

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036706**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.12.10

(21) Номер заявки
201990503

(22) Дата подачи заявки
2013.05.23

(51) Int. Cl. *E21B 33/138* (2006.01)
E02D 3/12 (2006.01)
C09K 8/44 (2006.01)

(54) СПОСОБ ОГРАНИЧЕНИЯ ПРОНИЦАЕМОСТИ МАТЕРИНСКОЙ ПОРОДЫ ДЛЯ ОГРАНИЧЕНИЯ ПРИТОКА ЖИДКОСТИ И ГАЗА

(31) 2012902131

(32) 2012.05.23

(33) AU

(43) 2019.10.31

(62) 201492193; 2013.05.23

(56) US-A1-20110115166
EA-A1-200801685
US-A1-2005269080
US-A1-20060234871

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**РЕЛБОРН ПТИ ЛТД; ТРИОМВИРИ
ПТИ ЛТД ТРЕЙДИНГ ЭЗ ДЗЕ
ГРОБЛЕР ПАРТНЕРШИП (AU)**

(72) Изобретатель:
**Ван Дик Деон, Гроблер Нико Йохан
(AU)**

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(57) Описан способ ограничения или снижения проницаемости материнской породы для потока жидкости и газа. Способ включает в себя ограничение притока воды и/или газа в каналы, такие как полости, трещины, пустоты и т.п., встречающиеся в формациях, таких как геологические формации. Способ включает в себя этапы измерения одного или более параметров, относящихся к материнской породе, и выбора одного или более компонентов многокомпонентной герметизирующей композиции с учетом измеренных параметров. Выбранные компоненты вводят в канал, где они затвердевают или коагулируют с образованием уплотнения. Кроме того, описан способ, в котором канал запечатывают герметизирующей композицией, содержащей тампонажный компонент и отвердитель тампонажного компонента. Часть тампонажного компонента смешивают с частью отвердителя тампонажного раствора, при этом пропорцию каждого выбирают с учетом измеренных параметров. Смесь тампонажного компонента и отвердителя вводят в канал, скорость отверждения или затвердевания в котором регулируют путем изменения пропорций.

036706 B1

036706 B1

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к способу ограничения или снижения проницаемости материнской породы для притока жидкости или газа, включая ограничение притока в каналы, такие как полости, трещины, пустоты, открытые структуры и поровые пространства, встречающиеся в формациях, таких как геологические формации.

Предпосылки создания изобретения

Известны попытки применения способов, по существу, устранения или же снижения проницаемости материнской породы, такой как цемент, горная порода или почва. Например, традиционные суспензионные тампонажные компоненты на основе цемента можно вводить в пустоты, открытые пространства и поровые пространства вокруг шахтного ствола, чтобы попытаться запечатывать трещины или снижать проницаемость неконсолидированного песка или почвы вокруг шахтного ствола и тем самым ограничивать приток жидкости в шахтный ствол.

Обычно тампонажный раствор или герметизирующую композицию в нужном объеме транспортируют к обрабатываемому месту и вводят в канал или каналы, требующие запечатывания для предотвращения притока воды. Применение обычно включает в себя закачивание тампонажного раствора в канал или каналы. Герметизирующая композиция, которую обычно предварительно перемешивают до подачи на место обработки, часто дает менее чем удовлетворительные результаты в части уменьшения притока воды. Например, нагнетание или введение тампонажного раствора на основе цемента, известного как имеющего подходящие свойства для запечатывания каналов, может быть причиной гидравлического разрыва при подаче в неконсолидированную материнскую породу, такую как песок или песчаник. При этом могут создаваться тонкие слои тампонажного раствора внутри материнской породы, но также остаются участки неконсолидированной материнской породы по каждую сторону от образованных тонких слоев. Такое применение оказывает минимальное влияние на снижение способности воды проходить через материнскую породу и, следовательно, входить в шахтный ствол, который пройден через материнскую породу.

Кроме того, трудность использования предварительно смешиваемых тампонажных растворов заключается в том, что время затвердевания нельзя регулировать или изменять вообще или с любой достовой степенью точности. Известно, что негативные последствия заключаются в том, что предварительно смешиваемые тампонажные растворы обычно могут обеспечивать решение задачи уплотнения без учета индивидуальных особенностей. Поскольку имеется широкий диапазон условий, которые могут встречаться при стремлении ограничить проницаемость материнской породы, чтобы ограничить приток жидкости, подход ко всем видам задач притока без учета индивидуальных особенностей непригоден в своей основе.

Кроме того, традиционные и предварительно смешиваемые тампонажные растворы на основе цемента и битума могут быть не способны адекватно проникать в канал или каналы, подлежащие запечатыванию. По меньшей мере часть этой неспособности может быть отнесена просто к неспособности герметизирующей композиции проникать в материнскую породу на необходимую глубину. Кроме того, скорость затвердевания герметизирующей композиции может влиять на способность герметизирующей композиции адекватно предотвращать или практически уменьшать приток воды.

Например, при применении тампонажного раствора для снижения проницаемости песчаной формации желательно, чтобы тампонажный раствор мог проникать на надлежащее расстояние в формацию до затвердевания. В случае преждевременного затвердевания тампонажный раствор не может адекватно проникать в материнскую породу и создавать сцепление частиц в материнской породе, достаточное для образования эффективной перемычки для притока воды.

В более раннем патенте заявителя AU 739427 используется композиция, которая включает в себя латекс, и при этом вязкость композиции повышается в зависимости от градиента скорости, когда композиция проникает в канал. Хотя это может содействовать регулированию распространения излишнего тампонажного раствора в материнской породе и гарантированному пребыванию объема тампонажного раствора в целевой зоне материнской породы, это все же представляет собой в некоторой степени общий подход к регулированию времени затвердевания тампонажного раствора после введения в канал. Кроме того, время затвердевания тампонажного раствора нельзя регулировать или изменять с любой степенью достоверности для согласования, например, с конкретными потребностями рассматриваемого применения или с предъявляемыми к нему требованиями.

Другой известный способ предотвращения или ограничения притока воды в выработку в подземной формации представляет собой способ замораживания грунта. Этот способ часто является предпочтительным способом поддержания массива горных пород в конструкции вертикального шахтного ствола. При использовании способа на месте работы замораживают воду в поровых пространствах подземной формации, так что вода действует как связующий агент, объединяющий частицы грунта или породы с образованием твердой массы со значительной непроницаемостью. Хотя грунт замораживают, бетонную отделку обычно сооружают вокруг траектории шахтного ствола.

Надлежащим образом выполнять этот способ, особенно на глубине, сложно, и для этого требуются значительные капитальные затраты. После замораживания и сооружения бетонной отделки и до оттаива-

ния грунта должна быть достигнута абсолютная водонепроницаемость бетонной отделки. Если водонепроницаемость отсутствует, при просачивании материнская порода позади отделки шахтного ствола может растворяться, при этом путь утечки расширяется и, в конечном счете, шахта затапливается. В частности, известно, что соляные шахты восприимчивы к этому вследствие растворения соли, и таким образом шахты повреждаются.

Кроме того, эти упомянутые выше проблемы могут распространяться на случай, и на самом деле они могут быть более резко выражены, когда желательно ограничивать или снижать проницаемость материнской породы с тем, чтобы уменьшать или ограничивать поток газа. Например, при выполнении операции гидравлического разрыва (гидроразрыва) для извлечения запасов газообразного углеводорода из коллектора может быть желательным ограничение проницаемости участков грунта, окружающего ствол скважины, для предотвращения нежелательного или неблагоприятного потока газа. Кроме того, может быть желательным запечатывание каналов или поровых пространств в подземной формации для закупоривания углеводородных или других газов в нефтяных и газовых пластах. Давно обнаружено, что известные методологии снижения проницаемости грунта для предотвращения или ограничения потока являются большей частью неэффективными или ненадежными. С учетом все возрастающего использования таких способов как гидравлический разрыв, имеется повышенная необходимость в надежной локализации газа в формации и предотвращении попадания в ненадлежащие области.

Поэтому задача настоящего изобретения заключается в создании способа ограничения или снижения проницаемости материнской породы для ограничения или уменьшения притока жидкости и/или газа, включая ограничение или уменьшение притока газа и/или жидкости в канал в материнской породе, чтобы сократить упомянутые выше проблемы, свойственные способам из предшествующего уровня техники.

Краткое изложение изобретения

Согласно первому аспекту настоящего изобретения предложен способ ограничения или уменьшения притока жидкости и/или газа в канал в материнской породе, такой как геологическая формация, содержащий измерение одного или более параметров, относящихся к указанной материнской породе, выбор одного или более компонентов многокомпонентной герметизирующей композиции с учетом указанных измеренных параметров и введение указанных компонентов указанной герметизирующей композиции в указанный канал, где она затвердевает или коагулирует с образованием уплотнения. Способ особенно подходит для ограничения или уменьшения притока воды в канал.

Обычно, хотя это не предполагается ограничивающим, канал может иметь форму полости, разрыва, трещины, пустоты или порового пространства, через которые жидкость или газ могут проходить, создавая утечку, затопление и/или загрязнение. Предложенный способ особенно пригоден для ограничения или уменьшения притока воды или газа в геологические формации, окружающие шахтные стволы и другие подобные проходы, хотя такие применения не предполагаются ограничивающими. Предложенный способ равным образом применим в любой ситуации, когда желательно предотвращать или уменьшать приток жидкости или газа, например, в строительные конструкции, подземные выработки, к свалкам отходов и фундаментам.

