеличивается. Следует также отметить, что термин "поперечно" в целом означает, что заданная секция скважины, которая проходит поперечно от конкретной секции скважины, означает, что заданная секция скважины в целом имеет направленную ось, которая отличается от продольной оси этой конкретной секции скважины.

Далее отмечается, что трехмерная форма ресурсных залежей может варьироваться. Таким образом, ресурсная залежь может, например, присутствовать в основном в горизонтальном слое, или ресурсная залежь может, например, присутствовать в слое с общим наклоном вверх или вниз по отношению к поверхностному участку *s*, или, например, ресурсная залежь может присутствовать в слое, формирующем одну или большее количество волнообразных форм. Поперечные направления удлинений 105b и 110b скважины могут быть выбраны в зависимости от формы ресурсной залежи. Таким образом, например, когда залежи присутствуют в по существу горизонтальном слое, удлинения 105b и 110b скважины могут быть выбраны так, чтобы они были расположены в целом горизонтально относительно поверхностного участка *s*. В вариантах осуществления, в которых залежи присутствуют в слое с углом наклона в целом направленным вверх или вниз, например, удлинения 105b и 110b скважины могут быть выбраны так, чтобы они проходили в целом под одним и тем же углом. В вариантах осуществления, в которых залежь может находиться в слое с одной или большим количеством волнообразных форм, например, удлинения 105b и 110b скважины могут быть построены ниже впадины волны (волн) или так, чтобы соответствовать контурам волны (волн). Таким образом, специалисты в данной области техники смогут выбрать соответствующие поперечные направления для удлинений 105b и 110b скважины на основании в целом трехмерной формы минеральной залежи 140.

Как отмечалось выше, поверхностный участок *s* может составлять одну квадратную милю или меньше. Аналогичным образом, подземный горизонтальный поверхностный участок части минеральной залежи 140, в которой проходят горизонтальные удлинения 105b и 110b скважины, может составлять одну квадратную милю или меньше, например, около три четверти квадратной мили или меньше, половину квадратной мили или меньше, или даже четверть квадратной мили или меньше. В других вариантах осуществления могут использоваться более крупные поверхностные участки, например, поверхностный участок в пределах от около 25 квадратных миль (5 на 5 миль) до около 4 квадратных миль (2 на 2 мили), например, поверхностный участок около 25 квадратных миль, около 16 квадратных миль, около 9 квадратных миль или около 4 квадратных миль. Как будет очевидно специалистам в данной области техники, в вариантах осуществления, в которых минеральная залежь расположена под не горизонтальным углом по отношению к поверхностному участку *s*, и в которых удлинения 105b и 110b скважины проходят поперечно в негоризонтальном направлении, например, под углом 45° относительно поверхностного участка *s*, подземный горизонтальный поверхностный участок части минеральной залежи 140, в которой проходят горизонтальные удлинения 105b и 110b скважины, меньше, чем горизонтальный поверхностный участок части минеральной залежи 140, в которой горизонтальные удлинения 105b и 110b скважины одинаковой длины расположены горизонтально относительно поверхностного участка *s*.

Горизонтальные удлинения 105b и 110b скважины соединяются в дистальном узловом пространстве 120. Кроме того, горизонтальные удлинения 105b и 110b скважины плоско расположены между точками 125а и 125b удлинений и дистальным узловым пространством 120 таким образом, что они вместе образуют кольцевидное удлинение, и, кроме того, таким образом, что разделяющая часть 145 минеральной залежи 140, разделяет горизонтальные удлинения 105b и 110b скважины и охватывается ими. Разделяющая часть 145, в целом, может быть названа частью минеральной залежи 140, которая расположена между горизонтальными удлинениями 105b и 110b скважины и окружена ими, и разделяющая часть 145 проходит от точек 125а и 125b удлинений до дистального узлового пространства 120. Разделяющая часть 145 может разделять горизонтальные удлинения 105b и 110b скважины, например на 15, 25, 50, 100, 150, 200 м или до 1 км и может изменяться по мере операций добычи в соответствии с настоящим документом, как поясняется далее.

Минерал, представляющий интерес, может быть любым минералом, который может быть растворен в растворяющем флюиде, закачиваемом в скважины 105, 110 или 115, как дополнительно поясняется далее. Таким образом, минерал, составляющий минеральную залежь 140, может, например, содержать, без ограничения, эвапорит, т.е. геологическую минеральную залежь, сформированную в результате испарения морской воды. В конкретных примерах вариантов осуществления эвапорит может представлять собой поташ, трону, галит или гипс. Минеральная залежь 140, помимо одной или большего количества химических форм калия, может содержать другие химические соединения, включая хлорид натрия (NaCl), который также упоминается в обычной природной кристаллической форме, например, как галит.

Как правило, для построения конфигурации 100 добычи ресурсов (фиг. 1А) скважины 105 и 110 бурятся смежно одна с другой. В частности, скважины 105 и 110 бурятся таким образом, что их первая

часть (т.е. первые части 105а и 110а соответственно) проходит по существу вертикально с поверхностного участка s в минеральную залежь 140. В точках 125а и 125b удлинений, соответственно, скважины 105 и 110 затем дополнительно бурятся в первом и втором поперечных направлениях, соответственно, для формирования вторых частей 105b и 110b скважины 105 и 110, соответственно, и проходят кольцевидно, формируя плоскость между ними, в которой расположена разделяющая часть 145. Вторые части 105b и 110b дистально соединяются, формируя дистальное узловое пространство 120 в минеральной залежи 140. В целом, для построения конфигурации 101 добычи ресурсов (фиг. 1С) сначала бурят разведочную скважину 115, а скважины 105 и 110 бурят после завершения бурения скважины 115. Скважина 115 проходит с поверхностного участка s в минеральную залежь 140 и в дистально первоначально формирует дистальное узловое пространство 120 в минеральную залежь 140. Следует отметить, что геометрия дистального узлового пространства 120 может варьироваться, но в целом включает в себя дистальную часть скважины 115, включая боковые стенки и торцевую стенку (не показана) скважины 115. Дистальные боковые стенки могут представлять собой часть боковых стенок скважины 115, проходящую вверх от дистальной торцевой стенки скважины 115, например, на расстояние от около 1 до 25 м. Доступ к дистальному узловому пространству 120 можно получить с поверхностного участка s, с использованием разведочного оборудования, и известные способы могут быть использованы для разведки минеральной залежи 140 и обнаружения минеральных материалов. Так, например, растворитель может быть введен в дистальное узловое пространство 120 через скважину 115 для заполнения дистального узлового пространства 120 или его части. После растворения некоторого количества минерального материала из стенки каверны дистального узлового пространства 120 образец растворителя с растворенным в нем минералом может быть доставлен на поверхностный участок s для анализа, например, на соленость или содержание минерала. Кроме того, образцы керн горных пород могут быть получены из дистального пространства 120 и доставлены на поверхностный участок s для исследования. Кроме того, геологическая информация о минеральной залежи 140, такая как, например, сейсмическая информация, может быть получена посредством доступа к узловому пространству 120 через скважину 115. Таким образом, будет понятно, что после бурения скважины 115 можно провести анализ минеральной залежи 140 и обнаружить присутствие в ней минеральных компонентов, и оценить другие геологические параметры минеральной залежи 140. После подтверждения наличия минерального материала и оценки других геологических параметров, если необходимо, скважины 105 и 110 могут быть пробурены, как указано выше, таким образом, что скважины 105 и 110 дистально заканчиваются в дистальном узловом пространстве 120, чтобы тем самым собрать конфигурацию 101 добычи ресурсов. Следует отметить, что для обеспечения того, чтобы вертикальные секции скважин 105 и 110 дистально заканчивались в дистальном узловом пространстве 120, с поверхности в дистальное узловое пространство 120 может быть вставлен электромагнитный излучатель. Электромагнитные волны, излучаемые излучателем, создают направленный маяк, к которому можно направить бурильное оборудование, оснащенное приемной антенной, по мере бурения скважин 105 и 110. Средства электромагнитной телеметрии известны специалистам в данной области техники, см., например, патентную заявку США, с номером публикации 2008/0068211. В альтернативной конфигурации 102 добычи ресурсов (фиг. 1Е) скважина 115 бурится на поверхностном участке s, смежном со скважинами 105 и 110, например, в пределах 100 м от скважин 105 и 110. Скважина 115 находится ниже поверхностного участка s и ориентирована так, чтобы соединиться с дистальным узловым пространством 120, например, проходя по криволинейному пути, как показано на фиг. 1Е. Специалистам в данной области техники будет понятно, что вариант осуществления 102 позволяет ограничить операции на поверхностном участке s меньшим поверхностным участком, чем поверхностный участок, который потребовался бы для операций на поверхности в соответствии с вариантом осуществления 101. Следует отметить, что конфигурация 102 может эксплуатироваться от одиночной кустовой площадки 160, расположенной на поверхности s.

В целом, для бурения скважин 105, 110 и 115 может использоваться обычное буровое оборудование и методы, включая буровые установки и буровые инструменты, такие как буровое оборудование с приводом от бурового раствора и буровые долота, обычно известные специалистам в этой области техники. Так, например, можно использовать обычное буровое оборудование, такое как оборудование, используемое при бурении нефтяных скважин, например, долота типа "рыбий хвост" для бурения мягких пород и вращающиеся трехшарошечные или другие подходящие долота для бурения твердых пород. Для бурения обломочных или карбонатных осадочных пород могут использоваться обычные буровые растворы или системы буровых растворов на водной основе. При бурении через минеральные залежи можно использовать флюиды не на водной основе, например, эмульсионные буровые растворы, минеральное масло или дизельное топливо, чтобы избежать вымывания ресурсного материала, если материал растворим в воде, и избежать расширения скважины. При наклонно-направленном бурении забойной сборкой, использующую управляемое буровое долото, приводимое в действие давлением бурового раствора, можно непрерывно управлять, в то время как ее местоположение и направление регистрируются. Гироскопические компасы, содержащиеся в бурильной трубе, можно использовать для более или менее постоянного измерения наклона и отклонения бурового долота. Кроме того, управление направлением может быть облегчено с помощью оборудования и методов измерения во время бурения (MWD) или каротажа во время

бурения (LWD), использующих, например, датчики гамма-излучения и методы электромагнитной телеметрии, как обычно известно специалистам в данной области техники.

Направления бурения могут быть выбраны на основе сейсмических данных, применимых к поверхностному участку и нижележащим залежам. Кроме того, информация о направлении и команды управления могут передаваться в цифровом виде вверх или вниз по столбу бурового раствора с использованием кодирования импульсов давления через буровой раствор. Кроме того, методы MWD и LWD, известные специалистам в данной области техники, позволяют осуществлять непрерывный анализ горной породы без необходимости отбора образцов керна. По данным LWD можно непрерывно отслеживать физические свойства породы, чтобы позволить бурение скважины через желаемое стратиграфическое местоположение и достичь минеральной залежи 140. Более сложные данные каротажа, собранные после завершения бурения, могут обеспечить более полную геологическую интерпретацию. При бурении рядом с минеральной залежью 140 или через нее можно использовать колонковые коронки с системами сбора колонкового бура для отбора проб породы для химического и геологического анализа по мере необходимости.

Диаметры скважины при бурении могут изменяться и могут составлять, например, от 0,2 до 0,5 м, и в целом уменьшаются по мере того, как скважина проходит вниз от поверхности.

Обратимся теперь к фиг. 2A-2S, на которых показан пример варианта конфигурации 200 добычи ресурсов для добычи и извлечения минерала в различных состояниях примера способа добычи и извлечения минерального материала из минеральной залежи 140.

Обратимся сначала к фиг. 2A-2C, на которых показаны схематические виды в перспективе первого, второго и третьего состояний при выполнении примера способа. Поверхностный участок s содержит смежные скважины 105 и 110 и скважину 115, которая расположена на расстоянии от скважин 105 и 110. Каждая скважина 105, 110 и 115 бурится с поверхностного участка s через часть 130 земли и проходит в минеральную залежь 140. Скважины 105 и 110 первоначально проходят по существу вертикально вниз с поверхностного участка s, и затем проходят дальше поперечно, каждая в несколько расходящихся направлениях, и по существу горизонтально относительно поверхностного участка s в точках 125a и 125b удлинений. Скважина 115 проходит вертикально с поверхностного участка s на глубину d в минеральную залежь 140 и заканчивается дистально в дистальном узловом пространстве 120. Скважины 105 и 110 также соединяются в дистальном узловом пространстве 120. Можно сказать, что по существу горизонтальные удлинения 105b и 110b скважин совместно образуют кольцевидную сборку между проксимальными точками 125a и 125b удлинений и дистальным узловым пространством 120.

Следует отметить, что удлинение 105a скважины и первая секция удлинения 105b скважины обсажены обсадной колонной 206, при этом обсаженная секция заканчивается в точке 206e. Остальная часть удлинения 105b скважины не обсажена или обсажена проницаемым материалом, таким как обсадная колонна с множеством отверстий в боковых стенках, например прорезьями, формирующими хвостовик с прорезьями, которые могут образовывать рисунок. Аналогичным образом удлинение 110a скважины и первая секция удлинений 110b скважины обсажены обсадной колонной 211, при этом обсаженная секция заканчивается в точке 211e. (см.: дополнительно фиг. 2D-2I, обсуждаемые ниже). Термины "обсадная колонна" и "обсаженная" в отношении скважины означают, что ствол скважины облицован таким образом, что предотвращается контакт флюида между стенкой скважины и флюидом, мигрирующим через скважину. Материал обсадной колонны, который можно использовать, обычно известен специалистам в данной области техники и включает, например, стальную обсадную колонну. Таким образом, следует понимать, что в вариантах осуществления настоящего документа, в которых одна скважина содержит несколько трубчатых устройств, т. е. несколько обсадных колонн, такие несколько трубчатых устройств могут частично проходить в поперечные секции 105b и 110b, но в целом значительная часть секции не обсажена или обсажена проницаемым материалом.

Далее показанное на фиг. 2A-2C представляет собой путь 210 флюида через минеральную залежь 140, который сформирован вниз с поверхностного участка s скважиной 105 и дистальным узловым пространством 120 (например, которое похоже на каверну) и скважиной 110. Будет ясно, если в показанном примере конфигурации скважины 105 и 110 расположены на расстоянии около 1,5 км от скважины 115, часть пути 210 флюида между точками 125a, 125b удлинений и дистальным узловым пространством 120 будет иметь длину приблизительно 3 км. В других вариантах осуществления скважины 105 и 110 могут быть разнесены дальше, например на 3 км от скважины 115, тогда часть пути 210 флюида между точками 125a, 125b удлинений и дистальным узловым пространством 120 имеет длину приблизительно 6 км. Конфигурация 200 добычи ресурсов позволяет закачку на поверхностном участке s несущего флюида F через поверхностное скважинное устье 105o и поток несущего флюида F вдоль первой части пути 210 флюида через дистальное узловое пространство 120, а затем через вторую часть пути 210 флюида и затем назад вверх к поверхностному участку s через поверхностное скважинное устье 110o. Чтобы использовать конфигурацию 200 добычи ресурсов для добычи минерала, несущий флюид F, который является растворителем, в котором могут растворяться минеральные материалы минеральной залежи 140, закачивается в поверхностное скважинное устье 105o, что приводит к поверхностному контакту между несущей жидкостью F и стенками 225 скважин 105, 110 и дистальное узловое пространство 120. Можно сказать, что в результате такого контакта минеральный материал минеральной залежи 140 выщелачива-

ется на месте из минеральной залежи 140, особенно стенок 225 скважин 105, 110 и дистального узлового пространства 120, в несущий флюид F. Поскольку в этом примере варианта осуществления ресурсный материал представляет собой минерал, несущий флюид F в целом выбирается как растворитель, в котором минеральный материал может растворяться для формирования рассола, как дополнительно описано ниже.

