

Настоящее изобретение относится к способам повышения скорости добычи метана из подземного каменноугольного отложения посредством химического стимулирования отложения водным раствором окислителя для повышения скорости отбора метана из упомянутого отложения.

Краткое описание известного уровня техники

В подземных каменноугольных отложениях находятся значительные количества газообразного метана. С целью более эффективного извлечения метана из угольных отложений прибегают к целому ряду процессов.

Простейшим из них является процесс снижения давления, когда в угольном отложении с поверхности бурится скважина, и метан извлекается из нее посредством снижения давления, благодаря чему метан десорбируется из угольного отложения и перемещается в скважину и на поверхность. Этот способ неэффективен, поскольку угольные отложения, как правило, почти лишены пор, и метан, как правило, находится не в порах угольного отложения, а абсорбирован углем. Отбор метана из угольного отложения подобным способом возможен, однако, этот процесс протекает сравнительно медленно.

Естественная проницаемость некоторых угольных отложений достаточно высока для того, чтобы обеспечить возможность удаления воды *in situ* и, тем самым, повысить извлечение метана. В некоторых отложениях системы трещин, развившиеся в процессе диагенеза угольного пласта, обеспечивают каналы, по которым вода и метан перемещаются в добывающие скважины для последующего отбора. При удалении воды либо "обезвоживании" угольных отложений вода удаляется из каналов, благодаря чему метан с большей скоростью перемещается по каналам к добывающей скважине.

Многие угольные отложения лишены экстенсивно развитых систем трещин либо трещиноватость у них полностью не развита. Подобные угольные отложения характеризуются весьма низкой проницаемостью для воды и газа и не обеспечивают достаточно высокого темпа отбора последних. Вследствие этого вода заполняет каналы, и извлечение метана из таких угольных отложений со значительной скоростью становится затруднительным либо невозможным. Подобная низкая проницаемость угольных отложений, содержащих воду, обусловлена полной либо почти полной насыщенностью их водой. Возможно, что угольные отложения с лучше развитой трещиноватостью в геологическом прошлом могли подвергнуться воздействию диффузионной окисляющей жидкости некоего типа, в то время, как угольные отложения с менее развитой трещиноватостью не имеют признаков воздействия окисляющей жидкости в геологическом прошлом.

Термины "абсорбированный" либо "адсорбированный" в данном описании используются

взаимозаменяемо и относятся к метану либо иным легким углеводородам, которые находятся либо на поверхности углеродистых, либо иных материалов.

Соответственно предпринимаются постоянные усилия, направленные на развитие способов повторения влияния условий в угольных отложениях с лучше развитой трещиноватостью в геологическом прошлом и повышение скорости отбора метана из таких отложений.

В нашей заявке GB-A-2309719 мы описываем способ повышения скорости отбора метана из подземного угольного отложения, который включает нагнетание водного раствора окислителя в отложение и выдерживание упомянутого раствора в упомянутом пласте в течение периода времени, достаточного для стимулирования образования трещин в упомянутом отложении. В частности, в качестве подходящих окислителей упомянуты пероксид водорода, озон и кислород. В последующих экспериментах с использованием в качестве окислителей солей металлов и некоторых галогенсодержащих соединений, однако, мы обнаружили, что упомянутая обработка иногда вызывает неожиданные и нежелательные побочные эффекты, например, вторичные реакции с компонентами отложения, следствием чего является закупорка трещин и, следовательно, менее чем оптимальное повышение добычи метана. Более того, невозможно предсказать, какая из солей металлов либо какое из галогенсодержащих соединений окажутся связанными с этими нежелательными побочными эффектами. Однако в результате дополнительного экстенсивного экспериментирования, мы обнаружили, что упомянутые побочные эффекты можно свести до минимального уровня либо избежать их, если в качестве окислителя выбирается, как минимум, один из членов группы, в состав которой входит диоксид хлора и водорастворимые соли металлов: перхлорат, хлорат, персульфат, перборат, перкарбонат, перманганат и нитрат.

В соответствии с настоящим изобретением, предоставляется способ повышения скорости добычи метана из подземного угольного отложения, в котором пробурена, как минимум, одна нагнетательная скважина, посредством нагнетания водного раствора окислителя в упомянутое отложение, выдерживания упомянутого водного раствора окислителя в упомянутом пласте в течение периода времени, достаточного для стимулирования образования трещин в упомянутом отложении и добычи метана из упомянутого отложения с повышенной скоростью, отличающийся тем, что в состав упомянутого раствора окислителя входит, как минимум, один окислитель, выбираемый из группы, в состав которой входит диоксид хлора, водорастворимые соли металлов: перхлорат, перборат, хлорат, персульфат, перкарбонат, перманганат и нитрат, а также их сочетания.