В частности, предложенный способ включает в себя измерение и анализ параметров, которые являются характерными для обрабатываемого места, по существу, во время обработки места. Предпочтительно, чтобы способ включал в себя измерение характеристик жидкости, обычно воды, присутствующей в запечатываемом канале (каналах) или протекающей по нему. В идеальном случае жидкость, имеющуюся в материнской породе, собирают и анализируют, чтобы определить свойства, такие как значение pH, температура, содержание минеральных веществ и соленость. Выбирают компоненты герметизирующей композиции, такие как добавки и ингибиторы, и затем определяют концентрацию компонентов с учетом результатов этих специфических измерений на месте обработки, чтобы регулировать время затвердевания композиции в канале.

Согласно особенно предпочтительному варианту осуществления способ включает в себя дополнительный этап измерения и/или анализа по меньшей мере одного компонента герметизирующей композиции и выбор дополнительных компонентов с учетом указанного измерения или анализа по меньшей мере одного компонента. В частности, способ включает в себя анализ латексного компонента герметизирующей композиции, после чего одну или более дополнительных добавок выбирают на основе изменений латекса, особенно изменений, которые возникают главным образом соответственно конкретному сезону, в течение которого латекс собирали.

Предпочтительно непосредственно перед применением герметизирующей композиции или тампонажного раствора на месте обработки измеряют и анализируют параметры на месте обработки, характерные для материнской породы, в частности гидравлические и/или пневматические параметры, поскольку режим потока воды или газа следует оценивать, если необходимо получать эффективное уплотнение. Для этого можно использовать бурение и способы анализа геологических проб. Указанные параметры могут включать в себя, и предпочтительно должны включать, результаты исследования гидравлической удельной проводимости на месте обработки для определения базисных значений Люжона и для получения представления о полной ширине апертуры проницаемых трещин в материнской породе; результаты исследования проб воды и исследования с использованием красителя для определения гидрав-

лической удельной проводимости канала или каналов в материнской породе; и результаты исследования наличия или отсутствия условий для потока. Кроме того, этими свойствами обеспечивается оценка объема герметизирующей композиции, необходимого для уплотнения. Этот этап также включает в себя исследование свойств воды, имеющейся в канале, подлежащем обработке, или втекающей в него, в частности определение таких тестовых параметров как значение pH, температура, содержание минеральных веществ и соленость, которые влияют на выбор используемой герметизирующей композиции. Кроме того, учитывают дополнительные условия на месте обработки, такие как температура подземной формации на месте обработки или вокруг него.

После определения гидравлических и/или пневматических параметров материнскую породу пробуривают, чтобы образовать отверстия для нагнетания, через которые герметизирующую композицию направляют в материнскую породу.

В предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения герметизирующая композиция или тампонажный раствор содержит по меньшей мере один компонент на основе латекса и одну или более дополнительных выбранных добавок. Предпочтительно, чтобы латекс был натуральным латексом. В особенно предпочтительном варианте осуществления герметизирующая композиция содержит эмульсию или коллоид латекса, лауриновую кислоту или лауратовое соединение и по меньшей мере одну дополнительную выбранную добавку. По меньшей мере одну дополнительную добавку выбирают, по меньшей мере частично, с учетом измеренных параметров обрабатываемого места.

Однако герметизирующая композиция на основе латекса может не подходить для некоторых ситуаций. Например, для холодных регионов, в которых температуры формации могут быть ниже -5°C , можно выбирать герметизирующую композицию не на основе латекса. В частности, желательно выбирать герметизирующую композицию не на основе латекса, если температура грунта или окружающего участка составляет -12°C или ниже. Следует заметить, что этот способ не ограничен никакими конкретными видами герметизирующей композиции.

Дополнительные добавки могут включать в себя ингибиторы коагуляции или затвердевания для предотвращения затвердевания композиции и содействия продвижению потока к обрабатываемому месту и проницаемости обрабатываемого места до начала затвердевания в канале. Не создающими ограничения примерами ингибиторных добавок являются поверхностно-активные вещества, такие как катионные поверхностно-активные вещества.

Поверхностно-активные вещества могут предотвращать выпадение латекса хлопьями при введении в канал. На местах обработки, на которых вода, присутствующая в канале, имеет высокие концентрации солей, то есть вода является, по существу, рассолом, воду в канале можно обрабатывать при использовании ингибиторной добавки для предотвращения преждевременной коагуляции или затвердевания поверхностно-активного соединения в канале. Не создающим ограничения примером такой ингибиторной добавки является фирменный продукт КТ, который содержит смесь фосфатов натрия и который при введении в канал в виде раствора предотвращает или замедляет коагуляцию или затвердевание герметизирующей композиции в канале.

Кроме того, дополнительная добавка может включать в себя активаторы коагуляции для начала или ускорения затвердевания. Не создающими ограничения примерами этих добавок являются щелочные соединения, пластификаторы, карбоновые кислоты, бораты, силикаты, гидроксиды, а также соли металлов. Дополнительные добавки включают в себя вещества, уменьшающие потребность в воде, и разжижители.

Согласно особенно предпочтительному варианту осуществления изобретения способ также включает в себя измерение и анализ параметров с последующим первоначальным применением тампонажного раствора и по желанию с выполнением последующих этапов нагнетания тампонажного раствора. Если необходимо, один или более компонентов герметизирующей композиции изменяют в ответ на изменения указанных параметров. Например, герметизирующую композицию, предназначенную для использования при втором и последующих применениях на месте обработки, изменяют в ответ на изменения формации, или путей потоков воды или газа, или потоков воды или газа в материнской породе с течением времени. Измерения проницаемости позволяют изменять или регулировать время затвердевания тампонажного раствора, вводимого к месту обработки, при последующих применениях.

Согласно предпочтительному аспекту способ включает в себя этап введения герметизирующей композиции в канал путем нагнетания. Предпочтительно вводить компоненты композиции к месту обработки независимо, чтобы герметизирующая композиция эффективно смешивалась на месте обработки. То есть герметизирующая композиция представляет собой многокомпонентную композицию, различные компоненты которой доставляют совместно, и они реагируют в канале на месте обработки.

Желательно подавать компоненты герметизирующей композиции на место работы подходящим насосом, предпочтительно насосом с многочисленными выпускными отверстиями, благодаря которым компоненты вводятся через отдельные отверстия насоса. Предпочтительно, чтобы насос был насосом вытеснения. Такое насосное оборудование и возможность отдельной подачи компонентов композиции к месту обработки позволяют успешно регулировать введение композиции в запечатываемый канал и, следовательно, регулировать время затвердевания в канале. В частности, предпочтительно, чтобы насос мог

нагнетать композицию в канал под переменными давлениями, при этом указанное изменение давления выбирают в ответ на изменения на месте обработки конкретных гидравлических, пневматических и химических параметров.

Кроме того, предпочтительно, чтобы предложенный способ включал в себя первичный этап нагнетания герметизирующей композиции и вторичный этап нагнетания герметизирующей композиции. Особенно предпочтительно на первом этапе нагнетания вводить герметизирующую композицию в канал по направлению потока воды. На втором этапе нагнетания предпочтительно вводить герметизирующую композицию в канал против потока воды или газа, особенно после приостановки притока воды или газа.

Поэтому преимуществом настоящего изобретения является возможность выполнять регулирование времени затвердевания герметизирующей композиции после введения к месту обработки, что позволяет композиции адекватно проникать во встречающиеся формации внутри материнской породы, удаленные от точки нагнетания.

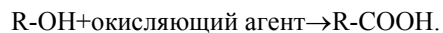
При некоторых применениях герметизирующей композиции может быть более удобно вводить единственный состав в канал при сохранении возможности изменения или регулирования времени затвердевания композиции в ответ на изменение конкретных параметров или переменных на месте применения. В связи с этим предложен дополнительный аспект настоящего изобретения, в соответствии с которым предложен способ ограничения или уменьшения притока жидкости или газа в канал в материнской породе, такой как, но без ограничения ею, геологическая формация, при использовании герметизирующей композиции, содержащей тампонажный компонент и отвердитель тампонажного компонента, при этом часть тампонажного компонента смешивают с частью отвердителя тампонажного компонента, отношение количества тампонажного компонента к количеству отвердителя выбирают с учетом одного или более параметров, относящихся к указанной материнской породе, при этом смесь тампонажного компонента и отвердителя вводят в указанный канал, где она затвердевает или коагулирует с образованием уплотнения, во время этого процесса скорость отверждения или затвердевания указанного тампонажного компонента в указанном канале регулируют или изменяют путем изменения отношения количества тампонажного компонента к количеству отвердителя.

Коагуляцию или затвердевание желательно сначала задерживать в продолжение заранее заданного периода времени. Затем должна следовать относительно быстрая коагуляция или затвердевание герметизирующей композиции на месте в материнской породе или обрабатываемом канале. То есть время, затрачиваемое на затвердевание или коагуляцию герметизирующей композиции, можно регулировать и продлевать путем изменения отношения количества тампонажного компонента к количеству отвердителя в процессе конкретного применения.

Предпочтительно, чтобы тампонажный компонент был на основе латекса, например на основе эмульсии, коллоида или водной дисперсии латекса. Однако тампонажный компонент также может быть составом на основе полимера. Желательно, чтобы тампонажный компонент был водным для обеспечения легкого смешивания с отвердителем.

Отвердитель состоит из одного или более компонентов, выбранных из агентов, способных превращать тампонажный компонент или реагировать с ним для затвердевания или коагуляции тампонажного компонента в канале. Для этого желательно, чтобы отвердитель обладал замедленным эффектом затвердевания или коагуляции для обеспечения возможности нагнетания или иным образом введения в канал объединенной смеси тампонажного компонента и отвердителя, подлежащих закачиванию, и достижения достаточного проникновения в канал для ограничения притока жидкости или газа.