Обратимся теперь к фиг. 2В, на которой показано второе состояние конфигурации 200 добычи ресурсов, следующее за прохождением значительного количества растворителя и рассола по пути 210 флюида. Отмечено, что внутренняя геометрия скважин 105, 110 и дистального узлового пространства 120 расширилась в результате растворения минерального материала стенок 225 в растворителе и выпуска рассола на поверхностный участок s через поверхностное скважинное устье 110o. В целом можно сказать, что стенки 225 удлинений 105b и 110b скважины расширяются в поперечном и радиальном направлении. Кроме того, объем дистального узлового пространства 120 увеличился для формирования каверны 230, нижняя часть которой называется отстойником 235, и в которой могут выпадать в осадок и осажаться нерастворенные минералы. Также следует отметить, что разделяющая часть 145 минеральной залежи 140 уменьшилась в размере в результате радиального расширения стенок 225 по существу горизонтальных удлинений 105b и 110b скважины. Обратимся теперь к фиг. 2С, на которой показано третье состояние конфигурации 200 добычи ресурсов. Продолжающаяся закачка несущего флюида F в поверхностное скважинное отверстие 105o приводит к нисходящему потоку растворителя через скважину 105 через каверну 230, вдоль скважин 105 и 110 вверх к поверхностному участку s для выпуска несущего флюида F через поверхностное скважинное устье 110o соответственно. По мере того как несущая жидкость F течет по пути 210 потока флюида, стенки 225 по существу горизонтальных удлинений 105b и 110b скважины постепенно расширяются в поперечном и радиальном направлении, в то время как внутренняя геометрия каверны 230 увеличивается.

Виды в горизонтальном разрезе первого, второго и третьего состояний, показанные на фиг. 2А, 2В и 2С показаны на фиг. 2К, 2L и 2М соответственно. Следует отметить, что для работы конфигурации 200 добычи ресурсов в устьях 105o, 110o и 115o скважинных отверстий могут быть установлены узлы устья скважины (не показаны) для управления потоком и давлением флюида. Дополнительное оборудование, которое может быть установлено на участках поверхности s, прилегающих к устьям 105o, 110o и 115o скважинных отверстий, что может быть частью узлов устья скважины, включая, помимо прочего, насосы для флюидов, резервуары для флюидов, включая оборудование для нагрева флюидов, запорные клапаны и оборудование для измерения потока.

Обратимся теперь к фиг. 2D-2I, на которых показаны виды в вертикальном разрезе через минеральную залежь 140, включая удлинения 105b и 110b скважины, в каждом из трех состояний, показанных на фиг. 2А-2С. Эти виды в вертикальном разрезе включают удлинения 105b и 110b скважины, содержащие обсадные колонны 206 и 211 соответственно (см. фиг. 2D, 2E, 2F), и виды в вертикальном разрезе, включая необсаженные удлинения 105b и 110b скважины (см. фиг. 2G, 2H, 2I). Как видно, ширина w1 и w3 обсаженных частей удлинений 110b и 105b скважины, соответственно, не меняется между тремя различными состояниями, показанными на фиг. 2А-2С. В различных вариантах осуществления ширины w1 и w3 могут варьироваться, например, от около 3 см до около 40 см. Следовательно, расстояние d2 между смежными участками внешней стенки стенок 225 удлинений 105b и 110b скважины не изменяется. Напротив, ширина w4 необсаженных частей удлинения 105b скважины увеличивается до w4' (фиг. 2H) и w4'' (фиг. 2I), поскольку происходит выщелачивание на месте минерального материала, в то время как, аналогичным образом, ширина w6 необсаженных частей удлинения 110b скважины увеличивается до w6' (фиг. 2H) и w6'' (фиг. 2I). Таким образом, из-за постепенного радиального расширения стенок 225 необсаженных частей удлинений 105b и 110b скважины смежные частями внешней стенки для стенок 225 удлинений 105b и 110b скважины становятся ближе друг к другу по мере того, как происходит выщелачивание на месте минерального материала. Увеличение ширины w4 и w6 происходит за счет разделяющей части 145, размер которой уменьшается, что обозначено уменьшением расстояния d5, d5' и d5'' между смежными частями внешней стенки для стенок 225 удлинений 105b и 110b скважины, так как происходит выщелачивание на месте минерального материала.

Следует отметить, что части 105b и 110b представляют собой части породной формации 140, которые были пробурены, тогда как выщелоченные части 105' и 110b' представляют собой части породной формации 140, которые были выщелочены на месте. Части 105b и 110b являются по существу полыми. Однако выщелоченные части 105' и 110b' могут быть более или менее пористыми. В частности, если породная формация 140 содержит различные химические компоненты, например кристаллический хлорид калия и хлорид натрия, селективное выщелачивание на месте может привести к удалению хлорида калия в растворитель по мере циркуляции растворителя и сохранению хлорида натрия на месте, например, в виде пористой матрицы хлорида натрия. Таким образом, способы по настоящему изобретению могут ограничивать количество загрязняющих материалов, добываемых на поверхностный участок s.

Следует отметить, что обычно ожидается, что расширение скважины в поперечном направлении будет опережать расширение скважины в вертикальном направлении, так что по мере удлинения способа добычи ресурсов ширина w необсаженных частей скважин 105b и 110b увеличивается больше, чем их

высота  $h$  (указано на фиг. 2I-2J), например до 2×, 5×, 10×, 20× или более раз. Так, например, высота может удвоиться, в то время как ширина может увеличиться в около 3 раз, около 4 раз, около 5 раз или около 10 раз. В некоторых вариантах осуществления может быть достигнута высота  $h$  до 5 м и ширина  $w$  до 100 м или даже больше.

Обращаясь теперь к фиг. 2J, следует отметить, что для иллюстрации общих принципов в соответствии с раскрытием геометрии на фиг. 2D - 2I были представлены в виде геометрий правильной формы. Однако при реализации способов по настоящему раскрытию более неправильная геометрия, например, как показано на фиг. 2J, может развиваться для выщелоченных частей 105b' и 110b', поскольку выщелачивание на месте минерального материала происходит из первоначальных удлинений 105b и 110b скважины. Развитие точной геометрии, как будет понятно специалистам в данной области техники, может зависеть от подземных условий на месте и параметров, связанных с несущим флюидом F и его распределением, таких как, например, химические составляющие и скорость потока несущего флюида F.

Также следует отметить, что изменения ширины ( $w$ ) внутри удлинений 105b и 110b скважины могут возникать в зависимости от того, рассматривается ли поперечное сечение ближе к проксимальному концу (т.е. ближе к точкам 125a, 125b удлинений) этих удлинений скважины или рассматривается поперечное сечение ближе к дистальному концу (т.е. ближе к дистальному узловому пространству 120) этих удлинений скважины. В некоторых вариантах осуществления после периода выщелачивания на месте, как, например, показано на фиг. 2C, ширина ( $w$ ) удлинений 105b и 110b скважины может постепенно уменьшаться при продольном пересечении удлинений 105b скважины через дистальное узловое пространство 120 и затем до 110b, когда скважина 105 используется для закачки несущего флюида F, а скважина 110 используется для извлечения несущего флюида F. Постепенное уменьшение ширины ( $w$ ) может происходить в результате того, что несущий флюид F постепенно насыщается минеральным материалом, выщелоченным на месте, по мере того, как несущий флюид F следует через путь флюида сначала через 105b, а затем через 110b, и чем более насыщенным становится несущий флюид F, тем менее эффективным будет выщелачивание на месте минерального материала из минеральной залежи 140 в несущий флюид F.

Обращаясь снова к фиг. 2A-2C, дополнительно отмечено, что задачей обсадных колонн 206 и 211 является защита подчасти 149 разделяющей части 145, расположенной смежно с точками 125a и 125b удлинений, и предотвращение флюидного контакта между флюидом в удлинителях 105b и 110b скважины в результате постепенного радиального расширения удлинений 105b и 110b скважины. Такой контакт флюида считается нежелательным, поскольку он будет мешать потоку переносимого флюида F вдоль пути 210 флюида. Чтобы построить обсаженные секции, удлинения 105b и 110b скважины, как правило, расположены под углом друг к другу, так что продольные оси обсаженных секций удлинений 105b и 110b скважины образуют угол, составляющий по меньшей мере около 30 градусов и до около 90 градусов. Длина обсадной колонны может варьироваться, но обычно составляет по меньшей мере около 10 м и может достигать около 150 м.

Обращаясь теперь к различным условиям и параметрам, которые могут быть выбраны для работы конфигураций и способов добычи ресурсов в соответствии с настоящим изобретением, следует отметить, что несущий флюид F выбирается в зависимости от добываемого ресурсного материала, как будет понятно специалистам в данной области техники. В целом считается выгодным, чтобы несущий флюид F выбирался в качестве растворителя, в котором ресурсный материал может растворяться. Так, например, когда ресурсный материал представляет собой минерал, в качестве несущего флюида F может быть выбран водный раствор, в котором растворяется минерал. В одном варианте осуществления для закачки можно использовать практически чистый растворитель, например, практически чистый водный раствор, такой как вода или пар. Несущий флюид F может быть введен в жидкой форме, однако в других вариантах осуществления несущий флюид F может быть нагрет и введен в виде водяного пара или пара. В дополнительных вариантах осуществления несущий флюид F может представлять собой гель или суспензию.

В других вариантах осуществления в качестве растворителя можно использовать раствор хлорида натрия (NaCl), например, насыщенный раствор NaCl, или раствор хлорида калия (KCl), или раствор, содержащий NaCl и KCl. Возможными добавками, которые могут быть включены, являются NaOH и соли марганца. Эти растворители особенно полезны, когда добываемым ресурсом является поташ. Следует отметить, что растворитель, в котором растворены минералы, может называться рассолом. В вариантах осуществления, где извлекаются неминеральные материалы, могут быть выбраны другие несущие флюиды F. Так, например, при добыче углеводородов может оказаться выгодным использовать менее полярный несущий флюид или добавлять в несущий флюид F диспергаторы для облегчения растворения ресурсного материала.

Далее отмечается, что в некоторых вариантах осуществления ресурсный материал может не растворяться или может плохо растворяться в несущий флюид F, и вместо этого несущий флюид F может служить средой для транспортировки ресурсного материала в нерастворенной форме, например, в форме твердых частиц, взвешенных в несущем флюиде F.

В другом аспекте температура растворителя несущего флюида F может варьироваться, и может ис-

пользоваться предварительно нагретый (или предварительно охлажденный) несущий флюид, имеющий температуру в диапазоне, например, от приблизительно 10 до около 110°C или даже выше, когда несущий флюид F закачивается в виде водяного пара или пара. Отмечено, что температуры на месте на глубине, например, от 1000 до 3000 м от поверхностного участка s, как правило, выше, чем на поверхностном участке s, и могут варьироваться, например, от около 25 до около 80°C. Таким образом, температура несущего флюида может постепенно повышаться по мере того, как он закачивается с поверхностного участка s и мигрирует к минеральной залежи 140. В вариантах осуществления в настоящем документе, где добывают поташ в форме KCl, более высокие температуры растворителя, например, превышающие 50°C, в целом считаются полезными, поскольку растворимость KCl в водных растворах в целом увеличивается. Таким образом, в некоторых вариантах осуществления в скважину 105 может быть закачан нагретый растворитель. В целом, концентрация минерала, растворенного в растворителе, увеличивается вдоль пути 210 флюида. Однако в то же время скорость растворения минерала обычно уменьшается по мере того, как рассол становится насыщенным растворенным минеральным материалом. Дальнейшее снижение скорости растворения и снижение максимальной концентрации насыщения также в целом происходит по мере снижения температуры рассола. Таким образом, в вариантах осуществления, где используется нагретый растворитель, скорость растворения может снижаться по мере того, как растворитель мигрирует вдоль пути 210 потока. Скоростью потока флюида можно управлять с поверхностного участка s с помощью насосной системы (не показана), функционально установленной на поверхностном участке s, или скважинной насосной системы, установленной в скважину 105.

В некоторых вариантах осуществления минеральная залежь 140 может содержать смесь минералов. Так, например, залежи калийных минералов обычно содержат смесь KCl (сильвит) и NaCl (галит). Калийные залежи могут, например, содержать от около 30 до около 70% KCl, с преобладанием остатка, содержащего NaCl вплоть до 100%. В вариантах осуществления, в которых используется растворитель, насыщенный NaCl, по мере того, как рассол мигрирует через минеральную залежь 140, KCl может растворяться в рассоле, в то время как пористая матричная структура NaCl может оставаться на месте.

В некоторых вариантах осуществления первоначально несущий флюид F закачивается через поверхностное скважинное устье 105o, и поток флюида устанавливается для достижения определенной скорости потока. Первоначально время прохождения, т.е. время, необходимое несущему флюиду F для миграции из скважины 105o в скважину 110o, в целом короче и может составлять, например, около 3-6 ч. Время прохождения постепенно увеличивается по мере увеличения объемов горизонтальных удлинений 105b и 110b скважины и может увеличиваться, например, до 24, 48, 60, 120, 240 ч или более в зависимости от ширины горизонтальных удлинений 105b и 110b скважины.

В целом, ширина горизонтальных удлинений 105b, 110b скважины определяется таким образом, чтобы могла оставаться значительная часть разделяющей части 145. Так, например, способы, описанные в настоящем документе, могут быть выполнены таким образом, что расстояние d между по существу горизонтальными удлинениями 105b и 110b скважины может составлять не менее чем 100 м, не менее чем 50 м или не менее чем 25 м во время способов. Следует отметить, что ширина горизонтальных удлинений 105b, 110b скважины может отслеживаться посредством доступа к дистальному узлу 120. Как только достигается определенная ширина, циркуляция флюида может быть остановлена, и после этого флюид может оставаться застойным в течение определенного периода времени, например, по меньшей мере один день, несколько дней (например, 2, 3, 4, 5, 6 или 7 дней), по меньшей мере одну неделю, несколько недель (например, 2, 3 или 4 недели), по меньшей мере один месяц или несколько месяцев (например, 2, 3, 4, 6, 9 или 12 месяцев) вдоль пути потока без организации для восходящего потока, чтобы пропитать и дополнительно облегчить выщелачивание на месте ресурсного материала. После этого поток флюида вверх через поверхностное скважинное устье 100o может быть инициирован с поверхностного участка S.

В некоторых вариантах осуществления скважины 105, 110 или дистальное узловое пространство 120 дробятся перед закачкой растворителя с использованием, например, взрывчатых веществ для разрушения частей удлинений 105b, 110b скважины или дистального узлового пространства 120.

Несущий флюид F, выпускаемый из скважинного устья 100o, может быть использован для извлечения ресурсного материала на поверхностном участке s, например, путем кристаллизации минералов, присутствующих в рассоле, и отделения кристаллизованного минерального материала от указанного флюида, и/или отделения минералов друг от друга; например поташ можно отделить от хлорида натрия. Таким образом, операции по извлечению минерала на поверхностном участке s могут быть организованы, например, в непосредственной близости от скважинного устья 100o. Методы извлечения минералов известны специалистам в данной области и включают, например, использование кристаллизаторов рассола.

В некоторых вариантах осуществления скважина 115 используется для отслеживания за одним или большим количеством подземных параметров, относящихся к минеральной залежи 140, путем доступа к узловой каверне 230 с помощью отслеживающего устройства через скважину 115 и размещения отслеживающего устройства в узловой каверне 230, например, в отстойнике 235. Различные параметры могут отслеживаться таким образом с использованием определенных типов датчиков и оборудования, известных специалистам в данной области техники. К ним относятся, например, соленость растворителя, не-

растворенный хлорид натрия в растворителе, скорость потока растворителя, давление растворителя, температура растворителя, электропроводность (как мера общего содержания растворенных солей), радиоактивность (для измерения KCl), фотоэлектрическое поглощение и поглощение нейтронов и геометрия скважины. Операции по добыче ресурсов, такие как поток флюида, например, могут быть отрегулированы в результате такого отслеживания.

