

Область изобретения

Настоящая заявка относится к способу для мониторинга добычи углеводородов и воды из различных эксплуатационных зон/секций в продуктивных пластах углеводородов и к определению различных явлений, таких, например, как локальные отклонения pH, соленость, композиция углеводородов, температура, давление, микроорганизмы и разница/отношение между водой, поступающей из формации, и/или водой, нагнетаемой из различных зон/секций в скважинах, расположенных в продуктивном пласте углеводородов. Способ делает возможным как кратковременный, так и долговременный мониторинг, и определение упомянутых выше явлений. Также описываются применения настоящего изобретения.

Предпосылки изобретения

Геологическая пористая и проницаемая формация в почве, содержащая углеводороды, называется продуктивным пластом углеводородов. Порода типа продуктивного пласта углеводородов состоит из двух элементов, материнской породы, которая представляет собой фрагменты твердой породы, и объема пор, между фрагментами породы. Объему пор соответствует пористость, ϕ , которая представляет собой отношение объема пор к общему объему, который считается равным 1,0. Например, $\phi=0,3$ означает, что 30% от общего объема представляет собой объем пор, а оставшаяся часть объема (70%) представляет собой матрицу породы.

В продуктивном пласте углеводородов объем пор является, как правило, заполненным водой, нефтью и/или газом. Из-за различий в плотности, углеводороды будут накапливаться в верхней части продуктивного пласта. Вода будет занимать в продуктивном пласте пространство пор под зоной углеводородов. Между зоной углеводородов и зоной воды под ней (водоносный слой), существует переходная зона, где насыщенность углеводородами падает от значения, близкого к 100%, до 0%, которая представляет собой Контакт-Нефть-Вода, OWC.

Во время добычи углеводородов, вода, как правило, замещает углеводороды, и ее уровень в продуктивном пласте OWC будет подниматься. По прошествии определенного периода добычи фракция воды в добываемых флюидах будет увеличиваться. Как правило, фракция воды в общем объеме добываемых флюидов устойчиво повышается. Наконец, доля воды станет слишком высокой, и добыча будет невыгодной. Часто добыча может происходить в различных слоях или зонах формации, прорезаемой скважиной. Индивидуальные зоны могут иметь различную проницаемость и, как правило, ведут себя во время добычи по-разному. Как правило, информация о таком поведении представляет собой преимущество. Сбор и анализ информации из продуктивных пластов во время добычи называ-

ется мониторингом продуктивного пласта. Типичными видами собранных данных являются химические композиции, температура, давление, электрическое удельное сопротивление и насыщенность водой продуктивного пласта вблизи эксплуатационной скважины. Другими типами информации могут быть сейсмические карты продуктивного пласта в целом на различных стадиях добычи углеводородов.

Когда углеводороды получают из пористой и проницаемой геологической формации в почве, в продуктивном пласте поток углеводородов и воды может поступать из различных зон или слоев продуктивного пласта. Для мониторинга и анализа добычи различных флюидов часто является важным получение информации о типах флюидов и количестве различных компонентов, которые протекают через каждую зону.

Известный способ исследования локальных свойств потока в эксплуатационных скважинах для добычи нефти и/или газа представляет собой погружение в скважину инструмента для геофизических исследований. Это описывается, например, в патенте США 4861986, патенте США 5723781 и в патенте США 5881807.

Для обследования локальной добычи обору-дование для геофизических исследований в скважинах, погруженное в скважину, измеряет количество нефти и/или газа, протекающих в скважине, в различных положениях вдоль скважины. При использовании этой методики является возможным вычисление количества нефти, протекающего в любой области скважины. Одним из недостатков этой методики является то, что получение нефти и/или газа должно быть полностью или частично остановлено во время геофизических исследований в скважинах. Это является главным недостатком, с тех пор как появилось желание измерить локальное количество нефти и/или газа, протекающего в скважине, во время геофизических исследований в скважинах. При использовании этой методики часто является трудным различать количество нефти и воды в потоке смеси. Для длинного горизонтального ствола скважины (4-6 км) является очень трудным или почти невозможным использование такой методики, так как специальное проводочное оборудование требуется для введения датчика, предназначенного для геофизических исследований, в горизонтальные скважины. Более того, размещение оборудования для геофизических исследований в скважине уменьшает площадь поперечного сечения эксплуатационной скважины, что приводит к более высокому перепаду давления. Способ также является очень дорогостоящим.