В одном варианте осуществления отвердитель выбирают из агентов, которые влияют на снижение значения pH жидкости. Предпочтительно, чтобы снижение значения pH происходило постепенно в течение некоторого периода времени, при этом период времени сильно зависит от отношения количества тампонажного компонента к количеству отвердителя. Предпочтительно, чтобы значение pH снижалось за счет образования кислоты при реакции комбинированной смеси тампонажного компонента и отвердителя. В случае использования тампонажного компонента на основе латекса окисление спирта до карбоновой кислоты в водной латексной дисперсии является одним таким способом снижения значения pH, отраженным в следующем уравнении:



Для этого в одном варианте осуществления отвердитель представляет собой окисляющий агент. Окисляющий агент можно использовать для образования кислот в водном тампонажном компоненте при добавлении его и перемешивании. Не создающими ограничения примерами такого окисляющего агента, который можно использовать в качестве отвердителя, являются перманганат и триоксид хрома.

В соответствии с дальнейшим предпочтительным аспектом настоящего изобретения отвердитель выбирают из класса спиртов, относящихся к полиолам, и он может быть мономерным полиолом, диолом, триолом, тетролом или любым другим полимерным полиолом. Не создающими ограничения примерами являются мономерные полиолы, такие как этиленгликоль или глицерин, и полимерные полиолы, такие как полиэтиленгликоль. В особенно предпочтительном варианте осуществления изобретения отвердитель представляет собой полиоловый эфир жирной кислоты.

Испытание показывает, что смешивание большей части тампонажного компонента с небольшой ча-

стью отвердителя приводит сначала к образованию небольшого количества коагулятов или затвердевших частиц при сохранении большей части смеси в жидкой форме. Первоначально образованные коагуляты или частицы действуют как инициатор или затравка для образования дальнейших коагулятов или частиц в смеси, что с течением времени приводит к коагуляции или затвердеванию, по существу, всей смеси.

Обнаружено, что изменение отношения количества тампонажного компонента к количеству отвердителя, например в процентах по массе, позволяет успешно регулировать скорость затвердевания. Поэтому тампонажный компонент можно объединять с заранее заданным количеством отвердителя, при этом количество следует определять преимущественно с учетом параметров места обработки или обрабатываемой материнской породы и вводить смесь в канал, где она затвердевает или коагулирует в канале со скоростью, которая является оптимальной для этого конкретного применения.

Настоящее изобретение является полезным при применении к материнской породе или подземной формации до проходки шахтного ствола или туннеля, например, разрабатываемого при горных работах. Настоящим изобретением можно успешно предотвращать или минимизировать приток воды в шахтный ствол или туннель, сооружаемый в подземной формации в непосредственной близости к водоему, такому как река или водоносный пласт. Кроме того, настоящее изобретение позволяет успешно минимизировать или предотвращать приток газа в шахтный ствол или туннель или на самом деле в любые области окружающего грунта, из которых нежелательно допускать выход газа.

Подробное описание предпочтительных вариантов осуществления

Настоящее изобретение можно лучше понять из нижеследующего описания предпочтительных вариантов осуществления и примеров при обращении к сопровождающим чертежам, на которых:

фиг. 1 - сечение геологического тела, содержащего шахтный ствол, имеющего трещины или отверстия в материнской породе, окружающей шахтный ствол, которые необходимо закупоривать для предотвращения или минимизации притока воды в шахтный ствол;

фиг. 2 - вид спереди в сечении набора тубинговых колец, облицовывающих шахтный ствол в материнской породе, требующей обработки для ограничения притока воды в шахтный ствол;

фиг. 3 - сечение геологического тела с шахтным стволом, пройденным в нем, требующего обработки для ограничения притока воды, вид до какой-либо обработки;

фиг. 4 - сечение геологического тела из фиг. 3, обрабатываемого для ограничения притока воды в шахтный ствол в соответствии с настоящим изобретением;

фиг. 5 - сечение геологического тела из фиг. 3 с показом введения первой дополнительной добавки в канал;

фиг. 6 - сечение геологического тела из фиг. 3 с показом выполнения вторичного этапа нагнетания герметизирующей композиции.

Нижеследующее описание и примеры в первую очередь относятся к обработке геологического тела, в котором проходкой образован шахтный ствол, при этом шахтный ствол имеет трещины или отверстия, требующие запечатывания, главным образом для предотвращения притока воды. Например, вода может протекать или просачиваться в шахтный ствол через каналы в виде трещин или щелей или через проницаемые неконсолидированные слои материнской породы. Однако настоящее изобретение не ограничено такими применениями, и следует понимать, что предложенный способ можно успешно использовать в различных ситуациях, когда желательно приостанавливать или ограничивать притоки воды, таких как, но без ограничения ими, притоки воды в глубокие и с открытыми разработками рудники, заполнения подземных плотин, подземные склады и бункеры, подвальные помещения, подземные хранилища отходов, соляные копи и резервуары и водоемы со стоячей водой. Предложенный способ в равной степени применим там, где желательно приостанавливать или ограничивать поток газа, такого как, но без ограничения им, газ, недопустимо просачивающийся из трещин в грунте, образующихся в результате выполнения операции гидравлического разрыва пласта.

Сначала обратимся к фиг. 1 и 2, на которых показана материнская порода 10 подземной формации, окружающая шахтный ствол 14, где вода проникает через трещину в окружающей породе и через поровые пространства в неконсолидированных песчаных линзах. Вода способна проникать в шахтный ствол 14 вследствие протекания через трещины в стенке тубингового сегмента 18, через щели 16 между соответствующими тубинговыми сегментами 18 и через холодные соединения, создаваемые между концом одной заливки бетона и началом новой заливки позади тубинговых сегментов 18, таких как тубинговые сегменты, показанные на фиг. 2. В конструкции шахтного ствола 14 тубинги 18 действуют как отделка шахтного ствола 14. В известных способах сооружения шахтных стволов обычно замораживают грунт вокруг траектории шахтного ствола, чтобы стабилизировать подземную формацию. В этом примере предпочтительно применять предложенный способ, чтобы замораживание грунта становилось ненужным и исключалось повреждение породы вблизи шахтного ствола 14 во время проходки.

Внутри шахтного ствола 14 отверстия 20 для нагнетания пробуривают с промежутками в материнскую породу через тубинговые сегменты 18 вокруг передней поверхности тубинга 18. Отверстия можно пробуривать перпендикулярно к передней поверхности тубинга 18 или под углом, таким как 45°. Для снижения затрат и в то же время обеспечения эффективного запечатывания при компоновке отверстий 20 для нагнетания следует минимизировать количество необходимых отверстий 20 для нагнетания. В

идеальном случае для этого отверстия 20 для нагнетания располагают на регулярных или по существу эквидистантных интервалах по окружности тубинга 18. Таким образом, отверстия для нагнетания 20 пробуривают вокруг каждого тубингового сегмента 18, образующего отделку шахтного ствола 14. Любой подходящий способ бурения можно использовать для образования отверстий для нагнетания, такой как способ с использованием ударного бурильного молотка на пневмоподдержке. Ударное бурение может быть необходимым в случае крепких породных формаций. Вращательное бурение подходит больше и повышает проницаемость формации.

Пробы воды, имеющейся на месте уплотнения (воды на месте обработки), собирают по меньшей мере с одного участка просачивания в шахтном стволе 14 или вокруг него. Воду исследуют, чтобы выполнить анализ химических свойств, таких как значение pH, температура, содержание минеральных веществ и степень солености. Кроме того, измеряют температуру подземной формации на месте обработки и вокруг места обработки.

Кроме того, следует определить гидравлические параметры материнской породы 10. Характер и протяженность гидравлического поля необходимо понимать, чтобы выполнять эффективное уплотнение. Чтобы определить гидравлические параметры из числа связности, проникновения и распространения притока воды, подходящий краситель, такой как трассировочный краситель, имеющий такие же характеристики потока, какие имеет вода, но окрашенный для получения очевидного контраста относительно шахтного ствола 14 и места обработки, вводят в каждое из отверстий 20 для нагнетания. Просачивание красителя в шахтный ствол 14 можно регулировать во времени и визуальным образом оценивать, чтобы определять проникновение притока воды. Результат анализа будет показывать, где происходит приток и где находятся основные точки поступления воды, например, в холодных соединениях между заливками бетона. Скорость потока красителя измеряют, чтобы определить свойства потока красителя в материнской породе 10, когда его вводят при конкретной скорости и под конкретным давлением. Это дает показатель скорости потока раствора герметизирующей композиции, так что можно определить момент введения подходящих добавок и концентрации их.

С учетом температурных параметров грунта и воды значения pH воды, содержания минеральных веществ и степени солености, а также свойств потока воды на месте обработки и вокруг него и температуры на месте обработки можно надлежащим образом выбрать компоненты и соответствующие концентрации указанных компонентов герметизирующей композиции.

Когда непосредственно на местах обработки и в окружающей подземной формации температура ниже чем около -12°C или выше 100°C , компоненты герметизирующей композиции следует выбирать соответствующим образом. Например, если температура грунта очень высокая, предпочтительно выбирать герметизирующую композицию на основе цемента, а не герметизирующую композицию на основе латекса. Кроме того, можно использовать комбинацию герметизирующих композиций двух различных видов. Например, герметизирующую композицию на основе цемента можно использовать для объемного заполнения крупных пустот, и тогда герметизирующую композицию на основе латекса можно использовать для заполнения небольших трещин и щелей.

С учетом геотехнической оценки подземной формации, особенно водопроницаемости, используют стандартный цемент или цемент с мелкими частицами (частицами меньше 30 мкм). Например, если размер канала или отверстий в формации обычно больше чем 160 мкм, место можно обрабатывать стандартным цементным составом. Для отверстий, которые меньше размером и которые приводят к слабому просачиванию, необходим материал из микрочастиц. С учетом измеряемых параметров места обработки добавки и примеси добавляют в состав на основе цемента для получения желаемых характеристик реологии и затвердевания.