Следует отметить, что различные конфигурации добычи ресурсов в соответствии с настоящим раскрытием допускают различные пути потока, как показано в примерах на фиг. 2N-2S. Таким образом, например, в одном, некоторых или во всех вариантах осуществления конфигураций ресурсов, описанных в настоящем документе, поток флюида по пути 210 флюида может периодически изменяться на противоположное. Таким образом, например, поверхностное скважинное отверстие 105o после использования в течение первого периода времени для входа флюида (см.: F1 на фиг. 2N) может использоваться в течение второго периода времени для выхода флюида (см.: F2 на фиг. 2O), и, наоборот, поверхностное скважинное отверстие 100o может в течение первого периода времени использоваться для выхода флюида (см.: F2 на фиг. 2O), а затем в течение второго периода времени использоваться для входа флюида (см.: F1 на фиг. 2N). Для одного, некоторых или всех вариантов осуществления, описанных в настоящем документе, периодичность изменения направления потока флюида может варьироваться и может выбираться по желанию. Например, может быть выбрана периодичность 1 день, 1 неделя, 1 месяц или 3 месяца. Кроме того, для одного, некоторых или всех описанных в настоящем документе вариантов осуществления периодичность может быть дополнительно выбрана в зависимости от времени прохождения, которое, как отмечалось выше, может варьироваться. Также могут быть реализованы более короткие периодичности, например периодичность 1, 6 или 12 ч. Таким образом, например, поток флюида может быть изменен на противоположное после завершения, например, 2, 3 или 4 времен прохождения. Таким образом можно управлять геометрией и ростом узловой каверны 230. В частности, реверсирование потока флюида может поддерживать ширину по существу горизонтальных удлинений 105a и 110b более или менее одинаковой по всей длине этих удлинений. Кроме того, при операциях добычи калийных ресурсов реверсирование потока может привести к перераспределению осажденного галита, который в противном случае может мешать потоку флюида, блокируя поровые пространства, образовавшиеся в результате растворения KCl.

В дополнительном варианте осуществления путь потока флюида можно изменить на противоположный, используя скважинное отверстие 115o в качестве точки входа флюида и используя скважинные отверстия 105o и/или 110o в качестве точки выхода флюида, как показано на фиг. 2P и 2Q. Таким образом, на фиг. 2P поверхностное скважинное отверстие 115o используется для входа флюида (F1), а поверхностные скважинные отверстия 105o и 100o используются для выхода флюида (F2, F3 соответственно). На фиг. 2Q поверхностное скважинное отверстие 115o используется для входа флюида (F1), а поверхностное скважинное отверстие 110 используется для выхода флюида (F2), и при этом отмечается, что клапан регулирования потока, закрытый на поверхностном участке s, предотвращает поток флюида вверх через поверхностное скважинное отверстие 105o. Реверсирование потока, созданное в соответствии с вариантами осуществления, показанными на фиг. 2P и 2Q, может оказаться полезным для добычи ресурсного материала ближе к дистальным концам удлинений 105b и 110b скважины и для разработки отстойника 235, где, как отмечалось выше, может осаждаться и накапливаться нежелательный минеральный материал. В частности, в случаях, когда насыщение рассола происходит на дистальных концах удлинений 105b и 110b скважины, что приводит к ограниченной добыче минерала на этих дальних концах при использовании скважинных отверстий 105o и/или 100o, добыча все же может быть достигнута на этих дальних концах, когда скважинное отверстие 115o используется в качестве точки входа флюида, и рассол, содержащий относительно низкие концентрации добытого минерала, сначала мигрирует через дистальные части удлинений 105b и 110b скважины. Кроме того, работа этого альтернативного пути флюида может привести к дополнительному расширению по ширине дистальных частей удлинений 105b и 110b скважины, и, таким образом, работа этого альтернативного пути флюида позволяет дополнительно управлять развитием геометрии удлинений 105b и 110b скважины. Дальнейшие примеры путей потока показаны на фиг. 2R-2S, где на фиг. 2R, поверхностные скважинные отверстия 105o и 100o используются для входа флюида (F1, F2 соответственно), а поверхностное скважинное отверстие 115o используется для выхода флюида (F3). На фиг. 2S поверхностное скважинное отверстие 105o используется для входа флюида (F1), а поверхностное скважинное отверстие 115o используется для выхода флюида (F2), и при этом отмечается, что клапан регулирования потока, закрытый на поверхностном участке s, предотвращает поток флюида вверх через поверхностное скважинное отверстие 100o. Вышеизложенное является лишь некоторыми примерами работающих каналов флюида, которые могут использоваться в сочетании с примером конфигурации 200 добычи ресурсов согласно настоящему раскрытию. Специалистам в данной области техники понятно, что другие пути флюида, которые могут использоваться в сочетании с конфигурацией 200 добычи ресурсов, пути потока флюида, показанные на фиг. 2N-2S не претендуют на исчерпывающую полноту, так как могут быть и другие действующие пути флюида, и все они могут использоваться в соответствии с настоящим изобретением. Кроме того, следует отметить, что число возможных путей флюида еще больше, когда в соответствии с настоящим документом используются более

сложные конфигурации добычи ресурсов, такие как конфигурации 300, 301, 302 и 303 добычи ресурсов, показанные, например, на фиг. 3А-3F.

Следует отметить, что смежное расположение скважин 105 и 110 позволяет работу скважин 105 и 110 с одной кустовой площадки на поверхностном участке *s*, расположенном у скважинных отверстий 105о и 100о (см. фиг. 1А-1В), тем самым ограничивая необходимость транспортировки флюидов, используемых в работе конфигураций добычи ресурсов по настоящему изобретению. Таким образом, строительство трубопроводов на поверхностном участке *s* и работа насосов или транспортировка флюидов грузовиками могут быть ограничены. Кроме того, при работе при более низких температурах удается избежать потерь тепла выпускаемого рассола, что, в свою очередь, может улучшить способ извлечения полезных ископаемых, поскольку многие способы извлечения минералов требуют, чтобы извлеченный рассол имел более высокую температуру, например 50, 60°C или выше. Следует отметить, что в этом отношении варианты осуществления, содержащие одну скважину, в которой установлены две или большее количество скважинных колонн, могут обеспечивать превосходную изоляцию и, таким образом, обеспечивать извлеченный рассол, имеющий более высокие температуры.

Обратимся теперь к фиг. 3А-3F, на которых показаны дополнительные конфигурации 300 (фиг. 3А-3В), 301 (фиг. 3С) и 302 (фиг. 3D) добычи ресурсов. Конфигурация 300 добычи ресурсов выполнена таким образом, чтобы содержать второе по существу горизонтальное удлинение 105с скважины, проходящее от вертикального удлинения 105а скважины для скважины 105, и второе по существу горизонтальное удлинение 110с скважины, проходящее от вертикального удлинения 110а скважины для скважины 110. Горизонтальные удлинения 105с и 110с скважины соединяются во втором дистальном узловом пространстве 310. Горизонтальные удлинения 105b и 110b скважины плоско расположены между точками 125а и 125b удлинений и дистальным узловым пространством 120 таким образом, что они вместе образуют кольцевидное удлинение, и, кроме того, таким образом, что разделяющая часть 145 минеральной залежи 140, разделяет и окружена или охвачена горизонтальными удлинениями 105b и 110b скважины. Аналогичным образом, горизонтальные удлинения 105с и 110с скважины плоско расположены между точками 125а и 125b удлинений и дистальным узловым пространством 310 таким образом, что они вместе образуют другое кольцевидное удлинение, и, кроме того, таким образом, что разделяющая часть 145b минеральной залежи 140, разделяет и окружена или охвачена горизонтальными удлинениями 105с и 110с скважины. Кроме того, по существу вертикальная скважина 305, расположенная на расстоянии от скважин 105, 110 и 115, заканчивается в удаленном узловом пространстве 310. Вид в горизонтальном поперечном разрезе на глубине *d* конфигурации 300 показан на фиг. 3В. Следует отметить, что воображаемая прямая линия *l* может быть проведена от первого дистального узлового пространства 120 приблизительно через точки 125а и 125b удлинений ко второму дистальному узловому пространству 310. Конфигурация 300 добычи ресурсов может обеспечивать потоки растворителя вниз с поверхностного участка *s* через удлинение 105а скважины, а затем оба удлинения 105b и 105с скважины, и вверх через дистальное узловое пространство 120 и 310, соответственно, через удлинения 110b и 110с скважины и вверх к поверхностному участку *s* через удлинение 110а скважины. Следует отметить, что части 105b', 105с, 110b' и 110с' (см. фиг. 3В) горизонтального удлинения 105b, 105с, 110b и 110с скважины являются обсаженными секциями, в то время как остальные части горизонтального удлинения 105b, 105с, 110b и 110с скважины являются обсаженными.

Обращаясь теперь к фиг. 3С, конфигурация 301 добычи ресурсов выполнена так, чтобы включать в себя дополнительные точки 125аа и 125bb удлинений, которые служат в качестве точек удлинений для удлинений 105d и 110d скважины таким образом, что они образуют еще одно кольцевидное удлинение, и, кроме того, таким образом, что разделяющая часть 145с минеральной залежи 140 разделяет и окружается (например, охватывается) горизонтальным удлинением 105d и 110d скважины. Кроме того, скважина 315 заканчивается в дистальном узловом пространстве 320. Следует отметить, что дистальное узловое пространство 310 и горизонтальные удлинения 105с и 110с скважины расположены на глубине *d*<sub>1</sub>, тогда как дистальное узловое пространство 310 и горизонтальные удлинения 105с и 110с скважины расположены на глубине *d*<sub>2</sub>. Таким образом, конфигурация 301 добычи ресурсов позволяет разработку минеральной залежи 140 на двух разных глубинах относительно поверхностного участка *s*. Соответственно, в различных вариантах осуществления может быть реализовано множество точек удлинений на множестве глубин, чтобы, таким образом, обеспечить добычу ресурсов на множестве глубин относительно поверхностного участка *s*.

Обратимся теперь к фиг. 3D, показывающей конфигурацию 302 добычи ресурсов, которая очень похожа на конфигурацию 301 добычи ресурсов на фиг. 3С, позволяющую добычу ресурсов минеральной залежи 140 на двух различных глубинах, *d*<sub>1</sub> и *d*<sub>2</sub>, относительно поверхностного участка *s*. Однако в конфигурации 302 добычи ресурсов вместо двух удлинений 315 и 320 скважины, проходящих до дистальных узловых пространств 310 и 320, конфигурация 302 добычи ресурсов содержит одно удлинение 330 скважины, проходящее с поверхностного участка *s* до обоих дистальных узловых пространств 310 и 320. Следует отметить, что концевая секция 330e удлинения 330 скважины соединена с дистальными узловыми пространствами 310 и 320 для установления подземного флюидного сообщения между дистальными узловыми пространствами 310 и 320.

Обратимся теперь к фиг. 3E-3F, на которых показана конфигурация 303 добычи ресурсов, которая содержит горизонтальные удлинения 105b, 110b и 105c, 110c скважины, которые выполнены аналогично горизонтальным удлинениям 105b, 110b и 105c, 110c в конфигурации 300 добычи ресурсов (фиг. 3A-3B). Однако конфигурация 303 добычи ресурсов содержит 2 пары скважин (105, 110) и (105', 110'). Пара скважин (105, 110) содержит вертикальные удлинения 105a и 110a скважины, проходящие вертикально с поверхностного участка s к точкам 125a и 125b удлинений и далее проходящие горизонтально от точек 125a и 125b удлинений, формируя горизонтальные удлинения 105c и 110c скважины и соединяющиеся в дистальном узловом пространстве 310. Пара скважин (105', 110') содержит вертикальные удлинения 105a' и 110a' скважины, проходящие вертикально с поверхностного участка s к точкам 125a' и 125b' удлинений и далее проходящие горизонтально от точек 125a' и 125b' удлинений, формируя горизонтальные удлинения 105b и 110b скважины и соединяющиеся в дистальном узловом пространстве 120. Следует отметить, что в конфигурации 303 добычи ресурсов пары скважин (105, 110) и (105' 110') флюидно не связаны ниже поверхностного участка s, и каждая из пар скважин (105, 110) и (105' 110') может работать независимо. По желанию над поверхностным участком s может быть установлено постоянное или временное флюидное соединение (не показано).

Обратимся теперь к фиг. 4A-4D, на которых показаны дополнительные конфигурации 400, 401, 403 и 404 добычи ресурсов согласно настоящему раскрытию. Обратимся сначала к фиг. 4A, на которой показана конфигурация 400 добычи ресурсов, показанная в начальном состоянии (I), из которого развиваются два альтернативных состояния (II) и (III). Состояние (I) соответствует состоянию, когда ограниченное количество минерального материала было добыто из горизонтальных удлинений 105b, 110b, 105c и 110c скважины. После периода добычи минерала в соответствии с описанными в настоящем документе способами ширина горизонтальных удлинений 105b, 110b, 105c и 110c скважины увеличивается, как в целом показано ранее на фиг. 2A-2C. Для развития состояния (II) из состояния (I) каждое из горизонтальных удлинений 105b, 110b, 105c и 110c скважины, имеющих точки 125a', 125b', 125a и 125b удлинений, соответственно, закрываются с помощью клапана регулирования потока, установленного внутри удлинений 105b, 110b, 105c или 110c скважины или на поверхностном участке s. Новые горизонтальные удлинения 105b2, 110b2, 105c2 и 110c2, включая точки 125a2', 125b2', 125a2 и 125b2 удлинения, соответственно расположенные внутри относительно 105b, 110b, 105c и 110c, пробуриваются и эксплуатируются, по существу, как описано выше. Следует отметить, что при отсутствии клапанов регулирования расхода, установленных внутри удлинений 105b, 110b, 105c или 110c скважины или на поверхностном участке s, скважины также могут быть закрыты другими способами, например, путем установки цементной пробки.

Следует отметить, что дополнительный альтернативный вариант осуществления может быть разработан, начиная с состояния (I), путем бурения одного дополнительного горизонтального удлинения скважины, например, только 110b2 или только 105b2 через разделяющую часть 145, или только 105c2 или только 110c2 через разделяющую часть 145b для соединения с дистальными узловыми полостями 120 и 310, соответственно, и использовать такую одну дополнительную горизонтальную скважину в сочетании с существующим горизонтальным удлинением 105b и/или 110b скважины; или 105c и/или 110c в качестве пути потока (теперь показано). Клапаны регулирования потока, установленные в удлинениях 105b, 110b, 105c или 110c скважины или на поверхностном участке s, могут использоваться для закрытия 105b или 110b, или 105c или 110c. Для развития состояния (III) из состояния (I) каждое из горизонтальных удлинений 105b, 110b, 105c и 110c скважины, закрываются с помощью клапана регулирования потока, установленного внутри удлинений 105b, 110b, 105c или 110c скважины или на поверхностном участке s. Новые горизонтальные удлинения 105b3, 110b3, 105c3 и 110c3, включая точки 125a3', 125b3', 125a3 и 125b3 удлинения, расположенные снаружи относительно 105b, 110b, 105c и 110c, пробуриваются и эксплуатируются, по существу, как описано выше. Состояния (II) и (III) допускают дальнейшую добычу минеральной залежи 140 с использованием существующих вертикальных скважин.