В соответствии с одним из вариантов осуществления настоящего изобретения скорость отбора метана из подземного угольного отложения, в котором пробурена, как минимум, одна нагнетательная скважина и, как минимум, одна добывающая скважина, повышается

а) нагнетанием водного раствора окислителя в упомянутое отложение через упомянутую нагнетательную скважину; и

б) отбором метана из упомянутого угольного отложения через упомянутую добывающую скважину с повышенной скоростью.

Далее последует подробное описание настоящего изобретения, предоставляющего эффективный способ повышения добычи метана из угольных отложений, со ссылкой на предпочтительные варианты его осуществления и с помощью прилагаемых фигур, на которых

фиг. 1 - схематическое изображение скважины в подземном каменноугольном отложении с поверхности;

фиг. 2 - схематическое изображение скважины в подземном каменноугольном отложении с поверхности, где в угольном отложении были образованы трещины;

фиг. 3 - схематическое изображение нагнетательной скважины и добывающей скважины, пробуренных в подземном каменноугольном отложении с поверхности;

фиг. 4 - схематическое изображение нагнетательной скважины и добывающей скважины, пробуренных в подземном каменноугольном отложении с поверхности, где в угольном отложении были образованы трещины со стороны нагнетательной скважины; и

фиг. 5 - схема размещения по площади 4 добывающих и 1 нагнетательной скважин.

Описание предпочтительных вариантов осуществления изобретения

При обсуждении фигур одни и те же цифровые позиции будут использоваться для обозначения одинаковых либо сходных компонентов.

На фиг. 1 показано угольное отложение 10, в котором с поверхности пробурена скважина 14. В стволе скважины 14 в соответствующем положении с помощью цемента 18 установлены обсадные трубы 16. Несмотря на то, что ствол скважины 14 обсажен, следует понимать, что в предпочтительных вариантах осуществления, показанных на фигурах, скважины могут быть необсаженными либо частично обсаженными. В альтернативном варианте обсадные трубы 16 могут заходить в либо проходить через угольное отложение 10. На участке обсадных труб 16, находящемся в угольном пласте, предусматриваются отверстия, обеспечивающие поступление жидкости из обсадных труб 16 к угольному отложению. В стволе скважины 14, проходящей в угольное отложение 10, находятся подъемные трубы 20 и пакер 22. Пакер 22 расположен таким образом, что предотвращает перетекание

жидкости между наружным диаметром подъемных труб 20 и внутренним диаметром обсадных труб 16. В стволе скважины 14, кроме того, расположено оборудование 24, приспособленное для нагнетания потока газа либо жидкости в угольное отложение 10, либо для извлечения потока газа либо жидкости из угольного отложения 10.

При практическом осуществлении настоящего изобретения водный раствор окислителя нагнетается, как показано стрелкой 26, через подъемные трубы 20 в угольное отложение 10, как показано стрелками 28. Обработанные зоны показаны окружностями 30. Водный раствор окислителя нагнетают в угольное отложение 10 в течение определенного периода времени и в количестве, которое считается достаточным для усиления либо интенсификации образования проводящей непрерывной системы трещин в угольном отложении 10. Через определенный период времени либо после завершения нагнетания определенного количества водного раствора окислителя, скважина может быть закрыта на период времени, который может достигать либо превышать 24 ч. Скважину обычно закрывают до тех пор, пока давление в стволе не вернется к уровню давления в отложении, плюс 12 дополнительных ч. В альтернативном варианте время нагнетания водного раствора окислителя может оказаться достаточным для нахождения окислителя в угольном отложении. Время закрытия обеспечивает возможность перемещения окислителя в угольное отложение 10 для окисления компонентов угольного отложения 10 с целью усиления развития системы трещин и повышения газопроницаемости угольного отложения 10. После периода закрытия вода, метан либо то и другое могут извлекаться из угольного отложения 10 для обезвоживания последнего в зонах 30 и отбора метана. Термин "обезвоживание" не означает полное удаление воды из угольного отложения 10, а скорее удаление достаточного количества воды из угольного отложения 10 для открытия каналов в системе трещин в угольном отложении 10, благодаря чему метан может отбираться по каналам из угольного отложения 10.