Когда непосредственно на месте обработки и в окружающей подземной формации температура составляет -12°C или выше, а исследование проникновения притока воды показывает, что имеются условия для присутствия потока воды, желательно использовать многокомпонентный химический состав на основе латекса, такой как состав, описанный в патенте № 739427 Австралии, содержание которого включено в эту заявку путем ссылки.

В идеальном случае такой химический состав имеет в качестве важного или объемного компонента эмульсию или коллоид латекса, предпочтительно в количестве меньше 30% всего состава. Обычно латекс приготавливают в виде эмульсии или коллоидальной суспензии с водой. Предпочтительно, чтобы латекс был натуральным латексом, поскольку неожиданно было обнаружено, что натуральный латекс имеет лучшие уплотняющие свойства по сравнению с синтетическими разновидностями. Концентрацию латекса в воде можно выбирать с учетом химических и гидравлических параметров, определяемых на ранних этапах способа.

С учетом упомянутых выше измеренных гидравлических параметров и химических свойств воды и места обработки одну или более дополнительных добавок выбирают в сочетании с латексной эмульсией для нагнетания в обрабатываемый канал. Поскольку герметизирующую композицию вводят в воду, протекающую по каналу или каналам, требующим запечатывания, а герметизирующая композиция переносится по каналу водой, вода фактически становится ингредиентом герметизирующей композиции после

введения ее в канал. Поэтому одну или более дополнительных добавок вносят для улучшения химии воды или для коррекции химических характеристик, которые могут оказывать нежелательное влияние на герметизирующую композицию после введения ее в канал.

На местах обработки, имеющих кислую воду в канале, преждевременное затвердевание или коагуляция герметизирующей композиции может возникать при введении композиции в канал, после чего композиция становится неспособной в достаточной степени проникать в материнскую породу 10. Если анализ воды показывает, что значение pH ниже чем 7, желательно добавлять ингибиторный компонент для изменения значения pH до щелочного состояния. Такие ингибиторы обычно приготавливают в виде щелочного раствора со значением pH выше 10 или 11 с тем, чтобы повышать значение pH воды. Они могут включать в себя, например, виды, обнаруживаемые в детергентах и подобных мылу веществах, не создающими ограничения примерами которых являются триполифосфат, фирменный продукт КТ (в порошке или растворенный), который содержит смесь фосфатов натрия, или щелочной гидроксид калия (KOH). При обработке места, которое является кислотным или слабокислотным, ингибиторную добавку нагнетают или закачивают в канал и объединяют с латексным компонентом в канале на месте проведения работ. Степень щелочности ингибиторной добавки определяют с учетом измерения pH воды.

На местах обработки, на которых вода является особенно кислотной, предпочтительно сначала промывать канал раствором с нейтральным pH или щелочным раствором, таким как фирменный продукт под названием С4 (код продукта ХТМС4136), который представляет собой поверхностно-активную смесь поверхностно-активных веществ, до введения любого латексного компонента с тем, чтобы повышать pH воды и тем самым исключать преждевременное затвердевание в канале. Кроме того, введение такого компонента в канал позволяет закачивать герметизирующую композицию в канал под пониженным давлением, поскольку при введении такого раствора повышается проникающая способность герметизирующей композиции в канале независимо от того, чем является материнская порода 10, преимущественно породной формацией или грунтом.

С другой стороны, может быть полезной кислотная промывка проницаемых структур, пересекаемых отверстиями 20 для нагнетания, для вытеснения подземной воды. Промывка способствует повышению проницаемости подземной формации и обеспечивает лучшее проникновение герметизирующей композиции после введения. Обычно для промывки используют слабокислотный раствор стабилизатора. Однако также можно использовать разбавленные кислоты других видов, не создающим ограничения примером которых является хлористоводородная кислота (HCl). Введением кислого раствора можно успешно инициировать и повторно инициировать проницаемость формации материнской породы 10, эффективно растворять осадки материала, которые в ином случае могут мешать прохождению герметизирующей композиции в проницаемые структуры материнской породы 10.

Кроме того, на местах обработки, имеющих воду с высоким содержанием соли, которые могут встречаться при проходке шахтного ствола в теле соли, можно столкнуться с преждевременным затвердеванием или коагуляцией композиции внутри каналов. Когда измерения удельной электрической проводимости воды свидетельствуют о высокой солености, желательно вводить одну или более ингибиторных добавок, таких как ингибиторные добавки, описанные выше, которые замедляют затвердевание или коагуляцию герметизирующей композиции в канале. В качестве варианта или дополнительно может быть предпочтительно сначала обрабатывать воду в канале для снижения солености перед введением латексного компонента. То есть канал промывают с тем, чтобы вытеснить подземную воду непосредственно перед введением композиции.

До введения изготовленной по индивидуальному заказу герметизирующей композиции, содержащей компоненты, выбранные с учетом свойств материнской породы 10, каждое отверстие 20 для нагнетания подвергают испытанию водой для определения ряда базисных значений Люжона и получения представления о полной ширине апертуры проницаемых структур на месте обработки. Кроме того, этим испытанием дается показатель объемов герметизирующей композиции, по всей вероятности требующихся для запечатывания этих структур, чтобы эффективно запечатать их и предотвратить проникновение и просачивание жидкости в шахтный ствол 14.

Во время начальных этапов введения многокомпонентной композиции в канал составляют композицию, имеющую увеличенное время затвердевания, чтобы обеспечить оптимальное распространение и проникновение герметизирующей композиции в формацию. Нежелательно, чтобы герметизирующая композиция затвердела слишком близко к отверстию 20 для нагнетания, поскольку в этом случае в дальнейшем потребуется пробуривать дополнительные отверстия 20 для нагнетания, чтобы иметь возможность вводить дополнительную композицию. В идеальном случае при введении герметизирующей композиции возникает поперечное распространение тампонажного раствора на расстояние, которое приблизительно равно расстоянию между нагнетательным отверстием 20 и отделкой шахтного ствола 14, в этом случае тубингом 16. По меньшей мере, распространение тампонажного раствора должно быть достаточным для образования перекрывающихся цилиндров тампонажного раствора вокруг шахтного ствола 14.

По мере введения герметизирующей композиции в канал или сеть каналов время затвердевания постепенно снижают путем добавления большего количества активаторной добавки. Этим обеспечивают

ограниченное распространение тампонажного раствора в целевой области, являющейся минимальной областью материнской породы 10, для которой необходимо применение герметизирующей композиции, чтобы минимизировать или ограничить приток воды и тем самым минимизировать расход герметизирующей композиции и излишнее распределение в материнской породе подземной формации.

При продолжении операции заливки по мере затвердевания герметизирующей композиции окажутся заблокированными и заполненными открытые части материнской породы, что приведет к изменению путей потоков воды и времен протекания. Поэтому в ответ на эти изменения необходимо выполнить регулировку времени затвердевания герметизирующей композиции. В этом случае желательно выполнять дополнительные измерения гидравлических параметров материнской породы 10 и химических свойств воды по мере введения герметизирующей композиции в канал и изменять общий состав с учетом этих измерений. Если в течение некоторого времени не обнаруживается снижение кажущегося значения Люжона, это означает, что герметизирующая композиция продолжает заполнять пустоты в материнской породе. На основании объема герметизирующей композиции, ранее инжесктированной, время затвердевания герметизирующей композиции можно постепенно снижать, например, путем добавления больших количеств активаторной добавки или в том же самом объеме при большей концентрации. Если в течение некоторого периода времени обнаруживается снижение кажущегося значения Люжона, это показывает, что герметизирующая композиция находится в состоянии проникновения. Поэтому герметизирующую композицию можно продолжать вводить в канал без изменений времени затвердевания. Однако если измерения показывают, что кажущееся значение Люжона снижается с большой скоростью, изменяют количество отдельных компонентов герметизирующей композиции для повышения времени затвердевания в канале.

Нагнетание герметизирующей композиции начинают с самого нижнего тюбингового сегмента 18 в шахтном стволе 14 и постепенно перемещаются кверху. Герметизирующую композицию нагнетают в первый отверстия 20 для нагнетания до тех пор, пока герметизирующая композиция не будет обнаружена в следующем отверстии 20 для нагнетания в этом тюбинговом сегменте 18. Герметизирующую композицию вводят во второе отверстие 20 для нагнетания и каждое последующее отверстие 20 для нагнетания до тех пор, пока не будет обработан весь контур. Затем переходят к нагнетанию герметизирующей композиции в следующее, расположенное выше тюбинговое кольцо 18. Однако герметизирующую композицию можно нагнетать в отверстия 20 для нагнетания в любом особом порядке до тех пор, пока герметизирующая композиция не перестанет заполнять пустоту между внешним контуром тюбинговых колец 18 и окружающим грунтом.

С учетом измеренных гидравлических параметров на месте обработки и химических свойств воды герметизирующую композицию в представленном примере нагнетают в канал под минимальным давлением. Желательно поддерживать низкое давление нагнетания, чтобы исключить любые проблемы, связанные с гидравлическим разрывом окружающей материнской породы. В этом применении желательно, чтобы давление нагнетания не превышало в 1,25-2,5 раза гидростатический напор. В идеальном случае давление нагнетания определяют на основании механики материнской породы на месте обработки и с учетом глубины отверстий 20 для нагнетания.