Обратимся теперь к фиг. 4B, на которой показана другая конфигурация 401 добычи ресурсов, содержащая четыре дистальных узловых пространства 120, 310, 450 и 460, каждое из которых представляет собой точку контакта между по существу горизонтальной скважиной 105b, 105c, 105d и 105e, соответственно, проходящей от точки 125a удлинения и по существу горизонтальные скважины 110b, 110c, 110d и 110e, проходящие от точки 125b удлинения. Конфигурация 402 добычи ресурсов может обеспечивать потоки растворителя вниз с поверхностного участка s через точку 125a удлинения через оба удлинения 105b, 105c, 105d и 105e скважины к дистальным узловым пространствам 120, 310, 450 и 460, а затем вверх через точку 125a удлинения к поверхностному участку s. Следует отметить, что первая воображаемая прямая 11 может быть проведена от первого дистального узлового пространства 120 через точки 125a и 125b удлинений ко второму дистальному узловому пространству 310, а вторая воображаемая прямая линия 12 может быть проведена от третьего дистального узлового пространства 450 приблизительно через точки 125a и 125b удлинений к четвертому дистальному узловому пространству 460.

Обратимся теперь к фиг. 4C, на которой показана другая конфигурация 403 добычи ресурсов, содержащая восемь дистальных узловых пространств 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426 и 427, каждое из которых представляет собой точку контакта между по существу горизонтальным удлинением 405b, 405c, 405d, 405e, 405f, 405g, 405h и 405i скважины, соответственно, проходящей от точки 125a удлинения и по

существо горизонтальным удлинением 410b, 410c, 410d, 410e, 410f, 410g и 410i, скважины, соответственно, проходящие от точки 125b удлинения. Следует отметить, что, например, обсаженные секции 406f и 411f и необсаженные секции 407f и 412f горизонтальных удлинений 405f и 410f скважины были обозначены для иллюстративных целей. Обсаженные и необсаженные секции для других горизонтальных удлинений скважины также показаны на фиг. 4C, однако они не пронумерованы, чтобы не загромождать фигуру. Конфигурация 403 добычи ресурсов может обеспечивать потоки растворителя через удлинения 405b, 405c, 405d, 405e, 405f, 405g, 405h и 405i скважины вниз от поверхностного участка s к дистальным узловым пространствам 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426 и 427, а потом вверх через удлинения 410b, 410c, 410d, 410e, 410f, 410g, 410h и 410i скважины к поверхностному участку s. Следует отметить, что первая воображаемая прямая 11 может быть проведена из первого дистального узлового пространства 420 приблизительно через точки 125a и 125b удлинений в пятое дистальное узловое пространство 424, вторая воображаемая прямая линия 12 может быть проведена из второго дистального узлового пространства 421 приблизительно через точки 125a и 125b удлинений до шестого дистального узлового пространства 425, третья воображаемая прямая 13 может быть проведена от третьего дистального узлового пространства 422 приблизительно через точки 125a и 125b удлинений до шестого дистального узлового пространства 426, и четвертая воображаемая прямая линия 14 может быть проведена из четвертого дистального узлового пространства 423 приблизительно через точки 125a и 125b удлинений в шестое дистальное узловое пространство 427.

Обратимся теперь к фиг. 4D, на которой показана другая конфигурация 404 добычи ресурсов на приблизительно квадратной площади поверхностного участка s, содержащей восемь дистальных узловых пространств 420-2, 421-2, 422-2, 423-2, 424-2, 425-2, 426-2 и 427-2, каждое из которых представляет собой точку контакта между по существу горизонтальным удлинением 405b-2, 405c-2, 405d-2, 405e-2, 405f-2, 405g-2, 405h-2 и 405i-2 скважины, соответственно, проходящим от точки 125a-2 удлинения и по существу горизонтального удлинения 410b-2, 410c-2, 410d-2, 410e-2, 410f-2, 410g-2, 410h-2 и 410i-2 скважины, соответственно проходящим от точки 125b-2 удлинения. Следует отметить, что одно из каждой пары по существу горизонтальных удлинений (405b-2, 410b-2), (405c-2, 410c-2), (405d-2, 410d-2), (405e-2, 410e-2), (405f-2, 410f-2), (405g-2, 410g-2), (405h-2, 410h-2) и (405i-2, 410i-2) скважины, состоит из двух разных частей, каждая из которых проходит в другом направлении. В качестве примера, обозначенного на фиг. 4D, представляют собой по существу горизонтальную скважину 405b-2, содержащую секцию 405b-2a, от которой в поперечном направлении проходит секция 405b-2b; и по существу горизонтальную скважину 410e-2, содержащую секцию 410e-2a, от которой в поперечном направлении проходит секция 410e-2b. Конфигурация 404 добычи ресурсов может обеспечивать потоки растворителя через удлинения 405b-2, 405c-2, 405d-2, 405e-2, 405f-2, 405g-2, 405h-2 и 405i-2 скважины вниз от поверхностного участка s к дистальным узловым пространствам 420-2, 421-2, 422-2, 423-2, 424-2, 425-2, 426-2 и 427-2, а затем вверх через удлинения 410b-2, 410c-2, 410d-2, 410e-2, 410f-2, 410g-2, 410h-2 и 410i-2 скважины к поверхностному участку s. Отмечается, что воображаемые диагональные линии 15 и 17, проходящие из углов приблизительно квадратной области на поверхностном участке s и воображаемые диагональные линии 16 и 18 делят поверхностный участок s на четыре квадрата одинакового размера и не пересекают ни одно из по существу горизонтальных удлинений скважины.

Отмечено, что порядок реализации или работы пар горизонтальных скважин (405b-2, 410b-2), (405c-2, 410c-2), (405d-2, 410d-2), (405e-2, 410e-2), (405f-2, 410f-2), (405g-2, 410g-2), (405h-2, 410h-2) и (405i-2, 410i-2) может быть изменен. Так, например, все горизонтальные скважины (405b-2, 410b-2), (405c-2, 410c-2), (405d-2, 410d-2), (405e-2, 410e-2), (405f-2, 410f-2), (405g-2, 410g-2), (405h-2, 410h-2) и (405i-2, 410i-2) могут быть построены, а затем работа всех может следовать более или менее одновременно, или некоторых, но не всех, пар горизонтальных удлинений (405b-2, 410b-2), (405c-2, 410c-2), (405d-2, 410d-2), (405e-2, 410e-2), (405f-2, 410f-2), (405g-2, 410g-2), (405h-2, 410h-2) и (405i-2, 410i-2) скважины могут быть первоначально построены и введены в эксплуатацию, а на более позднем этапе могут быть построены и введены в эксплуатацию дополнительные удлинения скважины. Соответственно, в разные моменты времени пары горизонтальных удлинений (405b-2, 410b-2), (405c-2, 410c-2), (405d-2, 410d-2), (405e-2, 410e-2), (405f-2, 410f-2), (405g-2, 410g-2), (405h-2, 410h-2) и (405i-2, 410i-2) скважины могут находиться на разных стадиях эксплуатации.

Изобретатели определили, что реализация конфигурации 404 добычи ресурсов, показанная на фиг. 4D на секции земли (1 квадратная миля), позволит разработать восемь по существу горизонтальных секций скважины (например, 405b-2 и 410b-2 вместе), каждая длиной 1367 м, предполагая диаметр окружности 480 в 636 метров, включающих обсаженные секции. Каждая по существу горизонтальных секций скважины может достигать ширины до около от 50 м до 100 м. Подсчитано, что в вариантах осуществления, где поташ добывается до приблизительно по меньшей мере 40%, по меньшей мере 50%, по меньшей мере 75% и до 100% от общего количества доступного поташа в пределах секции на глубине, может быть извлечено реализованной конфигурацией 404 добычи ресурсов. Для аналогичной конструкции, основанной на шести, по существу горизонтальных секциях скважины (не показаны), изобретатели определили, что до по меньшей мере 40%, по меньшей мере 50%, по меньшей мере 75% и до 100% общего доступного поташа может быть извлечено на поверхностном участке s. Следует отметить, что процент общего

доступного поташа, который может быть добыт с использованием конфигурации 403 на фиг. 4С несколько ниже, чем когда используется конфигурация 404 на фиг. 4D.

Как отмечалось выше, в других вариантах осуществления конфигурация 404 добычи ресурсов, показанная на фиг. 4D, может быть реализована таким образом, что горизонтальные секции скважины (например, 405b-2 и 410b-2, объединены) проходят дальше, например на 2 мили, 3 мили или 4 мили.

Обратимся теперь к фиг. 5А, на которой показана конфигурация 500 добычи ресурсов, содержащая группу из девяти подконфигураций 402 а, 402b, 402с, 402d, 402е, 402f, 402g, 402h и 402i добычи ресурсов, выполненных ниже поверхностных участков s1, s2, s3, s4, s5, s6, s7, s8 и s9 соответственно, и нижележащие подземные пространства, связанные с этими поверхностными участками. Как отмечалось выше, в некоторых вариантах осуществления поверхностные участки s1, s2, s3, s4, s5, s6, s7, s8 и s9 могут представлять собой отдельные секции земли. Подконфигурация 402а добычи ресурсов содержит четыре дистальных узловых пространства 120а, 310а, 450а и 460а, каждое из которых представляет собой точку контакта между по существу горизонтальной скважиной 105ba, 105ca, 105da и 105ea, соответственно, проходящей от точки 125аа удлинения, и по существу горизонтальной скважиной 110ba, 110ca, 110da и 110ea, соответственно, проходящей от точки 125ba удлинения. Конфигурация 402а добычи ресурсов может обеспечивать потоки растворителя вниз с поверхностного участка s1 через оба удлинения 105ba, 105ca, 105da и 105ea скважины к дистальным узловым пространствам 120а, 310а, 450а и 460а через удлинения 110ba, 110ca, 110da и 110ea скважины, а затем вверх к поверхностному участку s1. Следует отметить, что первая воображаемая прямая 11а может быть проведена от первого дистального узлового пространства 120а приблизительно через точки 125аа и 125ba удлинений ко второму дистальному узловому пространству 310а, а вторая воображаемая прямая линия 12а может быть проведена от третьего дистального узлового пространства 450а приблизительно через точки 125аа и 125ba удлинений к четвертому дистальному узловому пространству 460а.

Подконфигурация 402b добычи ресурсов содержит четыре дистальных узловых пространства 120b, 310b, 450b и 460b, каждое из которых представляет собой точку контакта между по существу горизонтальной скважиной 105bb, 105cb, 105db и 105eb, соответственно, проходящей от точки 125ab удлинения, и по существу горизонтальной скважиной 110bb, 110cb, 110db и 110eb, соответственно, проходящей от точки 125bb удлинения. Конфигурация 402b добычи ресурсов может обеспечивать потоки растворителя вниз с поверхностного участка s2 через удлинения 105bb, 105cb, 105db и 105eb скважины к дистальным узловым пространствам 120b, 310b, 450b и 460b через удлинения 110bb, 110cb, 110db и 110eb скважины, а затем вверх к поверхностному участку s2. Следует отметить, что первая воображаемая прямая 11b может быть проведена от первого дистального узлового пространства 120b приблизительно через точки 125ab и 125bb удлинений ко второму дистальному узловому пространству 310b, а вторая воображаемая прямая линия 12b может быть проведена от третьего дистального узлового пространства 450b приблизительно через точки 125ab и 125bb удлинений к четвертому дистальному узловому пространству 460b.

Подконфигурация 402с добычи ресурсов содержит четыре дистальных узловых пространства 120с, 310с, 450с и 460с, каждое из которых представляет собой точку контакта между по существу горизонтальной скважиной 105bc, 105cc, 105dc и 105ec, соответственно, проходящей от точки 125ac удлинения, и по существу горизонтальной скважиной 110bc, 110cc, 110dc и 110ec, соответственно, проходящей от точки 125bc удлинения. Конфигурация 402с добычи ресурсов может обеспечивать потоки растворителя вниз с поверхностного участка s3 через удлинения 105bc, 105cc, 105dc и 105ec скважины к дистальным узловым пространствам 120с, 310с, 450с и 460с через удлинения 110bc, 110cc, 110dc и 110ec скважины, а затем вверх к поверхностному участку s3. Следует отметить, что первая воображаемая прямая 11с может быть проведена от первого дистального узлового пространства 120с приблизительно через точки 125ac и 125bc удлинений ко второму дистальному узловому пространству 310с, а вторая воображаемая прямая линия 12с может быть проведена от третьего дистального узлового пространства 450с приблизительно через точки 125ac и 125bc удлинений к четвертому дистальному узловому пространству 460с.

Подконфигурация 402d добычи ресурсов содержит четыре дистальных узловых пространства 120d, 310d, 450d и 460d, каждое из которых представляет собой точку контакта между по существу горизонтальной скважиной 105bd, 105cd, 105dd и 105ed, соответственно, проходящей от точки 125ad удлинения, и по существу горизонтальной скважиной 110bd, 110cd, 110dd и 110ed, соответственно, проходящей от точки 125bd удлинения. Конфигурация 402d добычи ресурсов может обеспечивать потоки растворителя вниз с поверхностного участка s4 через удлинения 105bd, 105cd, 105dd и 105ed скважины к дистальным узловым пространствам 120d, 310d, 450d и 460d через удлинения 110bd, 110cd, 110dd и 110ed скважины, а затем вверх к поверхностному участку s4. Следует отметить, что первая воображаемая прямая 11d может быть проведена от первого дистального узлового пространства 120d приблизительно через точки 125ad и 125bd удлинений ко второму дистальному узловому пространству 310d, а вторая воображаемая прямая линия 12d может быть проведена от третьего дистального узлового пространства 450d приблизительно через точки 125ad и 125bd удлинений к четвертому дистальному узловому пространству 460d.

Подконфигурация 402е добычи ресурсов содержит четыре дистальных узловых пространства 120е, 310е, 450е и 460е, каждое из которых представляет собой точку контакта между по существу горизонтальной скважиной 105be, 105ce, 105de и 105ee, соответственно, проходящей от точки 125ae удлинения,

и по существу горизонтальной скважиной 110be, 110bde, 110de и 110ee, соответственно, проходящей от точки 125be удлинения. Конфигурация 402e добычи ресурсов может обеспечивать потоки растворителя вниз с поверхностного участка s5 через удлинения 105be, 105ce, 105de и 105ee скважины к дистальным узловым пространствам 120e, 310e, 450e и 460e через удлинения 110be, 110bde, 110de и 110ee скважины, а затем вверх к поверхностному участку s5. Следует отметить, что первая воображаемая прямая 11e может быть проведена от первого дистального узлового пространства 120e приблизительно через точки 125ae и 125be удлинений ко второму дистальному узловому пространству 310e, а вторая воображаемая прямая линия 12e может быть проведена от третьего дистального узлового пространства 450e приблизительно через точки 125ae и 125be удлинений к четвертому дистальному узловому пространству 460e.

Подконфигурация 402f добычи ресурсов содержит четыре дистальных узловых пространства 120f, 310f, 450f и 460f, каждое из которых представляет собой точку контакта между по существу горизонтальной скважиной 105bf, 105cf, 105df и 105ef, соответственно, проходящей от точки 125af удлинения, и по существу горизонтальной скважиной 110bf, 110cf, 110df и 110ef, соответственно, проходящей от точки 125bf удлинения. Конфигурация 402f добычи ресурсов может обеспечивать потоки растворителя вниз с поверхностного участка s6 через оба удлинения 105bf, 105cf, 105df и 105ef скважины к дистальным узловым пространствам 120f, 310f, 450f и 460f через удлинения 110bf, 110cf, 110df и 110ef скважины, а затем вверх к поверхностному участку s6. Следует отметить, что первая воображаемая прямая 11a может быть проведена от первого дистального узлового пространства 120f приблизительно через точки 125af и 125bf удлинений ко второму дистальному узловому пространству 310f, а вторая воображаемая прямая линия 12f может быть проведена от третьего дистального узлового пространства 450f приблизительно через точки 125af и 125bf удлинений к четвертому дистальному узловому пространству 460f.