Водный раствор окислителя включает, как минимум, один из окислителей, выбираемый из группы, в состав которой входит диоксид хлора и водорастворимые соли металлов: перхлорат, хлорат, персульфат, перборат, перкарбонат, перманганат, нитрат и их сочетания. Предпочтение отдается водорастворимым солям металлов: перхлорату, персульфату, перборату, хлорату, перкарбонату, перманганату, нитрату и их сочетаниям; из их числа особое предпочтение отдается натриевым и калиевым солям: перхлорату, хлорату, персульфату, перборату, перкарбонату, перманганату, нитрату и их сочетаниям. В типичном случае упомянутый окислитель используется в концентрациях, достигающих

предела растворения упомянутого окислителя в водном растворе окислителя.

К числу предпочтительных солей металлов относятся натриевая и калиевая соли. Подобные окислители использовались в качестве агентов для разложения геля в жидкости, облегчающей трещинообразование в отложении, включающем углеводород, и являются коммерчески доступными.

В варианте осуществления, изображенном на фиг. 1, одна скважина используется для нагнетания водного раствора окислителя для химического усиления либо интенсификации образования системы трещин в зонах 30, следствием чего является выпуск пластовой воды и повышение скорости отбора метана из угольного отложения 10. Термин "повышение", используемый в настоящем описании, означает изменение относительного необработанного угольного отложения.

На фиг. 2 показан подобный же вариант осуществления, за исключением того, что в угольном отложении 10 образованы трещины 32. Скважина работает, по существу, точно так же, как показано на фиг. 1, за исключением того, что в угольном отложении 10 трещины были образованы предварительно либо они образуются текучей средой, в состав которой в течение, как минимум, части операции образования трещин, может входить водный раствор окислителя. В случае, если угольное отложение 10 является достаточно непроницаемым, в качестве начального метода интенсификации образования трещин, предшествующего применению водного раствора окислителя для промывки трещин после их образования, может быть использован, например, обычный метод образования трещин. Промывка трещин водным раствором окислителя после их образования повышает проницаемость на участках, соприкасающихся с трещинами. В подобных случаях скважина может закрываться, как обсуждалось ранее, и окислители выбираются из числа обсуждавшихся ранее. Трещины, как правило, образуются в угольном отложении 10 до нагнетания водного раствора окислителя. Водный раствор окислителя, в случае необходимости, может включать жидкость для гидравлического разрыва отложения. Кроме того, водный раствор окислителя может также, в случае необходимости, нагнетаться в угольное отложение выше или ниже градиента (давления) разрыва пласта.

На фиг. 3 показана нагнетательная скважина 34 и добывающая скважина 36, пробуренные в угольном отложении 10 с поверхности 12. Нагнетательная скважина 34 находится от добывающей скважины 36 на расстоянии, величина которого зависит от характеристик конкретного угольного отложения и тому подобного. В соответствии с настоящим изобретением вышеописанный водный раствор окислителя нагнетается в угольное отложение 10 через нагнета-

тельную скважину 34, как показано стрелкой 26 и стрелками 28, для обработки зон 30, которые могут отходить от нагнетательной скважины 34, как правило, по окружности, однако, в предпочтительном варианте, как правило, простираются в сторону ближайшей добывающей скважины либо добывающих скважин. Добывающая скважина 36 расположена таким образом, чтобы с ее помощью из угольного отложения 10 производился отбор воды и метана. Вследствие отбора воды и метана через добывающую скважину 36, водный раствор окислителя перемещается в сторону добывающей скважины 36. Нагнетание водного раствора окислителя желательно продолжать до увеличения объема воды в добывающей скважине 36 либо до достижения необходимого увеличения проницаемости, либо повышения объема извлекаемых жидкостей. Увеличение проницаемости либо повышение объема жидкостей, извлекаемых из добывающей скважины 36, свидетельствует об образовании либо усилении образования трещин в угольном отложении 10, следствием чего является повышение проницаемости, благодаря чему дополнительные количества жидкостей выделяются из угольного отложения 10 для извлечения, как показано стрелками 38, через добывающую скважину 36 и трубопровод 40. Стрелки 38 показаны направленными в сторону добывающей скважины 36 с обеих сторон с учетом того, что извлечение жидкостей будет продолжаться с более низкой скоростью из необработанных участков угольного отложения 10.