Предпочтительно вводить ингибиторную добавку в канал с помощью насоса вытеснения с многочисленными выпускными

отверстиями. Наличие многочисленных выпускных отверстий насоса позволяет вводить индивидуальные компоненты герметизирующей композиции так, чтобы они эффективно реагировали только друг с другом на месте внутри канала. Давление нагнетания компонентов герметизирующей композиции желательно повышать от гидростатического напора до максимального давления медленно и постепенно. Обычно по мере изоляции воды в канале давление будет возрастать автоматически. Если необходимо, и особенно для исключения гидравлического разрыва окружающей подземной формации, давление нагнетания регулируют до удовлетворения условиям конкретного места обработки с учетом измеренных параметров, характерных для места обработки, включая расстояние от отверстия 20 для нагнетания, на которое желательно распределить герметизирующую композицию.

В случае использования латексного эмульсионного компонента герметизирующую композицию нагнетают в воду, протекающую или присутствующую в канале, через различные отверстия 20 для нагнетания. Когда латексный компонент протекает в канале, он, по меньшей мере частично, активируется благодаря перемешиванию, что приводит к коагуляции герметизирующей композиции с образованием уплотнения в канале или сети каналов. Если из измеренных состояний потока следует, например, что скорость потока является высокой, например 200 л/с, компонент химического активатора добавляют для повышения скорости коагуляции и затвердевания в канале.

После начального этапа обработки, на котором герметизирующую композицию вводят на место обработки и затвердевание иницируют и завершают, весьма желательно выполнить второй этап обработки. Было обнаружено, что при последующей обработке герметизирующей композицией на месте обработки вода часто пополняется из локальных водоносных пластов и находит новый путь, представляющий собой путь наименьшего сопротивления, в шахтный ствол 14. Вследствие возмущенного пути потока воды могут возникать новые утечки в шахтный ствол 14, и с ними следует обходиться соответствующим

образом. Выполняют описанные выше этапы, заключающиеся в бурении отверстий для нагнетания, анализе на месте обработки материнской породы с использованием подходящего красителя для оценивания проникновения притока воды и химическом анализе воды на месте обработки. С учетом этих измеренных параметров выбирают разновидности компонентов и концентрации компонентов, которые вводят в канал по существу так, как описано выше.

Теперь обратимся к фиг. 3, на которой показана подземная формация 100, в которой туннель 141, например шахтный ствол, пройден ниже тела воды, такого как водоносный пласт, проходящий через материнскую породу 10 подземной формации 100. Приток воды в туннель 141 следует блокировать или ограничивать, чтобы туннель 141 не затопило. В этом примере туннель 141 представляет собой вскрываемую формацию без отделки между внутренней стороной туннеля и окружающей материнской породы 10, состоящей преимущественно из пород и неконсолидированных формаций, в том числе из рыхлых пород. Формация этого вида чувствительна к неблагоприятному воздействию гидравлического разрыва, и возможны опасные обрушения пород или оползни.

Как и в предыдущем примере, выполняют отбор пробы воды и проверки с использованием красителя для определения гидравлической проводимости трещин в материнской породе и вклада притока воды в шахтный ствол. Было обнаружено, что в неконсолидированных геологических формациях гидравлический разрыв может быть значительной проблемой. После закупоривания открытых участков трещин с притоком воды затвердевшей или коагулированной герметизирующей композицией приток в конечном счете становится ограниченным по апертуре, вследствие чего скорость воды будет повышаться и приводить к дополнительному размыву материнской породы. Кроме того, это может происходить после успешной обработки места герметизирующей композицией. По этой причине желательно, чтобы способ включал в себя первичный этап нагнетания (см. фиг. 4 и 5), на котором герметизирующую композицию вводят в канал по направлению потока воды или газа через отверстие 201 для нагнетания; и вторичный этап, на котором герметизирующую композицию вводят против потока воды после того, как приток в туннель 141 задержан (см. фиг. 6). Двухэтапное применение предпочтительно для создания непроницаемой перегородки из герметизирующей композиции.

Как и в предыдущем примере, исследование гидравлической проводимости на месте обработки выполняют до введения любой герметизирующей композиции в канал. Этим определяют ряд базисных значений Люжона и получают показатель полной ширины апертуры проницаемых структур в материнской породе. Точно так же воду на месте работы исследуют, чтобы определить значение pH, температуру, содержание минеральных веществ и степень солености.

В течение нагнетания герметизирующей композиции предпочтительно уменьшать время затвердевания герметизирующей композиции в канале по мере продолжения нагнетания, чтобы предотвращать затвердевание или коагуляцию герметизирующей композиции слишком близко к отверстиям 201 для нагнетания и чтобы получать поперечное распространение герметизирующей композиции, которое достаточно для создания эффективного барьера для предотвращения притока воды в выработку. В начале нагнетания вводят многочисленные компоненты композиции и сначала допускают протекание и просачивание в туннель 141 (фиг. 4). Это позволяет выполнять измерение начального притока в течение некоторого периода времени или постоянно во времени.

Задача предложенного способа заключается в получении поперечного распространения герметизирующей композиции, а именно, по существу, в промежутке между отверстием 201 для нагнетания и периметром проницаемой структуры. Кроме того, важно гарантировать, чтобы герметизирующая композиция не затвердевала слишком близко к отверстию 201 для нагнетания, поскольку в таком случае потребуются бурение дополнительных отверстий, и, следовательно, будут нежелательные дополнительные затраты.

Время затвердевания герметизирующей композиции постепенно уменьшают введением больших количеств или в большей концентрации подходящей активаторной добавки (фиг. 5), вид и состав которой выбирают, как описано выше, с учетом измеренных параметров, характерных для места обработки. Время затвердевания уменьшают до точки, при которой герметизирующая композиция больше не вымывается из проницаемых структур материнской породы 100, а связывается с материнской породой 100 с образованием уплотнения.

По желанию активаторный компонент можно вводить в поток воды через отдельное отверстие 201 для нагнетания к одному или нескольким другим компонентам герметизирующей композиции. Например, обратимся к фиг. 5, где в случае использования латексной герметизирующей композиции латексный компонент вводят в поток воды через первое отверстие 201a для нагнетания и активаторный компонент вводят через второе отверстие 201b для нагнетания. Отверстие 201b для нагнетания пересекает канал ниже по потоку от отверстия 201a для нагнетания. В таком случае латексный компонент закачивают в поток воды в пустоте или канале через отверстие 201a для нагнетания, откуда он переносится к туннелю 141 потоком воды в канале. Активаторный компонент вводят в канал через отверстие 201b для нагнетания, где он смешивается с латексным компонентом, протекающим ниже по потоку. Далее смешанная герметизирующая композиция затвердевает или коагулирует с образованием уплотнения, предотвращающего дальнейший приток воды в туннель 141.

Как было показано, желательно выполнять вторичный этап нагнетания или уплотнения, при этом,

как показано на фиг. 6, этот этап применяют против потока воды. Если обнаруживают, что в течение вторичного этапа нагнетания отсутствует дальнейшее повышение давления при заданной скорости потока, это означает, что затвердевание композиции сдвигается слишком далеко в материнскую породу и герметизирующая композиция проникает слишком далеко на расстояние от целевого места обработки, и это приводит только к непроизводительному расходу материала. Если это является тем случаем, время затвердевания герметизирующей композиции следует постепенно уменьшать путем снижения подачи активаторной добавки и/или повышения подачи ингибиторной добавки в материнскую породу. Например, значение pH композиции в материнской породе изменяют от кислотного значения pH до более щелочного значения pH.

Что касается фиг. 6, то по желанию вторичный этап нагнетания можно выполнять при бурении дополнительного отверстия 201с для нагнетания, которое пересекает канал выше по потоку относительно канала (теперь запечатанного герметизирующей композицией). Латексный компонент герметизирующей композиции закачивают через отверстие 201а для нагнетания и продавливают выше по потоку в канале, поскольку участок ниже по потоку запечатан герметизирующей композицией. Активаторный компонент закачивают в канал через отверстие 201с для нагнетания, где он смешивается с латексным компонентом и вызывает затвердевание герметизирующей композиции. Поэтому на первичном этапе нагнетания введение и затвердевание герметизирующей композиции ниже по потоку в канале является реактивным применением герметизирующей композиции для исключения притока воды в туннель 141. Применение герметизирующей композиции на вторичном этапе, на котором ее вводят выше по потоку и против потока воды, представляет собой упреждающую обработку, при которой промывка водой и гидравлический разрыв материнской породы 100 предотвращаются.

Кроме того, настоящее изобретение особенно полезно при упреждающей обработке формации до проходки и обеспечивает преимущество, заключающееся в том, что нет необходимости иметь дело с притоками воды в проходимый шахтный ствол во время горных работ. Нижеследующий пример применения предложенного способа относится к применению перед проходкой для предотвращения притока воды в шахтный ствол, сооружаемый в подземной формации в непосредственной близости к крупному телу воды, такому как река. В этом примере подземная формация часто может содержать в больших количествах трещиноватый песчаник и неконсолидированные песчаные слои.

Для получения релевантной геотехнической информации, относящейся к месту обработки, пилотное отверстие пробуривают вблизи планируемого шахтного ствола. Получение проб этим способом позволяет выполнить, по меньшей мере, идентификацию геологических свойств подземной формации. В случае, когда обнаруживают, что подземная формация состоит в основном из песчаника и неконсолидированного песчаника, оба вида материнской породы учитывают при выборе компонентов герметизирующей композиции.