Подконфигурация 402g добычи ресурсов содержит четыре дистальных узловых пространства 120g, 310g, 450g и 460g, каждое из которых представляет собой точку контакта между по существу горизонтальной скважиной 105bg, 105cg, 105dg и 105eg, соответственно, проходящей от точки 125ag удлинения, и по существу горизонтальной скважиной 110bg, 110cg, 110dg и 110eg, соответственно, проходящей от точки 125bg удлинения. Конфигурация 402g добычи ресурсов может обеспечивать потоки растворителя вниз с поверхностного участка s7 через удлинения 105bg, 105cg, 105dg и 105eg скважины к дистальным узловым пространствам 120g, 310g, 450g и 460g через удлинения 110bg, 110cg, 110dg и 110eg скважины, а затем вверх к поверхностному участку s7. Следует отметить, что первая воображаемая прямая 11g может быть проведена от первого дистального узлового пространства 120g приблизительно через точки 125ag и 125bg удлинений ко второму дистальному узловому пространству 310g, а вторая воображаемая прямая линия 12g может быть проведена от третьего дистального узлового пространства 450g приблизительно через точки 125ag и 125bg удлинений к четвертому дистальному узловому пространству 460g.

Подконфигурация 402h добычи ресурсов содержит четыре дистальных узловых пространства 120h, 310h, 450h и 460h, каждое из которых представляет собой точку контакта между по существу горизонтальной скважиной 105bh, 105ch, 105dh и 105eh, соответственно, проходящей от точки 125ah удлинения, и по существу горизонтальной скважиной 110bh, 110ch, 110dh и 110eh, соответственно, проходящей от точки 125bh удлинения. Конфигурация 402h добычи ресурсов может обеспечивать потоки растворителя вниз с поверхностного участка s8 через удлинения 105bh, 105ch, 105dh и 105eh скважины к дистальным узловым пространствам 120h, 310h, 450h и 460h через удлинения 110bh, 110ch, 110dh и 110eh скважины, а затем вверх к поверхностному участку s8. Следует отметить, что первая воображаемая прямая 11h может быть проведена от первого дистального узлового пространства 120h приблизительно через точки 125ah и 125bh удлинений ко второму дистальному узловому пространству 310h, а вторая воображаемая прямая линия 12h может быть проведена от третьего дистального узлового пространства 450h приблизительно через точки 125bh и 125bh удлинений к четвертому дистальному узловому пространству 460h.

Подконфигурация 402i добычи ресурсов содержит четыре дистальных узловых пространства 120i, 310i, 450i и 460i, каждое из которых представляет собой точку контакта между по существу горизонтальной скважиной 105bi, 105ci, 105di и 105ei, соответственно, проходящей от точки 125ai удлинения, и по существу горизонтальной скважиной 110bi, 110bdi, 110di и 110ei, соответственно, проходящей от точки 125bi удлинения. Конфигурация 402i добычи ресурсов может обеспечивать потоки растворителя вниз с поверхностного участка s9 через удлинения 105bi, 105ci, 105di и 105ei скважины к дистальным узловым пространствам 120i, 310i, 450i и 460i через удлинения 110bi, 110bdi, 110di и 110ei скважины, а затем вверх к поверхностному участку s9. Следует отметить, что первая воображаемая прямая 11i может быть проведена от первого дистального узлового пространства 120i приблизительно через точки 125ai и 125bi удлинений ко второму дистальному узловому пространству 310i, а вторая воображаемая прямая линия 12i может быть проведена от третьего дистального узлового пространства 450i приблизительно через точки 125ai и 125bi удлинений к четвертому дистальному узловому пространству 460i.

Обратимся теперь к фиг. 5B, на которой показана конфигурация 502 добычи ресурсов, содержащая группу из пяти подконфигураций 402j, 402k, 402l, 402m и 402n добычи ресурсов, выполненных ниже поверхностного участка s10. Как отмечалось выше, в некоторых вариантах осуществления поверхностный участок s10 может представлять собой участок земли. Каждая из подконфигураций 402j, 402k, 402l, 402m и 402n добычи ресурсов содержит одно дистальное узловое пространство 120aa, 120ab, 120ac,

120ad и 120ae, соответственно, каждое из которых представляет собой точку контакта между по существу горизонтальной скважиной 105baa, 105bab, 105bac, 105bad и 105bae, соответственно, проходящей от точек 125aaa, 125aab, 125aac, 125aad и 125aae удлинений, и по существу горизонтальной скважиной 110baa, 110bab, 110bac, 110bad и 110bae соответственно, проходящей от точек расширения 125baa, 125bab, 125bac, 125bad и 125bae. Каждая из подконфигураций 402j, 402k, 402l, 402m и 402n добычи ресурсов может по отдельности обеспечивать потоки растворителя вниз с поверхностного участка s10 через удлинения 105baa, 105bab, 105bac, 105bad и 105bae скважины, соответственно, к дистальным узловым пространствам 120aa, 120ab, 120ac, 120ad и 120ae, соответственно, и обратно через скважины 110baa, 110bab, 110bac, 110bad и 110bae соответственно и через точки 125baa, 125bab, 125bac, 125bad и 125bae удлинения до поверхностного участка s10. Следует отметить, что пути потока, сформированные удлинениями 105baa, 105bab, 105bac, 105bad и 105bae и 110baa, 110bab, 110bac, 110bad и 110bae скважины, соответственно, выполнены так, чтобы проходить по существу в параллельном направлении, например, путь потока, сформированный удлинениями 105ba и 110baa скважины, проходит по существу параллельно пути потока, сформированному удлинениями 105bab и 110bab скважины, в то время как глубина от поверхностного участка s10 до узловых пространств 120aa, 120ab, 120ac, 120ad и 120ae (не обозначена), и глубина от поверхностного участка s10 до узловых пространств 125aaa, 125aab, 125aac, 125aad, и 125aae (не указано) приблизительно одинакова. Следует отметить, что если подконфигурации 402j, 402k, 402l, 402m и 402n добычи ресурсов работают так, что несущий флюид поступает через точки 125aaa, 125aab, 125aac, 125aad и 125aae удлинений, и выходит через 125baa, 125bab, 125bac, 125bad и 125bae, так что поток несущего флюида через подконфигурации 402j, 402l и 402n добычи ресурсов проходит в одном наборе направлений (например, для 402j к одному концу Т через 105baa и к другому концу В через 110baa), в то время как поток несущего флюида через подконфигурации 402k и 402m добычи ресурсов проходит в противоположном наборе направлений (например, для 402k к концу В через 105baa и к концу Т на фиг. 5В через 110baa). Однако, как отмечалось выше, пути выхода и входа могут быть по желанию реверсированы для каждой подконфигурации добычи. Также отмечается, что подконфигурации 402j, 402k, 402l, 402m и 402n добычи ресурсов могут быть, но не обязательно должны быть расположены на одной и той же глубине относительно поверхностного участка s10, и, таким образом, часть или все подконфигурации 402j, 402k, 402l, 402m и 402n добычи ресурсов могут быть расположены на одной и той же или на разных глубинах относительно поверхностного участка s10. Кроме того, каждая из подконфигураций 402j, 402k, 402l, 402m и 402n добычи ресурсов находится на расстоянии от смежной соседней подконфигурации добычи ресурсов на заданном расстоянии d1. В этом отношении расстояние d1 между воображаемыми линиями L1 и L2 составляет, например, около 200 м или менее или 1 км или менее.

Обратимся теперь к фиг. 5С, на которой показана конфигурация 504 добычи ресурсов, содержащая группу из четырех подконфигураций 402o, 402p, 402q, и 402г добычи ресурсов, выполненных ниже поверхностного участка s11. Как отмечалось выше, в некоторых вариантах осуществления поверхностный участок s11, может представлять собой участок земли. Подконфигурации 402o, 402p, 402q и 402г добычи ресурсов, каждая из которых содержит пару дистальных узловых пространств (120ba, 120bb), (120bc, 120bd), (120be, 120bf) и (120bg, 120bh), соответственно, и подконфигурации 402o, 402p, 402q и 402г добычи ресурсов проходят по существу параллельно друг другу между парами дистальных узловых пространств (120ba, 120bb), (120bc, 120bd), (120be, 120bf) и (120bg, 120bh). Глубина относительно поверхностного участка s11 каждой подконфигурации 402o, 402p, 402q и 402г добычи ресурсов может изменяться. В одном варианте осуществления каждая из подконфигураций 402o, 402p, 402q и 402г добычи ресурсов расположена приблизительно на одинаковой глубине относительно поверхностного участка s11. Каждая пара дистальных узловых пространств представляет собой точку контакта между двумя, по существу, горизонтальными скважинами, проходящими от расположенных в центре точек удлинения. Таким образом, дистальные узловые пространства пары дистальных узловых пространств (120ba, 120bb) представляют собой точки контакта между по существу горизонтальными скважинами 105bba и 110bba и между 105bbb и 110bbb, соответственно. Аналогично, дистальные узловые пространства пары дистальных узловых пространств (120bc, 120bd) представляют собой точки контакта между по существу горизонтальными скважинами 105bbc и 110bbc и между 105bbd и 110bbd, соответственно. Аналогично, дистальные узловые пространства пары дистальных узловых пространств (120be, 120bf) представляют собой точки контакта между по существу горизонтальными скважинами 105bbe и 110bbe и между 105bbf и 110bbf, соответственно; и, наконец, скважины дистальной пары узловых пространств (120bg, 120bh) представляют собой точки контакта между по существу горизонтальными скважинами 105bbg и 110bbg и между 105bbh и 110bbh, соответственно. В подконфигурации 402o добычи ресурсов по существу горизонтальные скважины 105bba и 105bbb проходят от точки 125aba удлинения, тогда как горизонтальные скважины 110bba и 110bbb проходят от точки 125bba удлинения.

Аналогично, в подконфигурации 402p добычи ресурсов по существу горизонтальные скважины 105bbc и 105bbd проходят от точки 125abb удлинения, тогда как горизонтальные скважины 110bbc и 110bbd проходят от точки 125bbb удлинения. Аналогично, в подконфигурации 402q добычи ресурсов по существу горизонтальные скважины 105bbe и 105bbf проходят от точки 125abc удлинения, тогда как го-

горизонтальные скважины 110bbe и 110bbf проходят от точки 125bbc удлинения. И, наконец, аналогичным образом, в подконфигурации 402г добычи ресурсов по существу горизонтальные скважины 105bbg и 105bbh проходят от точки 125abd удлинения, тогда как горизонтальные скважины 110bbg и 110bbh проходят от точки 125bbd удлинения. Воображаемые параллельные прямые линии L1, L2, L3 и L4 могут быть проведены от каждого дистального узлового пространства в парах дистальных узловых пространств (120ba, 120bb), (120bc, 120bd), (120be, 120bf) и (120bg, 120bh) к другому узлу, приблизительно через точки (125aba, 125bba), (125abb, 125bbb), (125abc, 125bbc) и (125abd, 125bbd) удлинения соответственно.

Каждая из конфигураций 402o, 402p, 402q и 402г добычи ресурсов может по отдельности обеспечивать потоки растворителя вниз с поверхностного участка s11, а затем через оба удлинения (105bba, 105bbb), (105bbc, 105bbd), (105bbe, 105bbf) и (105bbg, 105bbh) скважины соответственно к дистальным узловым пространствам (120ba, 120bb), (120bc, 120bd), (120be, 120bf) и (120bg, 120bh), соответственно, и обратно через скважины (110bba, 110bbb), (110bbc, 110bbd), (110bbe, 110bbf) и (110bbg, 110bbh), соответственно, в точки (125aba, 125bba), (125abb, 125bbb), (125abc, 125bbc) и (125abd, 125bbd) удлинений и затем вверх к поверхностному участку s11. Каждая из подконфигураций 402o, 402p, 402q и 402г добычи ресурсов разнесена на расстояние d1 до смежной соседней подконфигурации. В этом отношении расстояние d1 между воображаемой линией L1 и L2 составляет, например, около 200 м или менее или 1 км или менее.

Обратимся теперь к фиг. 5D, на которой показана конфигурация 505 добычи ресурсов, содержащая группу из пяти подконфигураций 402s, 402t, 402u, 402v и 402w извлечения ресурсов, выполненных ниже приблизительно квадратного поверхностного участка s12. Как отмечалось выше, в некоторых вариантах осуществления поверхностный участок s12 может представлять собой участок земли. Каждая из подконфигураций 402s, 402t, 402u, 402v и 402w добычи ресурсов содержит дистальное узловое пространство 120ba2, 120bb2, 120bc2, 120bd2 и 120be2, соответственно, и подконфигурации 402s, 402t, 402u, 402v и 402w добычи ресурсов проходят по существу параллельно друг другу. Глубина относительно поверхностного участка s12 каждой подконфигурации 402s, 402t, 402u, 402v и 402w добычи ресурсов может изменяться. В одном варианте осуществления каждая из подконфигураций 402s, 402t, 402u, 402v и 402w добычи ресурсов расположена приблизительно на одинаковой глубине относительно поверхностного участка s12, в то время как в других вариантах осуществления по меньшей мере две из подконфигураций 402s, 402t, 402u, 402v и 402w добычи ресурсов могут быть на разных глубинах. Каждое дистальное узловое пространство представляет собой точку контакта между двумя, по существу, горизонтальными скважинами, проходящими от расположенных в центре точек удлинения. Таким образом, дистальное узловое пространство 120ba2 представляет собой точку контакта между по существу горизонтальными скважинами 105bba2 и 110bba2. Точно так же скважина 120bb2 представляет собой точку контакта между по существу горизонтальными скважинами 105bbb2 и 110bbb2. Аналогичным образом дистальное узловое пространство 120bc2 представляет собой точку контакта между по существу горизонтальными скважинами 105bbc2 и 110bbc2. Аналогичным образом дистальное узловое пространство 120bd2 представляет собой точку контакта между по существу горизонтальными скважинами 105bbd2 и 110bbd2. Наконец, дистальное узловое пространство 120be2 представляет собой точку контакта между по существу горизонтальными скважинами 105bbe2 и 110bbe2. В подконфигурации 402s добычи ресурсов по существу горизонтальная скважина 105bba2 проходит от точки 125aba2 удлинения, в то время как по существу горизонтальная скважина 110bba2 проходит от точки 125bba2 удлинения. Аналогично, в подконфигурации 402t добычи ресурсов по существу горизонтальная скважина 105bbb2 проходит от точки 125abb2 удлинения, в то время как горизонтальная скважина 110bbb2 проходит от точки 125bbb2 удлинения. Аналогично, в подконфигурации 402u добычи ресурсов по существу горизонтальная скважина 105bbc2 проходит от точки 125abc2 удлинения, в то время как горизонтальная скважина 110bbc2 проходит от точки 125bbc2 удлинения. Аналогично, в подконфигурации 402v добычи ресурсов по существу горизонтальная скважина 105bbd2 проходит от точки 125abd2 удлинения, в то время как горизонтальная скважина 110bbd2 проходит от точки 125bbd2 удлинения. И, наконец, аналогичным образом, в подконфигурации 402w добычи ресурсов по существу горизонтальные скважины 105bbe2 проходят от точки 125abe2 удлинения, в то время как горизонтальные скважины 110bbe2 проходят от точки 125bbe2 удлинения. Скважины 115ba2, 115bb2, 115bc2, 115bd2 и 115be2 проходят с поверхностного участка s и соединяются с дистальными узловыми пространствами 120ba2, 120bb2, 120bc2, 120bd2 и 120be2 соответственно. Воображаемые параллельные прямые линии L1, L2, L3, L4 разделяют приблизительно квадратный поверхностный участок s12 на пять прямоугольников приблизительно одинакового размера, каждый из которых содержит одну из подконфигураций 402s, 402t, 402u, 402v и 402w добычи ресурсов приблизительно одинакового размера.