Вариант осуществления, представленный на фиг. 4, подобен изображенному на фиг. 3, за исключением того, что в угольном отложении 10 были образованы трещины 32. Трещины 32 в варианте осуществления, представленном на фиг. 2, могут иметь, по существу, любую протяженность. В противоположность этому, в варианте осуществления, представленном на фиг. 4, длина трещин 32 в желательном варианте составляет не более половины расстояния до добывающей скважины 36. Понятно, что в случае, если трещины 32 проходят полностью до добывающей скважины 36, будет трудно использовать жидкостное либо газовое проталкивание любого вида между нагнетательной скважиной 34 и добывающей скважиной 36. Желательно, чтобы длина трещин была не более половины расстояния между нагнетательной скважиной 34 и добывающей скважиной 36. Водный раствор окислителя в трещинах 32 используется как обсуждалось ранее.

На фиг. 5 представлена схема размещения по площади 4 добывающих и 1 нагнетательной скважин. Схемы размещения многочисленных скважин, например схема размещения 5 скважин, пригодны для практического осуществления настоящего изобретения и они могут использоваться посредством воспроизведения на большой площади. Подобные схемы хорошо

известны специалистам в данной области техники и будут подвергнуты лишь краткому обсуждению. На схеме, представленной на фиг. 5, водный раствор окислителя нагнетается через нагнетательную скважину 34 для обработки зон 30 для усиления извлечения воды и метана из добывающей скважины 36. При достижении необходимого уровня образования трещин либо повышения проницаемости, о чем свидетельствует повышение скорости отбора жидкостей из добывающих скважин 36, нагнетание водного раствора окислителя прекращается, а нагнетательная скважина 34 может быть превращена в добывающую скважину. Отбор на данном участке после этого может производиться через первоначальные добывающие скважины и превращенную нагнетательную скважину. Участки усиленного образования трещин повысят скорость отбора метана и, в конечном счете, его извлечение.

Способ, соответствующий настоящему изобретению, пригоден также в качестве этапа предварительной обработки при нагнетании газа для усиления извлечения метана из угольного отложения 10. Хорошо известно применение диоксида углерода самостоятельно либо в сочетании с другими газами для повышения отбора метана из угольных отложений. Специалистам в данной области техники точно так же хорошо известно применение инертных газов, например, азота, аргона и тому подобного для извлечения дополнительных количеств метана из угольных отложений посредством повышения давления в отложении и, тем самым, извлечения дополнительного количества метана, поскольку парциальное давление метана в атмосфере угольного пласта снижается. Применение подобных процессов требует проницаемости отложения для потока газа в либо через отложение для того, чтобы метан можно было извлекать. Способ, соответствующий настоящему изобретению, повышает проницаемость угольных отложений и может использоваться перед применением обработки посредством вытеснения газом либо десорбции газа для повышения извлечения метана.

После описания настоящего изобретения со ссылкой на некоторые предпочтительные варианты его осуществления, следует отметить, что обсужденные варианты осуществления являются скорее иллюстративными, а не ограничительными по своей природе, и что в пределах объема настоящего изобретения возможны многочисленные варианты и модификации. Многие подобные варианты и модификации могут быть сочтены очевидными и желательными специалистами в данной области техники после рассмотрения предшествующего описания предпочтительных вариантов осуществления.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ повышения скорости извлечения метана из подземного угольного отложения, в котором пробурена, как минимум, одна скважина, посредством нагнетания водного раствора окислителя в упомянутое отложение, выдерживания водного раствора окислителя в упомянутом отложении в течение определенного времени для интенсификации образования трещин в упомянутом угольном отложении и отбора метана из упомянутого угольного отложения с повышенной скоростью, отличающийся тем, что в состав упомянутого раствора окислителя входит, как минимум, один окислитель, выбираемый из группы, в состав которой входит диоксид хлора, водорастворимые соли металлов: перхлорат, перборат, хлорат, персульфат, перкарбонат, перманганат и нитрат, а также их сочетания.

2. Способ по п.1, где водорастворимыми солями металлов являются соли натрия или калия.

3. Способ по п.2, где в состав водного раствора окислителя входит водный раствор, как минимум, одной соли, выбираемой из числа перхлоратов, персульфатов, перборатов, перкарбонатов, перманганатов и нитратов натрия и калия.