С учетом возможности существования вертикальных или субвертикальных трещин и/или насыщенных песчаных линз, встречающихся во время проходки шахтного ствола, герметизирующая композиция после внесения должна образовывать завесу вокруг предполагаемого пути шахтного ствола, чтобы уменьшалась проницаемость окружающей формации и минимизировался приток воды в будущий шахтный ствол. Пробуривают ряд первичных отверстий для нагнетания, предпочтительно расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга по периметру предполагаемого шахтного ствола. Желательно пробуривать первичные отверстия для нагнетания со смещением от наружного края предполагаемого шахтного ствола. Обычно около восьми этих первичных отверстий для нагнетания пробуривают по периметру. Желательно пробуривать дополнительное количество вторичных отверстий для нагнетания для измерения эффективности применения герметизирующей композиции во время и после первого применения. Вторичные отверстия для нагнетания располагают, по существу, посередине между первичными отверстиями для нагнетания. Каждое отверстие для нагнетания пробуривают на заданной глубине, определяемой предполагаемой глубиной шахтного ствола. Кроме того, каждое отверстие для нагнетания пробуривают с учетом введения пакера, чтобы иметь возможность нагнетания раствора под давлением на различных этапах применения. Для этого можно использовать любой подходящий пакер. Например, может подойти одинарный надувной пакер с открытым концом или двойной волоконный пакер.

До выбора компонентов и введения герметизирующей композиции в канал каждое отверстие для нагнетания испытывают при заполнении водой для определения ряда базисных значений проницаемости Люжона и для получения представления относительно полной ширины апертуры проницаемых структур в подземной формации. Точно так же пробы воды отбирают из отверстий для нагнетания и анализируют для получения тестовых параметров, таких как значение pH, соленость, содержание минеральных веществ и температура.

После выполнения испытания при заполнении водой отверстия для нагнетания и проницаемые структуры, пересекаемые ими, можно промыть жидкостью, выбираемой с учетом измеренных химических свойств подземной воды, описанных выше, чтобы вытеснить подземные воды. В зависимости от условий на месте обработки, в частности от значения pH воды, может быть желательной промывка слабощелочным раствором. В процессе промывки выгодно повышается проницаемость подземной формации вследствие изменения химических условий до соответствия герметизирующей композиции, и эти хими-

ческие условия содействуют образованию надлежащей завесы из затвердевшей герметизирующей композиции. По желанию и с учетом измеренных параметров места обработки стабилизирующую добавку, являющуюся поверхностно-активной смесью поверхностно-активных веществ, такой как детергент, вводят в материнскую породу через отверстия для нагнетания, чтобы повысить проникающую способность герметизирующей композиции за счет действия стабилизирующей добавки, по существу, в качестве смазки в канале.

Выбор видов и концентраций герметизирующей композиции выполняют с учетом измеренных параметров места обработки и протекающей воды по существу так, как описано выше относительно предшествующих примеров. Как описывалось выше, после начала нагнетания герметизирующей композиции в канал необходимо выполнять внимательное и непрерывное наблюдение с мониторингом, например, изменений значений проницаемости Люжона, и, как, по существу, описано выше, последующее изменение времени затвердевания композиции путем видоизменения добавок. Время реагирования до регулирования состава герметизирующей композиции может быть значительным в таком применении, как описываемое, поскольку глубина отверстий для нагнетания и уплотняемых каналов может быть очень большой. Кроме того, важно, чтобы изменения состава были постепенными для исключения вынужденных замедлений продвижения (преждевременного затвердевания герметизирующей композиции до достижения достаточного распространения) и потери доступа к предыдущей целевой зоне.

Кроме того, желательно изменять давление, под которым компоненты композиции вводят в канал, с учетом измеренных параметров, относящихся к месту обработки. В данном случае механика, например механика материнской породы, будет в значительной мере определять давление, подходящее для адекватного проникновения герметизирующей композиции в материнскую породу без возникновения повреждения, такого как гидравлический разрыв.

С учетом измеренных параметров места обработки и протекающей воды, измеряемых заранее, во время и/или после любой обработки места для предотвращения или минимизации притока воды, по существу, как описано выше, может быть желательной или более удобной обработка места путем введения всего лишь одной композиции в обрабатываемый канал. В таком случае все же требуется иметь возможность изменения или регулирования времени затвердевания композиции, особенно в качестве реакции на измеренные параметры или переменные места обработки или на месте обработки. При таких обстоятельствах альтернативный вариант осуществления настоящего изобретения может быть более пригодным или удобным.

В этом варианте осуществления герметизирующая композиция состоит, по меньшей мере, из тампонажного компонента и отвердителя. Большую часть тампонажного компонента смешивают с меньшей частью отвердителя до введения комбинации в канал, требующий запечатывания. То есть смесь тампонажного компонента и отвердителя вводят в канал, где она затвердевает или коагулирует с образованием уплотнения. Предпочтительно и удобно регулировать или изменять скорость затвердевания или общее время, необходимое для затвердевания или коагуляции комбинации в канале, путем изменения пропорции тампонажного компонента, смешиваемого с отвердителем.

Тампонажный компонент может быть на основе латекса, таким как эмульсия, коллоид или водная дисперсия латекса, или может быть тампонажным составом на основе полимера. В любом случае тампонажный компонент является по существу водным, прежде всего обеспечивающим легкое смешение с отвердителем и, кроме того, способствующим перемещению в жидкости смеси тампонажного раствора и отвердителя в и через обрабатываемый канал.

Отвердитель выбирают с учетом параметров места обработки и конкретного состава тампонажного компонента. Отвердитель представляет собой состав или химикат, который способен таким образом взаимодействовать или реагировать с тампонажным раствором с затвердеванием или коагуляцией тампонажного компонента в канале, что затвердевание или коагуляция задерживается в начальной стадии. Это позволяет объединенную жидкую смесь тампонажного раствора и отвердителя, подлежащую закачиванию, нагнетать или иным способом вводить в канал (так, как уже было описано выше) с достижением достаточного проникновения в материнскую породу или канал для ограничения притока жидкости. То есть смесь тампонажного раствора и отвердителя должна оставаться в жидкой форме достаточно долго для достижения этих областей материнской породы или канала. Точный период времени, в течение которого смесь должна оставаться жидкой, зависит от измеряемых параметров места обработки, таких как рассмотренные выше. Кроме того, степень проникновения герметизирующей композиции в материнскую породу или канал является определяющим фактором при принятии решения относительно того, сколько долго смесь должна оставаться в жидком состоянии, а он, в свою очередь, может быть решающим фактором при выборе отвердителя для любого конкретного применения. В идеальном случае отверждение или затвердевание должно сначала задерживаться, а затем после заранее заданного периода времени должно происходить относительно быстрое затвердевание герметизирующей композиции в канале.

В частности, если тампонажный компонент представляет собой состав на основе латекса, отвердитель желательно выбирать из агентов, которые постепенно снижают значение pH жидкости в течение некоторого периода времени до значения pH, при котором завершается затвердевание или коагуляция тампонажного компонента. В случае состава на основе латекса значение pH обычно составляет около 3.

Значение pH снижается постепенно путем образования на месте кислоты из смеси тампонажного раствора и отвердителя.

Один такой способ снижения значения pH в течение некоторого времени заключается в использовании окисляющего агента в качестве отвердителя. Окисляющий агент можно использовать для образования на месте работы кислот в водном тампонажном компоненте. Не создающими ограничения примерами подходящего окисляющего агента, предназначенного для использования в качестве отвердителя, являются перманганат и триоксид хрома.

Этот вариант осуществления настоящего изобретения будет дополнительно описан с обращением к нижеследующим, не создающим ограничения примерам.

Пример 1. Перманганат калия и этанол в качестве отвердителя. В этом примере равномассовый раствор перманганата калия (40 г/л) и этанола (комбинация действует как отвердитель) объединяли с умеренно соленой водой (полученной с характеристиками воды, присутствующей во многих геологических формациях, требующих обработки для предотвращения притока воды). Эту комбинированную жидкость добавляли к 60%-ному тампонажному составу на основе латекса (продаваемому под фирменным наименованием NON2O). Отношение количества отвердителя к количеству тампонажного компонента изменяли, чтобы изменять скорость коагуляции/затвердевания герметизирующей композиции. Результаты показаны в табл. 1.

Таблица 1. Затвердевание/коагуляция тампонажного состава на основе латекса с отвердителем (раствором перманганата калия и этанола)

Вес.% отвердителя			Время от смешивания до получения твердой массы
Соленая вода	Раствор KMnO_4	Этанол	
96	2,0	2,0	Более твердая после 20 мин; наиболее твердая после 16 ч
92	4,0	4,0	Более твердая после 20 мин; наиболее твердая после 16 ч
92	8,0	Нет	Частично твердая после 30 мин; пластичная твердая после 10 суток
92 (несоленая вода)	8,0	Нет	Вязко-жидкая после 10 суток

Комбинацию раствора перманганата калия и этанола в качестве отвердителя можно использовать для отверждения или коагуляции тампонажного компонента при реагировании с тампонажным компонентом и для снижения значения pH дисперсии тампонажного компонента. Пластичный твердый коагулят получали в результате добавления отвердителя к тампонажному компоненту приблизительно через 30 мин после смешивания.

Пример 2. Перманганат калия и спирт в качестве отвердителя при использовании 60%-ного тампонажного состава на основе латекса.

Комбинацию перманганата калия и спирта использовали для коагуляции или отверждения 60%-ного тампонажного компонента на основе латекса (продаваемого под фирменным наименованием NON2O). Скорость коагуляции изменяли использованием другого спирта, а не этанола, в сочетании с раствором перманганата. Например, было сделано предположение, что добавлением спирта с более чем одной гидроксильной группой (ОН) вместо этанола можно изменить время задержки коагуляции или повышать прочность тампонажного компонента после затвердевания. Чтобы проверить это, несколько различных жидких полиолов объединяли с раствором перманганата и затем добавляли к 60%-ному тампонажному компоненту на основе латекса и перемешивали. Результаты этой проверки показаны в табл. 2. Наилучшая полная коагуляция в исследованных пропорциях достигалась при использовании этиленгликоля в сочетании с раствором перманганата.