Другая известная методика при исследовании продуктивных пластов представляет собой применение отслеживаемых материалов. Трасеры используются для определения размера и формы продуктивных пластов. Патент США 4420565 и патент США 4264329 описывают

способы для отслеживания потока флюида в подземных продуктивных пластах при использовании материалов трассера. В патенте США 4420565 глубина добычи определяется с помощью нагнетания раствора, содержащего малое количество одного или нескольких водорастворимых соединений-трассеров, в формацию, на заданной глубине от нагнетательной системы, и их извлечения в систему добычи. Затем соединения-трассеры идентифицируются с использованием газовой хроматографии и пламенного ионизационного детектора. Патент США 4264329 использует хелаты металлов, в качестве трассеров, и жидкостную хроматографию и флуоресцентную спектроскопию, для детектирования хелатов металлов в полученном флюиде.

Патент США 3991827 и патент США 4008763 описывают способ для определения утечки твердых частиц в скважину из различных носителей твердых частиц, размещенных вдоль скважины, при использовании частиц трассера. Частицы трассера при высокой концентрации (50-70 мас.%) размещаются во множестве носителей твердых частиц, которые размещаются в скважине для препятствия поступлению твердых продуктов из формации в скважину. Используемые частицы трассера являются уникальными для каждого конкретного носителя, например, это частицы различных цветов. Если любой твердый носитель допускает утечку во время добычи, частицы трассера из этого носителя или носителей будут следовать за извлекаемым флюидом, который анализируется на поверхности с целью определения того, какой именно носитель допускает утечку твердых частиц. При использовании этой методики последующий капитальный ремонт скважины может быть ограничен скорее областями того носителя или тех носителей, где обнаруживаются носители, допускающие утечку, чем применяться ко всей скважине.

Методика, описанная в патенте США 3991827 и в патенте США 4008763, представляет собой способ для быстрого детектирования допускающих утечку носителей. Очень высокие концентрации частиц трассера (50-70 мас.%) используются, когда частицы трассера смешиваются с частицами носителя и помещаются в носителях вокруг скважины. Химической связи между частицами трассера и материалами носителей не существует. Трассеры должны следовать за потоком вне зависимости от типа флюида. Носители, допускающие утечку частиц, должны терять большое количество трассеров за короткое время и по этой причине являются непригодными для долговременного мониторинга. Кроме того, миграция большого количества твердых частиц, таких как песок и мелкодисперсные частицы, может приводить к износу труб, клапанов и другого оборудования. С другой стороны, трассеры будут захватываться но-

сителями, которые не допускают утечки, и, следовательно, информация из этих областей не будет доступна. Способ, как он описывается, является пригодным для использования только для исследования утечек твердых частиц.

Патент США 5892147 описывает процедуру для определения поступления нефти и/или газа из продуктивного пласта в скважину. Различные радиоактивные изотопы используются в качестве трассеров, помещенных в различные зоны вдоль скважины. Радиоактивные изотопы фиксируются либо на внешней стороне транспортного трубопровода, либо вводятся в формацию через крепление скважины с использованием пистолетных устройств для перфорации. На основе количества измеренных трассеров рассчитывается количество нефти и/или газа, протекающего в скважине, в каждой зоне. В обоих случаях, описанных в патенте США 5892147, радиоактивные изотопы извлекаются с помощью флюида, в результате течения флюида, где флюид может быть нефтью, водой или газом. На основе этой методики, следовательно, является сложным установление того, какая зона что производит. Фиксирование радиоактивных изотопов на поверхности транспортного трубопровода ограничивается только теми скважинами, которые имеют транспортный трубопровод, со структурами, необходимыми для этой методики. В другой альтернативе, частицы радиоактивного изотопа вводятся в формацию как нагрузка на заряде взрывчатого материала, который выстреливают через крепление скважины. Трассеры вымываются вместе с первыми порциями флюида, протекающего через проделанные отверстия, так как они по большей части свободно лежат на внутренней поверхности проделанных отверстий без какого-либо химического связывания с формацией. Этот способ, следовательно, дает определенную информацию о начальной фазе добычи в каждой зоне. Кроме того, использование радиоактивных изотопов в качестве трассеров является дорогостоящим и требует специального обращения по причинам, связанным с опасностью для здоровья, окружающей среды, и другими опасностями.