4. Способ по пп.1, 2 или 3, где водный раствор окислителя нагнетается в отложение через первую скважину, упомянутая первая скважина закрывается на определенное время, после чего метан добывается из упомянутой первой скважины с повышенной скоростью.

5. Способ по любому из предшествующих пунктов, где отложение было разорвано трещинами, простирающимися от упомянутой скважины, до нагнетания водного раствора окислителя.

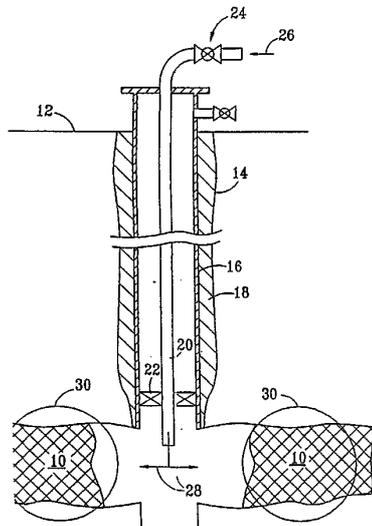
6. Способ по любому из предшествующих пунктов, где водный раствор окислителя включает жидкость для гидравлического разрыва отложения, нагнетаемую при условиях разрыва отложения для осуществления разрыва упомянутого отложения.

7. Способ по любому из предшествующих пунктов, где упомянутый водный раствор окислителя выдерживается в упомянутом отложении в течение, как минимум, 24 ч.

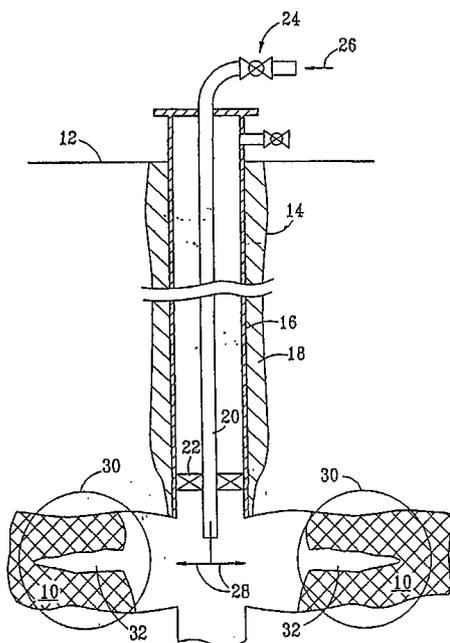
8. Способ по любому из предшествующих пунктов, где упомянутый окислитель присутствует в количестве, достигающем предела растворимости упомянутого окислителя в воде.

9. Способ по любому из предшествующих пунктов повышения добычи метана из подземного угольного отложения, в котором пробурена, как минимум, одна нагнетательная скважина и, как минимум, одна добывающая скважина, причем упомянутый способ включает

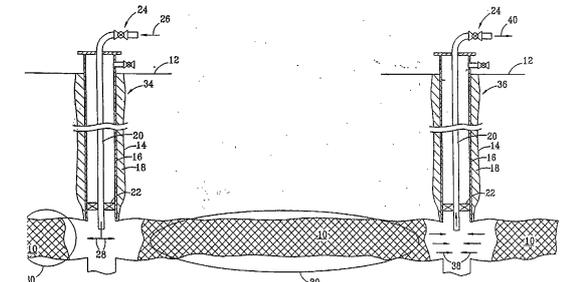
а) нагнетание водного раствора окислителя в упомянутое отложение через упомянутую нагнетательную скважину; и



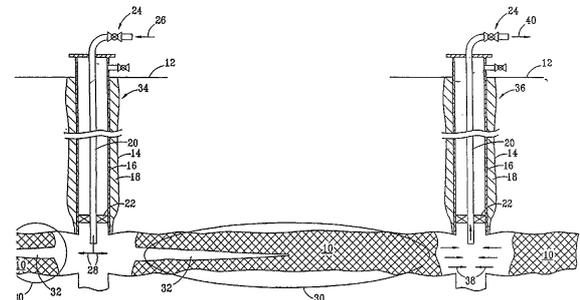
Фиг. 1



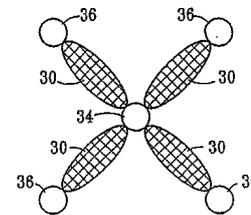
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

б) отбор метана из упомянутого угольного отложения через упомянутую добывающую скважину с повышенной скоростью.