Каждая из подконфигураций 402s, 402t, 402u, 402v и 402w добычи ресурсов может индивидуально обеспечивать потоки растворителя вниз с поверхностного участка s12 через точки 125aba2, 125abb2, 125abc2, 125abd2 и 125abe2 удлинений, через удлинения 105bba2, 105bbb2, 105bbc2, 105bbd2 и 105bbe2 скважины, соответственно, к дистальным узловым пространствам 120ba2, 120bb2, 120bc2, 120bd2 и 120be2 соответственно, и обратно через скважины 110bba2, 110bbb2, 110bbc2, 110bbd2 и 110bbe2 соот-

ветственно, к точкам 125bba2, 125bbb2, 125bbc2, 125bbd2 и 125bbe2, возвращаясь к поверхностному участку s12. Каждая из подконфигураций 402s, 402t, 402u, 402v и 402w добычи ресурсов отделена от смежных соседних подконфигураций добычи ресурсов. Кроме того, также отмечается, что подконфигурации 402s, 402t, 402u, 402v и 402w добычи ресурсов могут быть, но не обязательно должны быть расположены на одной и той же глубине относительно поверхностного участка s12, и, таким образом, часть или все подконфигурации 402s, 402t, 402u, 402v и 402w добычи ресурсов могут быть расположены на одной и той же или на разных глубинах относительно поверхностного участка s12.

Кроме того, на фиг. 5D также показана одна кустовая площадка 160, расположенная смежно с подконфигурациями 402s, 402t, 402u, 402v и 402w добычи ресурсов. Одна кустовая площадка 160 используется для установки удлинений 105ba2, 105bb2, 105bc2, 105bd2 и 105be2 скважины, проходящих с поверхностного участка s12 по направлению к 125aba2, 125abb2, 125abc2, 125abd2 и 125abe2. Одна кустовая площадка 160 также используется для установки удлинений 110ba2, 110bb2, 110bc2, 110bd2 и 110be2 скважины, проходящих с поверхностного участка s12 по направлению к 125bba2, 125bbb2, 125bbc2, 125bbd2 и 125bbe2 соответственно. Кустовая площадка 160 также используется для установки удлинений 115ba2, 115bb2, 115bc2, 115bd2 и 115be2 скважины с поверхностного участка s12 до дистальных узловых пространств 120ba2, 120bb2, 120bc2, 120bd2 и 120be2.

Следует отметить, что для установки скважин 115ba2, 115bb2, 115bc2, 115bd2 и 115be2 начальная проксимальная секция 115с является общей между всеми скважинами 115ba2, 115bb2, 115bc2, 115bd2 и 115be2, и, таким образом, эти скважины имеют одно общее скважинное отверстие на кустовой площадке 160. В противоположность этому, скважины 105ba2, 105bb2, 105bc2, 105bd2 и 105be2, и скважины 110ba2, 110bb2, 110bc2, 110bd2 и 110be2 выполнены таким образом, что каждая из них имеет отдельное скважинное отверстие на кустовой площадке 160. В других вариантах осуществления могут быть созданы конфигурации добычи ресурсов, которые аналогичны конфигурации 505 добычи ресурсов, при условии, однако, что могут быть предусмотрены другие схемы, касающиеся общих скважинных отверстий, что может быть легко дополнительно понято путем сравнительного обращения к показанным конфигурациям добычи ресурсов на фиг. 2А-2В и фиг. 2Е-2F

Изобретатели определили, что реализация конфигурации 505 добычи ресурсов, показанной на фиг. 5D на участке земли (например, 1 квадратная миля), позволит разработать пять по существу горизонтальных секций скважины, каждый длиной около 1300 м (т. е. не включая обсаженные участки). В этом случае по существу горизонтальные секции скважины могут достигать ширины около 100 м, а расстояние d1 разделяющей части 145 между внешними стенками горизонтальных удлинений скважины (например, между 105bba2 и 110bba2) может составлять около 60 м. Подсчитано, что в вариантах осуществления, где поташ добывается до приблизительно 52% от общего количества доступного поташа в пределах секции на глубине, может быть добыто реализованной конфигурацией 505 добычи ресурсов. Для аналогичной конструкции, основанной вместо этого на четырех по существу горизонтальных секциях скважины (не показаны) с шириной скважины 100 м и расстоянием d1 100 м, изобретатели определили, что может быть добыто до 42% всего доступного поташа. Для аналогичной конструкции, основанной вместо этого на шести по существу горизонтальных секциях скважины (не показаны) с шириной скважины 100 м и расстоянием d1 33 м, изобретатели определили, что может быть добыто до 62% всего доступного поташа. И наконец, для аналогичной конструкции, основанной вместо этого на восьми по существу горизонтальных секциях скважины (не показаны) с шириной скважины 80 м и расстоянием d1 20 м, изобретатели определили, что может быть добыто до 66% всего доступного поташа. Могут быть построены дополнительные конструкции, включающие удлинения скважины, чтобы еще больше увеличить общий процент доступного поташа, который может быть добыт. Таким образом, в общем, путем строительства достаточного количества скважин и предоставления достаточного количества времени для циркуляции несущего флюида F в соответствии со способами по настоящему изобретению можно добывать весь или по существу весь доступный поташ, т.е. 95% или более, 96% или более, 97% или более, 98% или более или 99% или более.

Обратимся теперь к фиг. 5Е, на которой показана конфигурация 506 добычи ресурсов, содержащая группу из шестнадцати подконфигураций 501a, 501b, 501c, 501d, 501e, 501f, 501g, 501h, 501i, 501j, 501k, 501l, 501m, 501n, 501o и 501p добычи ресурсов, выполненных на поверхностном участке s13. В центре расположены подконфигурации 501a, 501b, 501c, 501d добычи ресурсов вместе из центральной конфигурации, аналогичной конфигурации, показанной на фиг. 4В. Остальные подконфигурации 501e, 501f, 501g, 501h, 501i, 501j, 501k, 501l, 501m, 501n, 501o и 501p добычи ресурсов расположены радиально наружу относительно центральной подконфигурации, сформированной подконфигурациями 501a, 501b, 501c, 501d добычи ресурсов по существу окружают подконфигурации 501a, 501b, 501c, 501d добычи ресурсов интеркалирующим образом и в целом занимают подземное пространство снаружи каждого из горизонтальных удлинений подконфигурации 501a, 501b, 501c, 501d добычи ресурсов. Следует отметить, что каждая из подконфигураций 501e, 501f, 501g, 501h, 501i, 501j, 501k, 501l, 501m, 501n, 501o и 501p добычи ресурсов может быть построена и работать независимо. Кроме того, каждая из подконфигураций 501e, 501f, 501g, 501h, 501i, 501j, 501k, 501l, 501m, 501n, 501o и 501p добычи ресурсов может быть построена и работать независимо от подконфигурации 501a, 501b, 501c, 501d добычи ресурсов. Следует

отметить, что конфигурация 506 добычи ресурсов реализована на четырех участках земли S13-a, S13-b, S13-c и S13-d. Как отмечалось ранее, каждая из подконфигурации 501e, 501f, 501g, 501h, 501i, 501j, 501k, 501l, 501m, 501n, 501o и 501p добычи ресурсов может быть построена и/или работать одновременно, но они также могут быть построены и/или работать последовательно в различных порядках, по желанию, и может пройти несколько лет, прежде чем будет достигнута полная конфигурация 506 добычи ресурсов. Кроме того, следует отметить, что подконфигурации 501e, 501f, 501g, 501h, 501i, 501j, 501k, 501l, 501m, 501n, 501o и 501p добычи ресурсов могут быть, но не обязательно должны быть расположены на одной и той же глубине относительно к поверхностным участкам s13-1, s13-2, s13-3 и s13-4 и, таким образом, некоторые или все подконфигурации 501e, 501f, 501g, 501h, 501i, 501j, 501k, 501l, 501m, 501n, 501o и 501p добычи ресурсов могут быть расположены на одинаковой или разной глубине относительно к поверхностным участкам s13-1, s13-2, s13-3 и s13-4.

Обратимся теперь к фиг. 6A-6D, на которых показаны дополнительные конфигурации 601, 602, 603 и 604 добычи ресурсов согласно настоящему раскрытию. Как отмечалось выше, растворитель закачивают с поверхностного участка через первую скважину и собирают через смежную вторую скважину. Конфигурации по настоящему раскрытию позволяют закачивать растворитель и собирать рассол на поверхностных участках, которые находятся в непосредственной близости друг от друга. Таким образом, оборудование для закачки и сбора жидкости может быть размещено в одном корпусе. Это может быть выгодно по разным причинам. Так, например, подача электроэнергии и другой мощности может осуществляться из одного места. Кроме того, рабочая зона на поверхностном участке ограничена, а местность, окружающая наземные операции, может использоваться для других целей, например, для сельского хозяйства. Кроме того, не требуется транспортировка растворителя или рассола на автомобиле. Обратимся теперь к фиг. 6A, на которой показана конфигурация 601 добычи ресурсов, содержащая горизонтальные удлинения 105b, 105c, 105d и 105e скважины, соединяющиеся через дистальные узловые пространства 120, 450, 310 и 460, соответственно, с удлинениями 110b, 110c, 110d и 110e скважины. Растворитель может быть закачан на поверхностном участке 140 из расположенного в центре корпуса 605 управления флюидом, а рассол может быть получен внутри корпуса 605 управления флюидом, расположенного на кустовой площадке 160. Конфигурация 601 добычи ресурсов дополнительно содержит патрубков 671, который позволяет транспортировать рассол поверхностный участок 140 посредством закачки рассола в узловое пространство 450 или приема рассола, мигрирующего вверх из узлового пространства 450. Обратимся теперь к фиг. 6B, на которой показана конфигурация 602 добычи ресурсов, содержащая группу из девяти подконфигураций 615a, 615b, 615c, 615d, 615e, 615f, 615g, 615h и 615i добычи ресурсов, выполненных на поверхностных участках s1, s2, s3, s4, s5, s6, s7, s8 и s9 соответственно. Главный корпус 640 управления флюидом расположен поперечно к поверхностным участкам s1, s2, s3, s4, s5, s6, s7, s8 и s9. Основной патрубков 630 для флюида соединен с корпусом 640 управления флюидом и пересекает участки поверхностные участки s8, s5 и s2 для достижения кустовых площадок 160h, 160e и 160b, соответственно. Из основного патрубка 630 для флюида флюид может течь через поперечные патрубки 635a, 635b и 635c для флюида, соединенные с основным патрубком 630 для флюида, для достижения кустовых площадок 160g и 160f, 160d и 160f и 160a и 160c соответственно. Кустовые площадки 160a, 160b, 160c, 160d, 160e, 160f, 160g, 160h и 160i содержат вспомогательные корпуса 620a, 620b, 620c, 620d, 620e, 620f, 620g, 620h и 620i, управления флюидом, которые могут быть использованы для управления потоком флюида через каждую из подконфигураций 615a, 615b, 615c, 615d, 615e, 615f, 615g, 615h и 615i добычи ресурсов. В различных вариантах осуществления патрубки для флюида могут быть построены выше или ниже поверхностных участков s1, s2, s3, s4, s5, s6, s7, s8 и s9. Таким образом, основной корпус 640 управления флюидом может обеспечивать закачку и выпуск флюида для конфигурации 602 добычи ресурсов. Обратимся теперь к фиг. 6C, на которой показана конфигурация 603 добычи ресурсов, содержащая группу из четырех подконфигураций 615o, 615p, 615q, и 615r добычи ресурсов, выполненных на поверхностном участке s12. Основным корпусом 640b управления флюидом расположен на поверхностном участке s12 поперечно к подконфигурации 615o добычи ресурсов. Основным патрубком 655 для флюида соединен с основным корпусом 640b управления флюидом и пересекает поверхностный участок s12 для достижения кустовых площадок 160aa, 160bb, 160cc и 160dd, содержащих вспомогательные корпуса 620aa, 620bb, 620cc и 620dd управления флюидом. Таким образом, один корпус 640b управления флюидом, расположенный на поверхностном участке s12, смежном с подконфигурациями 615o, 615p, 615q и 615r добычи ресурсов, может обеспечивать закачку и выпуск флюида для конфигурации 603 добычи ресурсов. Следует отметить, что подконфигурации 615o, 615p, 615q и 615r могут работать последовательно, в любом порядке по желанию или одновременно. Следует отметить, что в альтернативном варианте осуществления для работы подконфигурации 615o, 615p, 615q и 615r добычи ресурсов может использоваться одна кустовая площадка, как будет понятно путем отсылки на фиг. 5D.

Обратимся теперь к фиг. 6D, на которой показана конфигурация 604 добычи ресурсов, содержащая группу из девяти подконфигураций 615s, 615t, 615u, 615v, 615w, 615x, 615y, 615z и 615aa добычи ресурсов, выполненных на поверхностных участках s14, s15, s16, s17, s18, s19, s20, s21 и s22, соответственно. Конфигурация 604 добычи ресурсов содержит четыре кустовые площадки 160aaa, 160bbb, 160ccc и 160ddd. Кустовая площадка 160aaa обслуживает подконфигурации 615t, 615u и 615x добычи ресурсов.

Кустовая площадка 160bbb обслуживает подконфигурации 615s и 615w добычи ресурсов. Кустовая площадка 160ccc обслуживает подконфигурации 615z и 615aa добычи ресурсов, а кустовая площадка 160ddd обслуживает подконфигурации 615v и 615у добычи ресурсов. Наземная конструкция 653 может включать в себя, помимо кустовой площадки 615aaa, другие встроенные конструкции, в том числе офисное и диспетчерское здание 652, здание 654 для хранения и обслуживания транспортных средств и оборудования и жилые помещения 651 для рабочего персонала.

Следует отметить, что в альтернативных вариантах осуществления некоторые поверхностные участки s14, s15, s16, s17, s18, s19, s20, s21 и s22 могут быть разработаны для включения подконфигураций, показанных на фиг. 6D, в то время как другие могут быть разработаны, чтобы включать в себя другую подконфигурацию, например подконфигурацию 505, как показано на фиг. 5D. Так, например, s16, s19, s20, s21 и s22 могут быть разработаны так, чтобы содержать подконфигурации 615u, 615x, 615y, 615z и 615aa, соответственно, а поверхностные участки s14, s15, s17 и s18 могут быть разработаны так, чтобы каждый из них содержал подконфигурацию 505. Как теперь можно понять, конфигурации и способы добычи ресурсов по настоящему раскрытию могут использоваться для добычи ресурсов из ресурсных залежей.

Конфигурации согласно настоящему раскрытию обеспечивают особенно эффективную добычу посредством отслеживания и управления развитием скважин и связанных с ними каверн.