Сущность изобретения

Настоящее изобретение предназначается для разрешения или, по меньшей мере, облегчения проблем предшествующего уровня техники, как описывается выше. Таким образом, в соответствии с настоящим изобретением, предусматривается способ для мониторинга и детектирования, такой как описывается во введении. Способ по настоящему изобретению включает:

разделение областей вокруг скважины в продуктивном пласте на ряд зон/секций, и

нагнетание или размещение специфических трассеров с характеристиками, уникальными для каждой зоны/секции, в формации, в этих областях, таким образом, что трассеры размещаются в виде интегральных деталей обо-

рудования скважины или размещаются и иммобилизуются (делаются неподвижными) в этих областях с помощью нагнетания, поддувания или с помощью других методик, или трассеры иммобилизуются или размещаются на фильтре, креплении или конструкции, окружающей скважину, в каждой зоне/секции, при этом трассеры являются специфическими или вводятся для получения специфической информации из каждой зоны/секции, причем способ отличается тем, что осуществляют

химическую иммобилизацию/интеграцию трассеров внутри формации или на конструкциях/фильтрах вокруг скважины, трассеры (носители трассеров) обладают элементами химического интеллекта и высвобождаются как функция конкретных событий, и

детектирование трассеров после добычи, которое поставляет информацию о различных зонах/секциях.

Здесь и далее по всему описанию изобретения под термином «элементы химического интеллекта», использованным в настоящем изобретении понимается, что существуют определенные связи (связующие), между матрицей (носителем трассеров) и трассерами, которые управляемым образом разрушаются в зависимости от типа скважинного флюида (нефть, газ, вода или их смеси) при его контакте с матрицей.

Предпочтительные варианты осуществления способа согласно настоящему изобретению станут ясны из зависимых пунктов прилагаемой формулы изобретения. Другие изобретательские аспекты настоящего изобретения определяются в пунктах, относящихся к применениям, в прилагаемой формуле изобретения.

Области вокруг скважин в продуктивном пласте разделяются на ряд зон/секций, и специфические трассеры с характеристиками, уникальными для каждой зоны/секции, помещаются в виде деталей, интегрированных в оборудование скважины. Трассеры химически иммобилизуются или интегрируются внутри формации или в/на конструкциях/фильтрах вокруг скважины. Трассеры и/или носители трассеров обладают химическим интеллектом и высвобождаются как функция от конкретных событий. Трассеры детектируются дальше по потоку вдоль линии добычи или на поверхности, с получением информации о различных зонах/секциях в продуктивном пласте.

Одним из многих преимуществ настоящего изобретения является определение локальной и подробной информации об упомянутых выше явлениях, при использовании методики с трассером для флюида с элементами интеллекта вместе с относительно простой системой детектирования данных, которая не требует оборудования в скважине во время добычи. Следовательно, просвет скважины остается неизменным, что приводит к более низкому перепаду давления. Так как погружаемого оборудования в

скважине нет, не существует и какой-либо необходимости в обслуживании оборудования. Способ доставляет как кратковременную, так и долговременную информацию, которая может быть использована, например, для раннего обнаружения, детектирования начальной фазы или долговременного мониторинга, и тому подобное. Способ не использует радиоактивных изотопов, или какого-либо материала, вредного для окружающей среды.