Таблица 2. Коагуляция 60%-ного тампонажного компонента на основе латекса с раствором перманганата калия и различными спиртами

60%-ный тампонажный компонент	Компоненты отвердителя		Время после смешения до достижения твердой массы (минуты)
Вес.% в смеси	Вес.% раствора КМnO ₄	Вид спирта (2,0 вес.% смеси)	
92,0	6,0	Этанол	30 (мягкая)
92,0	6,0	Полиэтиленгликоль	60 (мягкая)
92,0	6,0	Этиленгликоль	60 (пастообразная)
92,0	6,0	Поливинилацетат	5 (мягкая)
92,0	6,0	50%-ный этанол/этиленгликоль	30 (мягкая); более твердая после 10 суток
92,0	6,0	50%-ная смесь этанола/полиола	5 (мягкая)

Пример 3. Перманганат калия в качестве отвердителя при использовании 60%-ного тампонажного компонента на основе латекса.

Раствор перманганата 40 г/л в качестве отвердителя в пропорции от 1 до 8 вес.% добавляли к 60%-

ному тампонажному компоненту на основе латекса (продаваемому под фирменным наименованием NON2O) и в течение периода времени длительностью до 10 суток выполняли мониторинг хода затвердевания/коагуляции. Результаты, показанные в табл. 3, свидетельствуют о том, что от 4 до 8 вес.% раствора перманганата необходимо для образования пластичного твердого материала при смешивании с 60%-ным тампонажным компонентом.

Таблица 3. Коагуляция 60%-ного тампонажного компонента на основе латекса с раствором перманганата калия в качестве отвердителя

60%-ный тампонажный компонент		Отвердитель	Время после смешения до достижения твердой массы (минуты)	Описание 10 суток после смешения
Масса (г)	Вес.% в смеси	Вес.% раствора KMnO_4		
24,75	99,0	1,0	Нет данных	Слабовязкая жидкость
24,50	98,0	2,0	Нет данных	Вязкая жидкость
24,00	96,0	4,0	2,0	Пластичная твердая – паста
23,00	92,0	8,0	2,0	Пластичная твердая

Окисление органических гидроксильных групп ионом KMnO_4 перманганата катализировали в присутствии кислоты или основания. Дисперсию тампонажного компонента на основе латекса, использованную в этом примере, стабилизировали раствором аммиака, и поэтому концентрация гидроксида была важной для скорости окисления перманганатом. Для замедления скорости коагуляции небольшое количество кислоты можно добавлять в дисперсию тампонажного компонента, чтобы снижать количество свободного гидроксида. Это также можно использовать для регулирования или изменения задержки коагуляции или затвердевания смеси тампонажного компонента и отвердителя. Путем получения больших задержек затвердевания или коагуляции можно повышать способность герметизирующей композиции к проникновению в канал или поры материнской породы и затем затвердеванию в них.

Пример 4. Изменение отношения количества полиолового отвердителя к количеству тампонажного компонента и влияние изменения на время коагуляции/затвердевания.

Была сделана попытка исследовать влияние изменения отношения количества полиолового отвердителя к количеству тампонажного компонента на время затвердевания объединенной смеси тампонажный раствор/отвердитель. При этих исследованиях полиоловый отвердитель добавляли по каплям при перемешивании в некоторое количество тампонажного компонента (продаваемого под фирменным наименованием NON2O). В зависимости от количества добавляемого полиолового отвердителя для полного затвердевания тампонажного компонента требовалось от 7 до 48 ч. Выделение воды зависело от количества добавляемого отвердителя. При большем объеме добавляемого отвердителя выделялось большее количество воды. Результаты этих исследований при использовании различных отношений количества отвердителя к количеству тампонажного компонента показаны в табл. 4.

Таблица 4. Время затвердевания и свободная жидкость тампонажного компонента при изменении пропорции полиолового отвердителя

Полиоловый отвердитель (%)	Масса тампонажного компонента (г)	Масса полиолового отвердителя	Время затвердевания	Свободная жидкость (мл)
1	49,5	0,5	>4 недель	-
2	49	1,0	>4 недель	-
3	48,5	1,5	24-72 ч	0
5	47,5	2,5	11-12 ч	4,7
8	46	4,0	~11 ч	11,8
10	45	5,0	~5 ч	12,5
14	43	7,0	~2 ч	10,5

Смешивание тампонажного компонента с переменными объемами (пропорциями) полиолового отвердителя приводило к спонтанному образованию небольшого количества мелких коагулятов или твердых частиц в смеси. На начальном этапе смешивания основная часть тампонажного раствора оставалась жидкостью.

Пример 5. Проникновение смеси тампонажного компонента и полиолового отвердителя в песок с зернами различных размеров.

Испытания на проникновение выполняли в трубах, каждую из которых заполняли песком особого вида с разными распределениями частиц по размерам. Тампонажный компонент (продаваемый под фирменным наименованием NON2O) смешивали с 4% полиолового отвердителя и вводили в трубы, содержавшие песок с зернами различных размеров. Объединенную смесь тампонажного раствора/отвердителя вводили в каждую из труб. Результаты испытаний на проникновение смеси тампонажного раствора/отвердителя, выполненных в небольших трубах, показаны в табл. 5.

Таблица 5. Испытания на проникновение тампонажного компонента с полиоловым отвердителем в небольших трубах

Максимальный	Высота песка (см)	Высота без заполнения	Максимальная
размер песка (мм)		материалом (высота столба) (см)	глубина проникновения (см)
<0,4	9,2	8,5	1,5
0,4-0,63	10,0	8,0	10
0,63-1,0	8,0	8,0	8,0
1,0-1,63	9,5	8,5	9,5
Песок из Балтийского моря	9,2	8,5	6,0

Видно, что только в очень мелкие частицы (<0,4 мм) песка и морской песок проникновение не было полным. Во всех других случаях поровое пространство между зернами песка заполнялось объединенной смесью тампонажного раствора/отвердителя и запечатывалось.

При использовании этого альтернативного варианта осуществления настоящего изобретения, например для предотвращения или ограничения притока воды в геологическую формацию, герметизирующую композицию, содержащую, по меньшей мере, тампонажный компонент и отвердитель, можно предварительно смешивать непосредственно перед тем, как возникает необходимость использования герметизирующей композиции. Поскольку время задержки затвердевания или коагуляции можно регулировать в пределах конкретного периода времени путем соответствующего изменения отношения количества тампонажного компонента к количеству отвердителя, тампонажный компонент можно смешивать с отвердителем в надлежащем количестве перед транспортировкой на место, требующее обработки герметизирующей композицией. Время затвердевания можно надлежащим образом задерживать с учетом времени, необходимого для транспортировки на место обработки, с учетом времени, необходимого для введения герметизирующей композиции в канал или материнскую породу, и времени, необходимого для адекватного проникновения герметизирующей композиции в материнскую породу или канал.

После доставки смеси тампонажного компонента/отвердителя на место обработки можно вводить ее в материнскую породу или канал подходящим способом, таким как нагнетание или закачивание в предварительно пробуренные отверстия по существу так, как описано выше. При управлении задержкой затвердевания герметизирующей композиции путем изменения отношения количества тампонажного компонента к количеству отвердителя во время смешивания обеспечивается достаточное проникновение вводимой герметизирующей композиции в материнскую породу или канал для ограничения при необходимости притока жидкости.

Как должно быть понятно специалистам в соответствующей области техники, модификации и варианты полагаются находящимися в объеме этого изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ предотвращения гидроразрыва материнской породы при ограничении или уменьшении притока жидкости или газа в канал в материнской породе путем запечатывания указанного канала, включающий этапы, на которых

измеряют и анализируют один или более параметров, относящихся к указанной материнской породе, включающих механику материнской породы и гидравлические параметры,

выбирают множество компонентов многокомпонентной герметизирующей композиции, а также концентрацию каждого компонента из указанного множества компонентов в указанной многокомпонентной герметизирующей композиции с учетом указанных измеренных параметров,

вводят указанные выбранные компоненты указанной герметизирующей композиции в указанный канал, где она затвердевает или коагулирует с образованием уплотнения,

причем время затвердевания или коагуляции указанной герметизирующей композиции изменяют или регулируют путем указанного выбора указанного множества компонентов и концентрации каждого компонента из указанного множества компонентов,

при этом давление нагнетания в процессе нагнетания каждого из указанного множества компонентов многокомпонентной герметизирующей композиции регулируют с учетом указанных измеренных гидравлических параметров и механики материнской породы для предотвращения гидроразрыва.

2. Способ по п.1, в котором указанное давление нагнетания не превышало в 1,25-2,5 раза гидростатический напор материнской породы.

3. Способ по п.1 или 2, в котором время затвердевания или коагуляции указанной композиции изменяют или регулируют в ответ на упомянутые параметры, характерные для обрабатываемого места, присущие материнской породе, следующим образом:

если кажущееся значение Люжона не снижается с течением времени, то время отверждения или коагуляции композиции снижают, а

если кажущееся значение Люжона снижается с течением времени, то композицию вводят в канал без изменения времени затвердевания или коагуляции.

4. Способ по любому из пп.1-3, в котором измеренные параметры включают в себя измерение одной или более характеристик жидкости, присутствующей в канале.

5. Способ по п.4, в котором характеристики жидкости выбирают из одного или более из группы, состоящей из значения pH, температуры, содержания минеральных веществ и содержания соли.

6. Способ по любому одному из пп.1-5, в котором герметизирующую композицию вводят в канал на первичном этапе нагнетания и последующем вторичном этапе нагнетания.

7. Способ по п.6, в котором на первичном этапе нагнетания вводят герметизирующую композицию в канал с потоком жидкости или газа в канале.