Конечно, вышеописанные примеры вариантов осуществления настоящего раскрытия предназначены только для иллюстрации и никоим образом не ограничивают его. Описанные варианты осуществления допускают множество модификаций состава, деталей и порядка работы. Заявляемый объект, скорее, предназначен для охвата всех таких модификаций в пределах своего объема, определенного формулой изобретения, которой следует дать широкое толкование, согласующееся с описанием в целом.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ добычи подземных ресурсов *in situ* из подземного пространства, содержащего ресурсную залежь, путем добычи ресурса из ресурсной залежи с использованием конфигурации скважины, которая содержит:

а) первую скважинную колонну, проходящую вниз с поверхностного участка в ресурсную залежь, причем первая скважинная колонна содержит первую и вторую секции, причем первая секция проходит вниз с поверхностного участка, а вторая секция проходит поперечно в первом поперечном направлении от первой секции в ресурсную залежь; и

б) вторую скважинную колонну, проходящую вниз с поверхностного участка в ресурсную залежь, причем вторая скважинная колонна расположена смежно с первой скважинной колонной и содержит первую и вторую секции, причем первая секция проходит вниз с поверхностного участка, а вторая секция проходит поперечно во втором поперечном направлении от первой секции второй скважинной колонны в ресурсную залежь,

причем вторые секции первой и второй скважинных колонн проходят кольцевидно, формируя первый плоский участок и дистально соединяя вторые секции в узловом пространстве таким образом, что формируется путь флюида вниз с поверхностного участка через первую скважинную колонну к узловому пространству и из узлового пространства вверх к поверхности через вторую скважинную колонну, при этом способ включает:

(i) закачивание несущего флюида с поверхностного участка вниз через первую или вторую скважинную колонну вдоль пути флюида, чтобы тем самым выщелачивать *in situ* ресурсный материал из ресурсной залежи в несущий флюид и увеличивать внутренние объемы вторых секций первой и второй скважинных колонн,

(ii) циркуляцию несущего флюида, содержащего выщелоченный ресурсный материал, вдоль пути флюида через узловое пространство и вверх к поверхностному участку через вторую скважинную колонну при закачивании несущего флюида через первую скважинную колонну или через первую скважинную колонну при закачивании несущего флюида через вторую скважинную колонну; и

(iii) извлечение несущего флюида, содержащего выщелоченный *in situ* ресурсный материал.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что первая секция первой скважинной колонны и первая секция второй скважинной колонны проходят по существу вертикально относительно поверхностного участка и предпочтительно при этом вторые секции первой и второй скважинных колонн проходят в целом в горизонтальном направлении относительно поверхностного участка, а первый плоский участок расположен по существу горизонтально относительно поверхностного участка.

3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что циркуляция несущего флюида продолжается до тех пор, пока внутренние объемы первой и второй скважинных колонн не увеличатся настолько, что средняя высота по длинам вторых секций первой и второй скважинных колонн увеличится по меньшей мере в два раза, а средние ширины по длинам вторых секций первой и второй скважинных колонн увеличатся, по меньшей мере, настолько же, насколько увеличатся высоты; или

при этом циркуляция несущего флюида продолжается до тех пор, пока внутренние объемы первой

и второй скважинной колонны не увеличатся настолько, что средняя ширина по длинам вторых секций первой и второй скважинных колонн увеличится по меньшей мере в два раза от начальных ширин этих секций, после чего способ включает остановку циркуляции несущего флюида и поддержание стагнации несущего флюида во вторых секциях первой и второй скважинных колонн в течение по меньшей мере одного дня до извлечения несущего флюида через первую и/или вторую скважинную колонну.

4. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что конфигурация скважины содержит первую и вторую скважинные колонны, содержащие обсадную колонну вдоль проксимальной части удлинения первой скважинной колонны или удлинения второй скважинной колонны; и/или

при этом способ включает периодическое закачивание несущего флюида попеременно через первую и вторую скважинные колонны.

5. Способ по любому из пп.1-4, отличающийся тем, что конфигурация скважины содержит третью скважинную колонну, проходящую вниз с поверхностного участка, при этом третья скважинная колонна дистально соединяется в узловом пространстве в ресурсной залежи, при этом предпочтительно третья скважинная колонна имеет поверхностное отверстие скважинной колонны, смежное с или расположенное на расстоянии от поверхностных отверстий скважинной колонны первой и второй скважинной колонны, при этом, необязательно, способ включает анализ подземной ресурсной залежи на присутствие ресурсного материала путем доступа к узловому пространству через третью скважинную колонну с помощью анализирующего устройства перед закачиванием несущего флюида или при этом, необязательно, способ включает закачивание несущего флюида с поверхностного участка в узловое пространство через третью скважинную колонну и к поверхностному участку через путь флюида по первой скважинной колонне или второй скважинной колонне.

6. Способ по любому из пп.1-5, отличающийся тем, что

первая скважинная колонна содержит третью секцию, которая проходит поперечно в третьем направлении от первой секции первой скважинной колонны в ресурсную залежь; и

вторая скважинная колонна содержит третью секцию, проходящую поперечно в приблизительно четвертом поперечном направлении от первой секции второй скважинной колонны в ресурсную залежь,

причем третьи секции первой и второй скважинных колонн сформированы таким образом, что проходят кольцевидно, формируя второй плоский участок, и дистально соединяются, формируя второе узловое пространство таким образом, что второй путь флюида формируется вниз с поверхностного участка через первую скважинную колонну во второе узловое пространство и из второго узлового пространства вверх к поверхностному участку через вторую скважинную колонну; и

способ дополнительно включает

закачивание несущего флюида с поверхностного участка вниз через первую или вторую скважинную колонну по первому и второму путям флюида для выщелачивания *in situ* ресурсного материала из ресурсной залежи и увеличения внутренних объемов второй и третьей секций первой и второй скважинных колонн и

циркуляцию несущего флюида, содержащего ресурсные материалы, по пути флюида через первое и второе узловые пространства вверх к поверхностному участку через вторую скважинную колонну при закачивании несущего флюида в первую скважинную колонну или через первую скважинную колонну при закачивании носителя флюида через вторую скважинную колонну, и

извлечение несущего флюида, содержащего выщелоченный *in situ* ресурсный материал.

7. Способ по любому из пп.1-6, отличающийся тем, что первая и вторая скважинные колонны представляют собой первую скважину и вторую скважину соответственно.

8. Способ по любому из пп.1-7, отличающийся тем, что первая секция первой скважинной колонны представляет собой первый трубчатый хвостовик, а вторая секция первой скважинной колонны представляет собой первую проходящую поперечно скважину, проходящую от первого трубчатого хвостовика, причем первая секция второй скважинной колонны представляет собой второй трубчатый хвостовик, а вторая секция второй скважинной колонны представляет собой вторую проходящую поперечно скважину, проходящую от второго трубчатого хвостовика, и причем первые секции первой и второй скважинных колонн вместе установлены в первой скважине, проходящей с поверхностного участка.

9. Способ по любому из пп.1-8, отличающийся тем, что поверхностный участок, ниже которого реализована конфигурация скважины, составляет двадцать пять квадратных миль или менее или одну квадратную милю или менее.

10. Способ по любому из пп.1-5, отличающийся тем, что

первая скважинная колонна содержит первое множество секций, которые проходят поперечно в первом множестве различных поперечных направлений от первой секции первой скважинной колонны в ресурсную залежь; и

вторая скважинная колонна содержит второе множество секции, которые проходят поперечно во втором множестве поперечных направлений от первой секции второй скважинной колонны в ресурсную залежь,

при этом первое множество секций равно по количеству второму множеству секций, причем каждая секция первого множества секций проходит кольцевидно с одной секцией второго множества секций,

формируя множество плоских участков, и дистально соединяется для формирования множества узловых пространств, так что формируется множество путей флюида, которые текут вниз с поверхностного участка через первую скважинную колонну к каждому из узловых пространств и из множества узловых пространств вверх к поверхности через вторую скважинную колонну; и

способ дополнительно включает

закачивание несущего флюида с поверхностного участка вниз через первую скважинную колонну или вторую скважинную колонну по множеству путей флюида, чтобы тем самым выщелачивать *in situ* ресурсный материал из ресурсной залежи и увеличивать внутренний объем первого и второго множества поперечных удлинений, и

циркуляцию несущего флюида, содержащего ресурсные материалы, по множеству путей флюида через множество узловых пространств и вверх к поверхности через вторую скважинную колонну при закачивании несущего флюида в первую скважинную колонну или через первую скважинную колонну при закачивании несущего флюида через вторую скважинную колонну, чтобы тем самым извлекать несущий флюид, содержащий выщелоченный *in situ* ресурсный материал.

11. Способ по п.10, отличающийся тем, что множество дополнительных скважинных колонн проходит вниз с поверхностного участка в ресурсную залежь и каждая из множества дополнительных скважинных колонн дистально соединяется с одним из множества узловых пространств.

12. Способ по п.11, отличающийся тем, что первая секция первого множества дополнительных скважинных колонн соответствует равному первому множеству трубчатых хвостовиков, а вторая секция первого множества дополнительных скважинных колонн соответствует равному множеству проходящих поперечно скважин, проходящих от первого множества трубчатых хвостовиков, причем первая секция второго множества дополнительных скважинных колонн соответствует равному второму множеству трубчатых хвостовиков, а вторая секция второго множества дополнительных скважинных колонн соответствует равному множеству проходящих поперечно скважин, проходящих от второго множества трубчатых хвостовиков, и причем первые секции первого и второго множества дополнительных скважинных колонн вместе установлены в первой скважине, проходящей с поверхностного участка, или

при этом множество дополнительных скважинных колонн расположены на расстоянии друг от друга и от первой и второй скважинных колонн, или

при этом множество дополнительных скважинных колонн расположено радиально относительно первой и второй скважинных колонн.

13. Способ по п.10 или 11, отличающийся тем, что включает закачивание несущего флюида попеременно через первую скважинную колонну и вторую скважинную колонну, и/или

при этом способ включает последующее закачивание несущего флюида с поверхностного участка в узловое пространство через одну или большее количество из множества дополнительных скважинных колонн и к поверхностному участку через путь флюида по первой и второй скважинным колоннам.

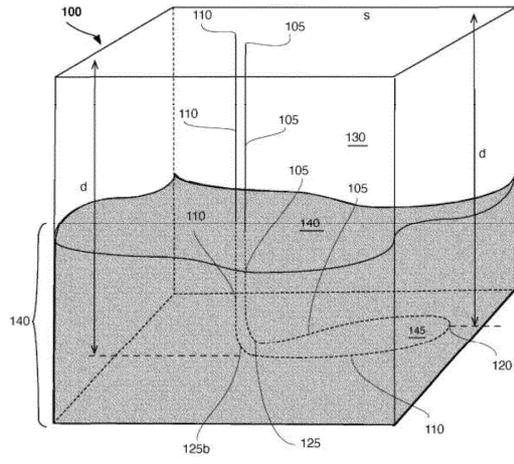
14. Способ по любому из пп.1-13, отличающийся тем, что ресурсный материал содержит первый и второй химические компоненты, и способ включает циркуляцию несущего флюида, при которой первый химический компонент выщелачивается *in situ* в несущий флюид, а второй химический компонент удерживается *in situ* и формирует пористую матрицу, и при этом, необязательно, несущий флюид представляет собой растворитель, а ресурсный материал представляет собой поташ, растворимый в растворителе.

15. Система для добычи ресурсов для добычи ресурсов *in situ* из ресурсной залежи в нижележащей подземной области, связанной с поверхностным участком, содержащая

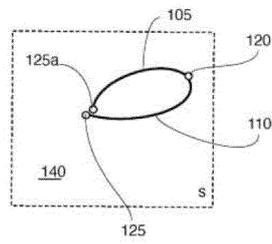
по меньшей мере одну конфигурацию скважины, причем каждая конфигурация скважины содержит первую скважинную колонну, проходящую вниз с поверхностного участка в ресурсную залежь, причем первая скважинная колонна содержит первую и вторую секции, причем первая секция проходит вниз с поверхностного участка, а вторая секция проходит поперечно в первом поперечном направлении от первой секции в ресурсную залежь; и

вторую скважинную колонну, проходящую вниз с поверхностного участка в ресурсную залежь, причем вторая скважинная колонна расположена смежно с первой скважинной колонной и содержит первую и вторую секции, причем первая секция второй скважинной колонны проходит вниз с поверхностного участка, а вторая секция второй скважинной колонны проходит поперечно во втором поперечном направлении от дистальной части первой секции второй скважинной колонны в ресурсную залежь,

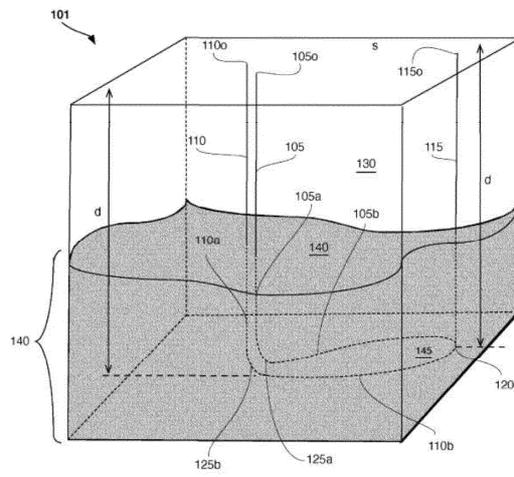
при этом вторые секции первой и второй скважинных колонн проходят кольцевидно, формируя первый плоский участок, и причем вторые секции дистально соединяются в узловом пространстве и формируют путь флюида вниз с поверхностного участка через первую скважинную колонну к узловому пространству и из узлового пространства вверх к поверхностному участку через вторую скважинную колонну.