Настоящее изобретение предусматривает методику трассера для флюида, обладающего элементами интеллекта, и надежного при кратковременном и долговременном мониторинге различных продуктивных зон/секций эксплуатационных скважин, предназначенных для добычи нефти и газа, а также для детектирования или раннего обнаружения такого явления, как прорыв воды, локальное отклонение pH, соленость, композиция углеводородов, температура, давление и микроорганизмы. Способ также дает возможность измерения разницы/отношения между водой, продуцируемой в формации, и/или нагнетаемой водой, из различных зон/секций в продуктивном пласте углеводородов. Основным преимуществом настоящего изобретения является то, что оно делает возможным сбор подробной локальной информации из каждой индивидуальной зоны продуктивного пласта и эксплуатационных и/или нагнетательных скважин при использовании методики трассера для флюида, обладающего элементами химического интеллекта. Скважина или скважины в продуктивном пласте разделяются на заданное количество отдельных зон/секций, снабженных соответствующими трассерами, с характеристиками, уникальными для каждой зоны/секции, как иллюстрируется на фиг. 1. Трассеры помещаются в виде интегральных деталей оборудования скважины, химически иммобилизованных или интегрированных в формацию и/или в/на конструкциях или фильтрах вокруг скважины. Трассеры могут также быть помещены в малые носители с элементами химического интеллекта, расположенные вокруг скважины в продуктивном пласте и/или в конструкциях или фильтрах вокруг скважины, фиг. 2-8. Трассеры могут иммобилизоваться или размещаться на фильтрах или креплениях вокруг скважины в каждой зоне/секции. Трассеры и/или носители трассеров обладают элементами химического интеллекта и высвобождаются как функция от конкретных событий. Трассеры детектируются дальше по потоку вдоль эксплуатационной линии или на поверхности/платформе. Собранная информация может использоваться для исследования локальных условий протекания в каждой зоне/секции и для описания поведения продуктивного пласта во время добычи. Такая информация включает, например, скорость добычи, расположение и тип добываемых флюидов, например, сколько нефти, воды или газа добыва-

ется, и из какого места в продуктивном пласте они поступают. Способ может использоваться для исследования динамики поведения продуктивного пласта в окрестностях эксплуатационных и нагнетательных скважин. Способ может использоваться для детектирования таких явлений, как прорыв воды, отклонение pH, соленость, композиция углеводородов, температура, давление и микроорганизмы, в каждой секции/зоне скважины. При использовании трассеров с элементами интеллекта является также возможным различать нагнетаемую при эксплуатации воду и воду, поступающую из формации, для каждой зоны/секции. Методика может также использоваться в качестве системы локального оповещения при нештатных ситуациях или раннего обнаружения, как для количественного, так и для качественного определения возникновения таких явлений, как прорыв воды, отклонения pH, соленость, композиция углеводородов, температура, давление, микроорганизмы.

Настоящее изобретение может, в принципе, использоваться также и для других процессов добычи и транспортных систем для флюидов.

Краткое описание чертежей

Указанные выше и дополнительные преимущества могут быть поняты более полно с помощью ссылок на следующее далее описание и прилагаемые чертежи, из которых

фиг. 1 представляет собой схематическую иллюстрацию горизонтальной части (I) и/или вертикальной части (II) скважины в продуктивном пласте 2, разделенной на определенное количество зон/секций 3, например, A-D, в соответствии с настоящим изобретением, оснащенных специфическими трассерами с характеристиками, уникальными для каждой зоны/секции;

фиг. 2(A) - схематически иллюстрирует ряд трассеров 5, химически иммобилизованных 6-8, например, на стенке поры матрицы породы или полимерной матрицы, поверхности частицы песка, полимерной частицы, неорганической частицы, или любой другой уплотненной или пористой поверхности, или матрицы 9;

фиг. 2(B) - схематически иллюстрирует трассер 5, который высвобождается из формации 9 в результате химического взаимодействия, приводящего к разрушению связи 6 между трассером 5 и связывающей его молекулой 7;