8. Способ по п.6 или 7, в котором на вторичном этапе нагнетания вводят герметизирующую композицию в канал против потока жидкости или газа.

9. Способ по любому одному из пп.1-8, в котором компоненты герметизирующей композиции вводят в канал, и они реагируют друг с другом на месте в канале.

10. Способ по п.9, в котором компоненты герметизирующей композиции вводят в канал через отдельные отверстия для нагнетания.

11. Способ по п.10, в котором указанное давление нагнетания определяют, дополнительно учитывая глубину указанных отверстий для нагнетания.

12. Способ по любому одному из предшествующих пунктов, в котором герметизирующая композиция включает в себя латексный компонент и по меньшей мере одну дополнительную добавку, выбираемую с учетом указанных измеренных параметров.

13. Способ по п.12, в котором латексный компонент получают из источника натурального латекса.

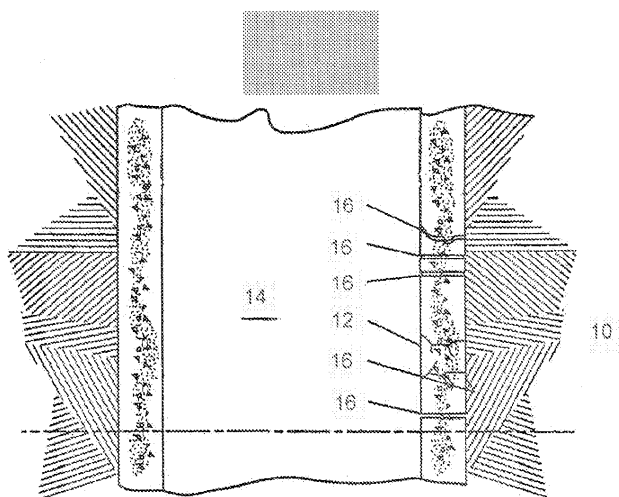
14. Способ по п.13, в котором по меньшей мере одну дополнительную добавку выбирают с учетом измеренных изменений натурального латекса, при этом указанные измеренные изменения вызываются, по меньшей мере частично, сезонными изменениями.

15. Способ по любому одному из предшествующих пунктов, в котором компоненты герметизирующей композиции закачивают в канал.

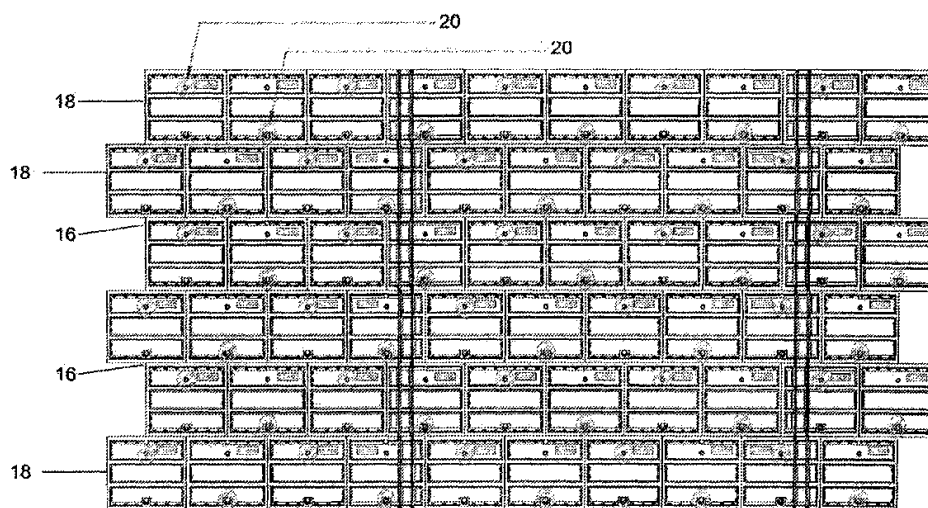
16. Способ по п.15, в котором давление закачивания изменяют в ответ на изменения измеренных параметров, относящихся к указанной материнской породе.

17. Способ по любому одному из предшествующих пунктов, в котором коагуляцию или затвердевание сначала задерживают, при этом за указанной начальной задержкой коагуляции или затвердевания следует относительно быстрая коагуляция или затвердевание герметизирующей композиции на месте в материнской породе или обрабатываемом канале.

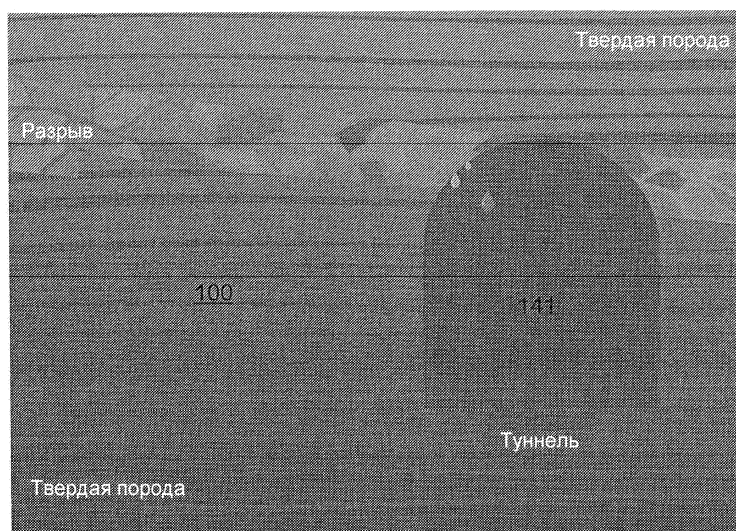
18. Способ по п.17, в котором коагуляцию вызывают компонентом или отвердителем, выбранным из агентов, которые способны снижать значение pH.



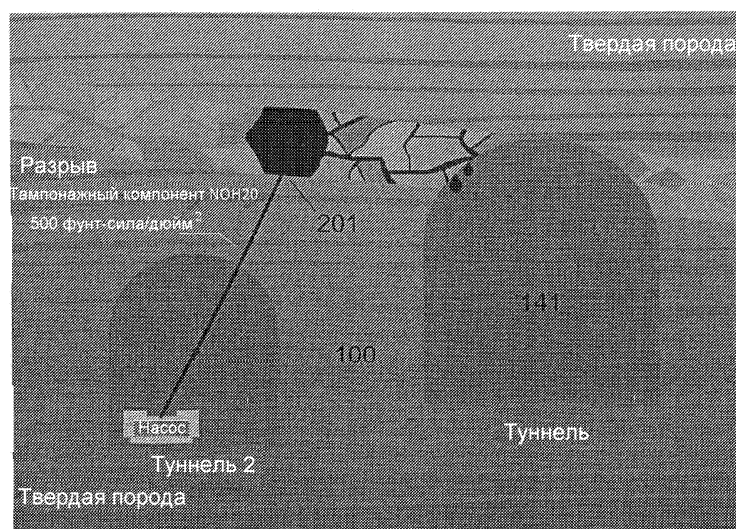
Фиг. 1



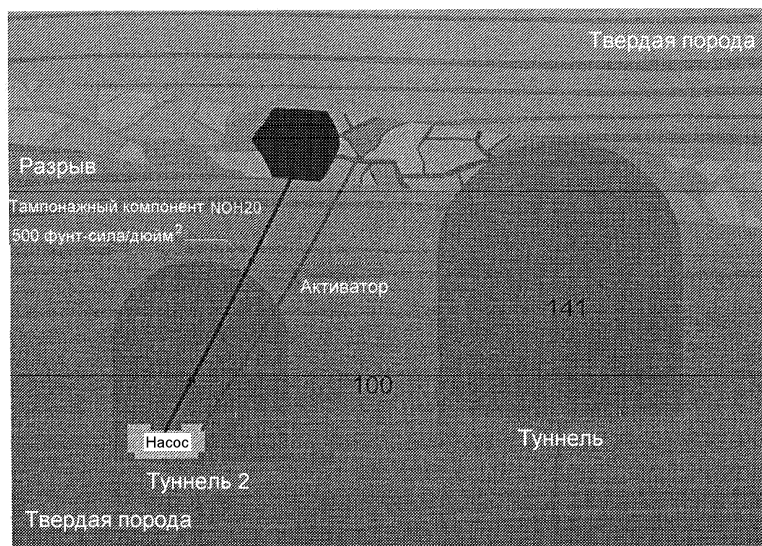
Фиг. 2



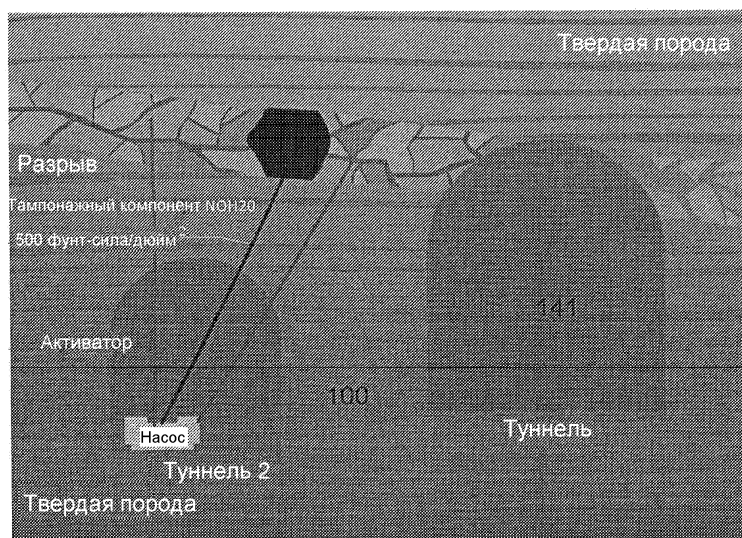
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