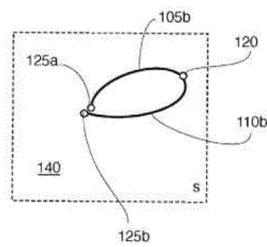
Фиг. 1А



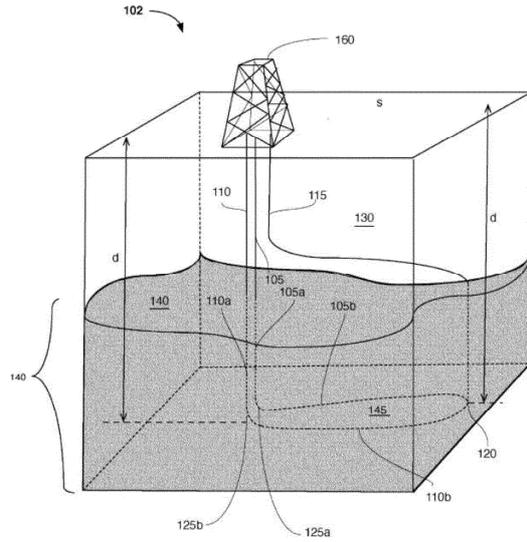
Фиг. 1В



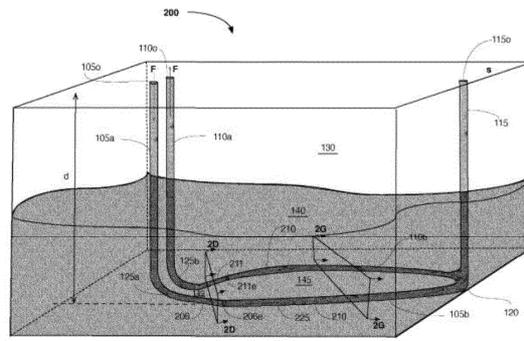
Фиг. 1С



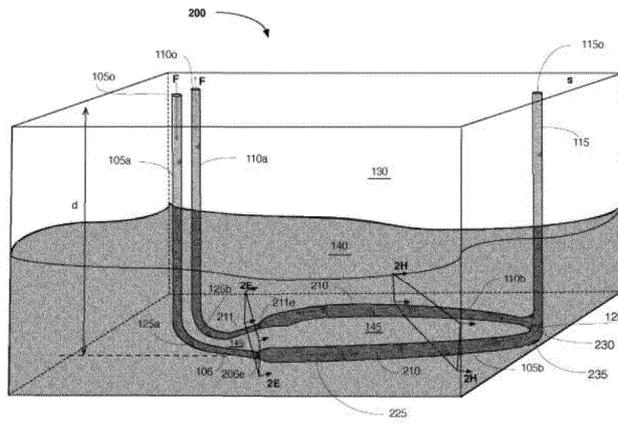
Фиг. 1D



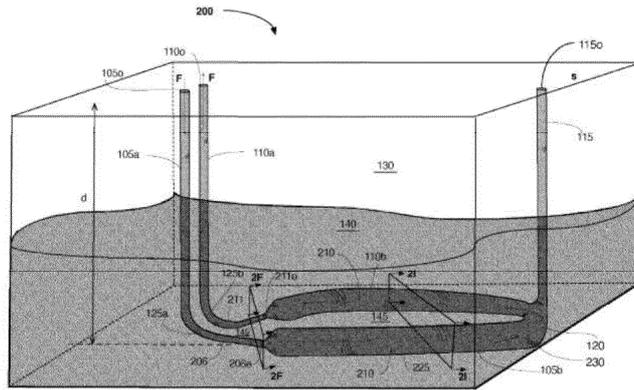
Фиг. 1Е



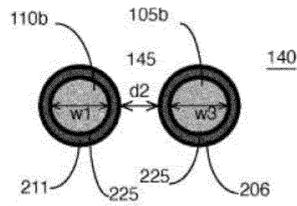
Фиг. 2А



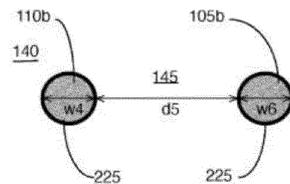
Фиг. 2В



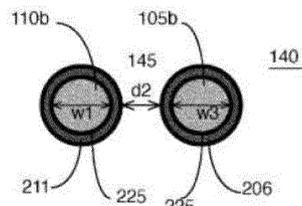
Фиг. 2С



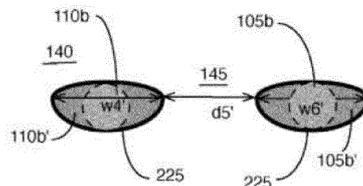
Фиг. 2D



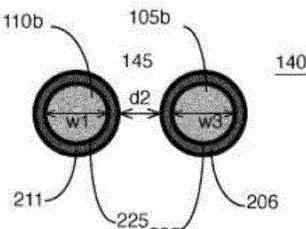
Фиг. 2G



Фиг. 2E



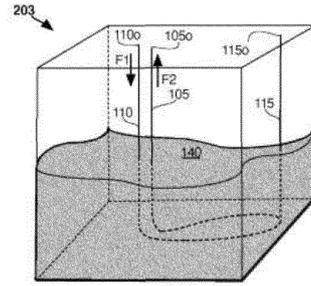
Фиг. 2H



Фиг. 2F

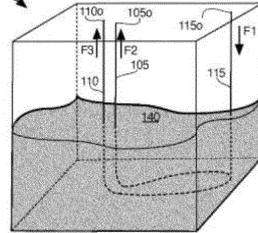


9/26



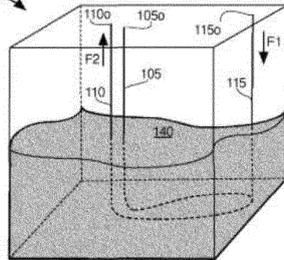
Фиг. 2O

204



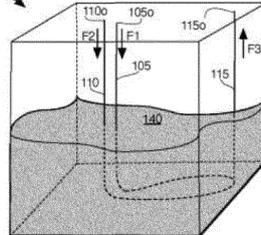
Фиг. 2P

205



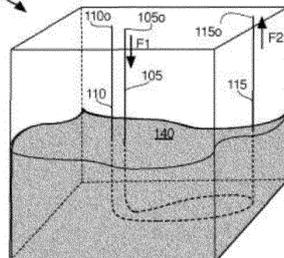
Фиг. 2Q

206

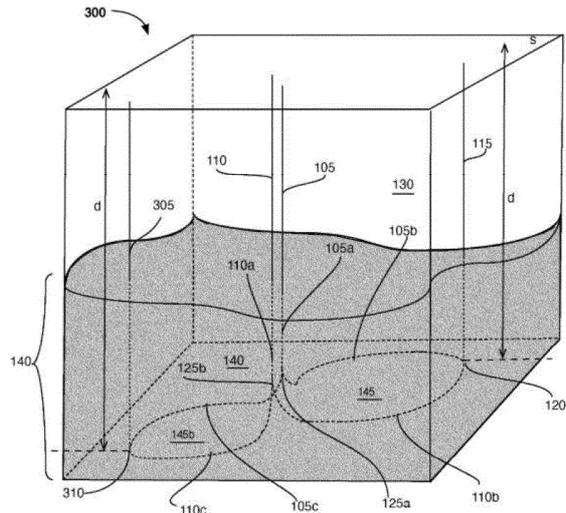


Фиг. 2R

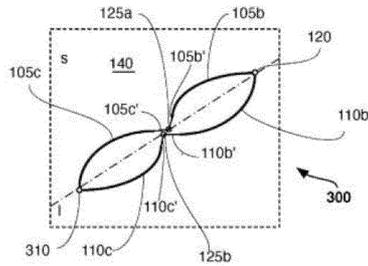
207



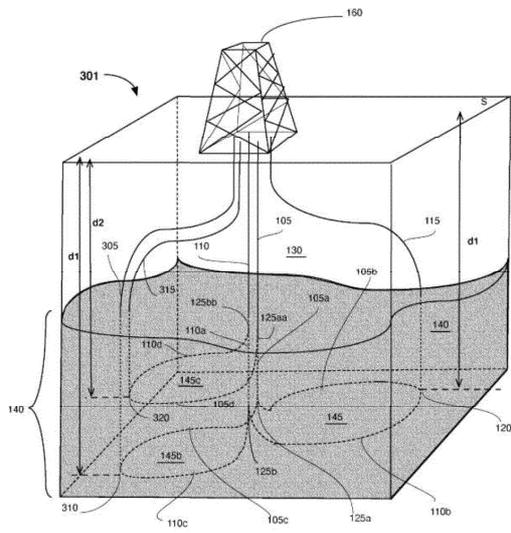
Фиг. 2S



Фиг. 3А

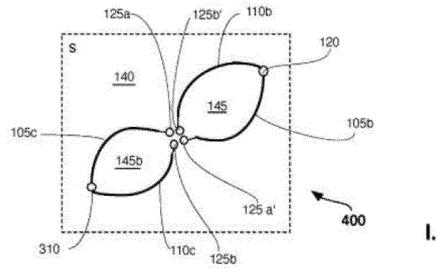


Фиг. 3В

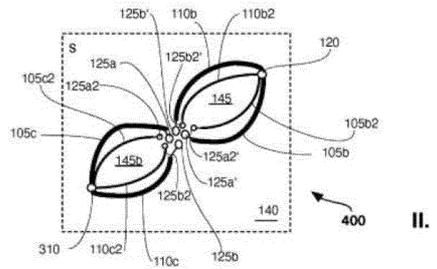


Фиг. 3С

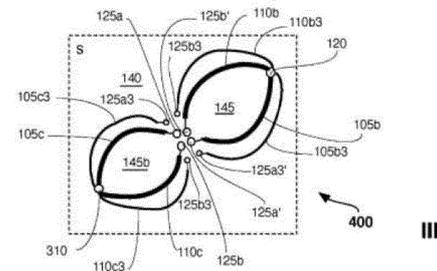




I.

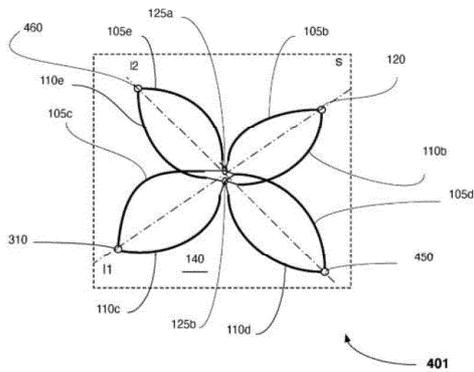


II.



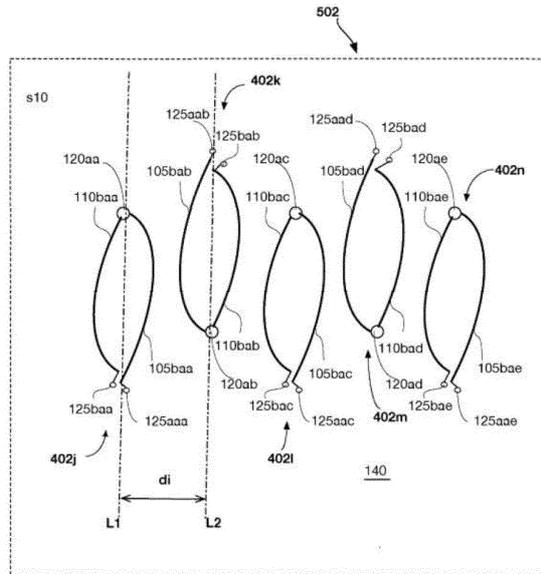
III.

Фиг. 4А

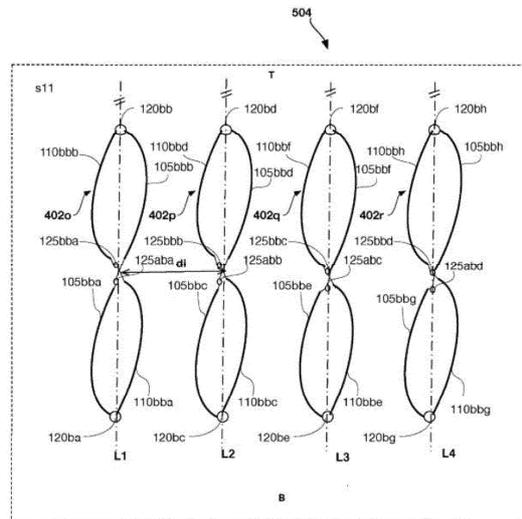


Фиг. 4В

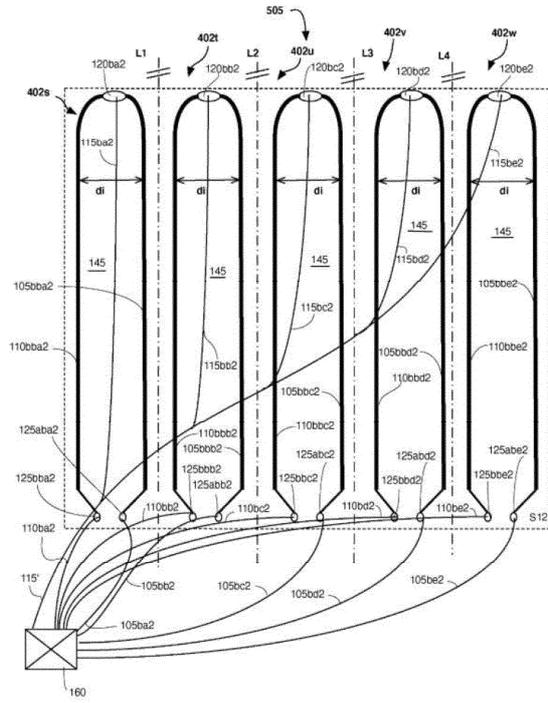




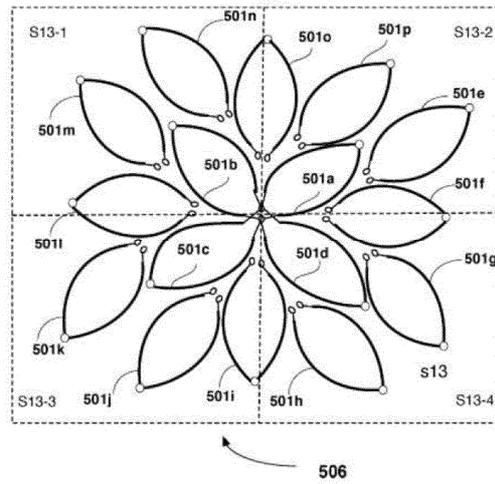
Фиг. 5В



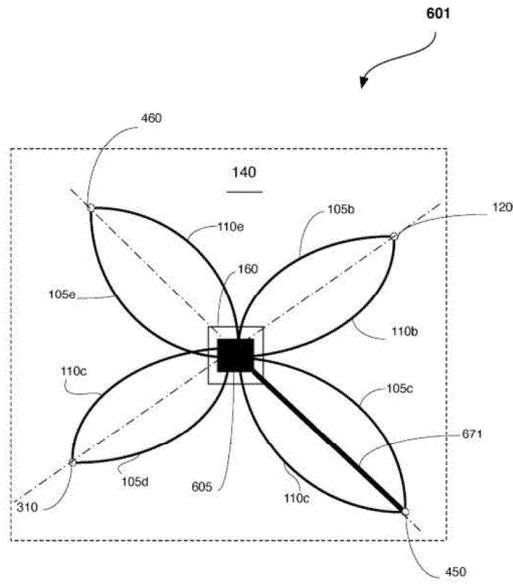
Фиг. 5С



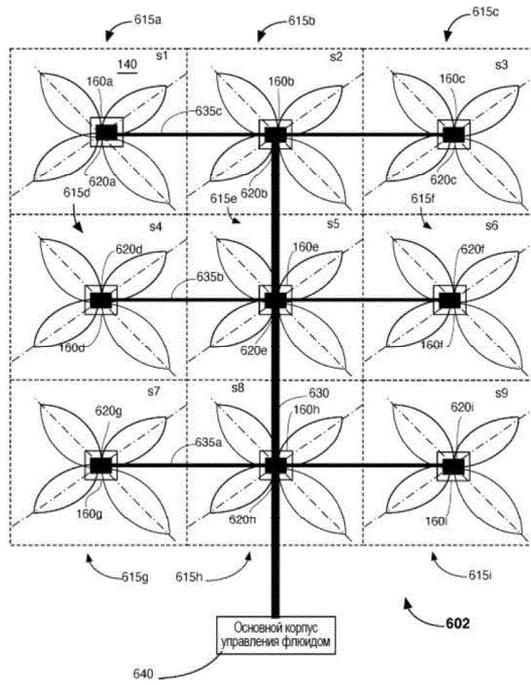
Фиг. 5D



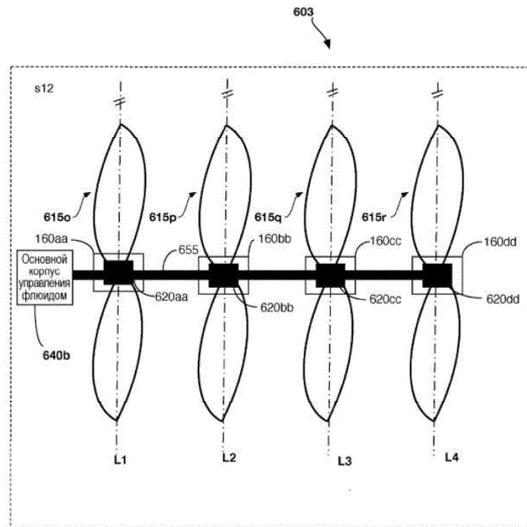
Фиг. 5E



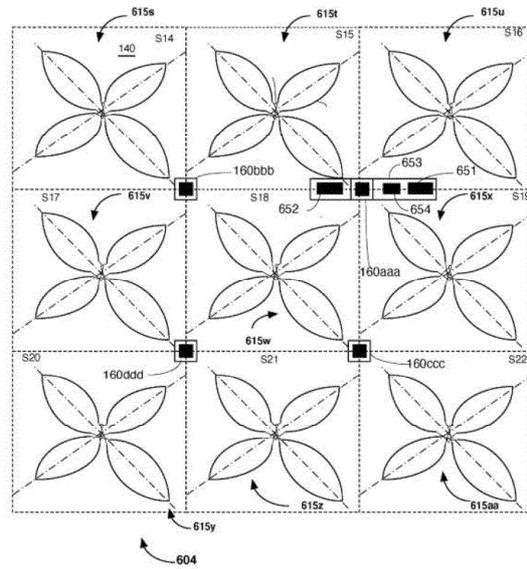
Фиг. 6А



Фиг. 6В



Фиг. 6С



Фиг. 6D