фиг. 3(A) - схематически иллюстрирует один или несколько трассеров 5, которые высвобождаются из формации 9 в результате химического взаимодействия, приводящего к разрушению связи в связывающей молекуле 7 для трассеров 5;

фиг. 3(B) - схематически иллюстрирует один или несколько трассеров 5, которые высвобождаются из формации 9 в результате химического взаимодействия, приводящего к раз-

рушению связи 8 между связывающей молекулой 7 и поверхностью 9;

фиг. 4(A) - схематически иллюстрирует ряд трассеров 5, содержащихся/иммобилизованных в малом носителе 12, например, в геле с элементами химического интеллекта или в полимерном носителе 11. Трассеры 5 химически связаны с материалом носителя 11 с помощью химической связи (или других типов слабых сил) 10. Носитель 12 может иметь любую форму или размер, такую, например, как форму малых капсул, таблеток, полимерных частиц или полимерных матриц;

фиг. 4(B) - схематически иллюстрирует постепенное высвобождение трассеров 5 из носителя 12 в результате химического взаимодействия, приводящего к деградации или разложению материала носителя 11 и к высвобождению трассера 5;

фиг. 5(A) - схематически иллюстрирует ряд трассеров 5 размещенных/иммобилизованных в малом носителе 12, например, в геле с элементами химического интеллекта или в полимерном носителе 11. Носитель 12 может иметь любую форму или размер, такую, например, как форму малых капсул, таблеток, полимерных частиц или полимерных матриц;

фиг. 5(B) - схематически иллюстрирует постепенное высвобождение трассеров 5 из носителя 12 в результате химического взаимодействия, приводящего к разрушению или растворению материала носителя 11;

фиг. 6 и 7 - схематически иллюстрируют различные способы расположения носителей трассеров в различных зонах/секциях вдоль скважины, в продуктивном пласте формации. Трассеры, например, размещаются вдоль скважины в виде определенной структуры или нагнетаются в формацию, например, в виде набухающих пористых или твердых полимерных матриц;

фиг. 8 - схематически иллюстрирует размещение носителей трассеров в различные зоны/секции вдоль скважины, в конструкциях или фильтрах вокруг скважины. Трассеры, например, размещаются вдоль скважины в определенных структурах, нагнетаются в конструкции или фильтры вокруг скважины, смешиваются с материалом содержимого фильтров, или фиксируются на конструкциях или фильтрах вокруг скважины.

Процесс высвобождения для трассеров во всех указанных выше способах может быть таким же, как те, которые иллюстрируются на фиг. 2-5, или представлять собой любые их сочетания.

Фиг. 9 - схематически иллюстрирует способ для выбора желаемых спектров света, предназначенного для детектирования индивидуальных частиц трассера, с различными длинами волн испускаемого света, при использовании оптических фильтров.

(I): Пропускаемые спектры отраженного и испускаемого света от флюида-носителя и частицы трассера, соответственно.

(II), (III), (IV) и (V): Блокировка нежелательных спектров света и прохождение желательных спектров света при использовании соответствующих оптических фильтров.

Подробное описание изобретения

Серии различных прослеживаемых материалов, таких как частицы трассера, биологически кодированные материалы, специально приготовленные химические вещества или флюиды, могут помещаться в различные известные положения, зоны или секции в продуктивном пласте вдоль скважины или вдоль нагнетательных скважин. Является также возможным использование в качестве трассеров специфических по отношению к продуктивному пласту микроорганизмов или редких минералов. Материалы трассера будут химически иммобилизоваться в продуктивном пласте формации вдоль скважины или размещаться в носителях с элементами интеллекта для флюида, с использованием специальных химических соединений, размещенных вдоль скважины. В случаях, когда вокруг скважины существует фильтр или другая конструкция, трассеры могут химически иммобилизоваться или химически связываться внутри конструкции, или на ней, вдоль скважины, в отдельных зонах/областях. Трассеры, например, размещаются вдоль скважины с помощью определенных структур, нагнетаемых в конструкции или фильтры вокруг скважины, смешиваются с материалом содержимого фильтра, или иммобилизуются, или размещаются на фильтре, креплении или конструкции вокруг скважины, в каждой зоне/секции.

Иммобилизация трассеров на этих конструкциях может, например, быть выполнена перед введением фильтра или крепления в скважину. В этом случае возможно использование различных трассеров или сочетаний трассеров, для каждой части фильтра или крепления, разделяющего скважину на различные секции/зоны. Трассеры будут постепенно высвобождаться в результате добычи индивидуальных флюидов в каждой конкретной зоне или выбрасываться/высвобождаться при конкретных событиях, подобных прорыву воды, воздействию ферментов или с помощью других механизмов. Механизм высвобождения трассеров может представлять собой процесс разрушения матрицы, удерживающей трассеры, с помощью слабых сил или путем разрушения связей между трассерами и продуктивным пластом формации, или материалом носителя, фиг. 3. Высвобождаемые трассеры будут следовать за потоком флюидов, добываемых из скважины, и могут детектироваться где-нибудь вдоль эксплуатационной линии дальше по потоку. Так как положения различных трассеров в продуктивном пласте формации являются заранее известными,

поведение и динамика индивидуальных зон добычи (и событие, высвобождающее трассеры) вдоль скважины может быть отслежено путем детектирования типов трассеров, поступающих из различных секций.

Трассеры изготавливают как "с элементами химического интеллекта по отношению к флюиду", так что они должны высвобождаться в ответ на конкретные события, например, они реагируют на поток нефти (активные по отношению к нефти), но не проявляют реакции на поток воды (устойчивые по отношению к воде). В тех же областях может быть размещена другая группа химических соединений, которые высвобождают трассеры в потоке воды (активные по отношению к воде), но не проявляют реакции на поток нефти (устойчивые по отношению к нефти). Это означает, что когда нет добычи воды, или она очень мала, активные по отношению к воде трассеры высвобождаются не будут, и наоборот.

Трассеры, которые высвобождаются в газовой фазе многофазной системы, также можно создать и отслеживать. Химические вещества или материалы с элементами интеллекта, чувствительные к конкретным событиям, таким как прорыв воды, локальные отклонения pH, соленость, композиции углеводородов, температура, давление, микроорганизмы, и тому подобное, которые высвобождают специфические трассеры, также могут быть размещены в тех же областях. Эти трассеры могут быть использованы как система тревожного оповещения (раннее обнаружение) и для локального исследования конкретных явлений через определенное время. Специфические химические вещества могут быть помещены на постоянной основе в формацию, вдоль скважины в продуктивном пласте, являясь уникальными для каждой зоны/секции скважины. Эти соединения могут быть активированы для высвобождения трассеров при использовании конкретных запускающих событий, например, через нагнетательную систему. При использовании этой методики в качестве механизма высвобождения, в сочетании с нагнетанием воды, становится возможным локальное детектирование, например, прорыва воды при нагнетании воды. В такой системе вода из эксплуатируемой формации и/или нагнетаемая вода может детектироваться по высвобождению трассеров, активных по отношению к воде (соединения чувствительные к воде, которые высвобождают трассеры), но разница/отношения между нагнетаемой водой или водой из формации сможет детектироваться при использовании указанных выше трассеров, размещаемых на постоянной основе.

Два или более зависящих от времени процессов высвобождения трассеров (процессы длительного высвобождения и кратковременного высвобождения) могут быть созданы при использовании различных химических со-

единений. В процессе кратковременного высвобождения большие количества специфических трассеров высвобождаются за короткое время, в то время как в процессе длительного высвобождения малые количества другой группы трассеров высвобождаются постепенно за долгое время. Одна или несколько групп трассеров с различными процессами и характеристиками высвобождения могут размещаться в одной и той же области/зоне. Цели этих процессов могут быть различными, например, для цели раннего обнаружения, для цели детектирования начальной фазы, или длительного мониторинга, и тому подобное. Другой тип трассеров может представлять собой тип с очень быстрым высвобождением. В этом случае, относительно малое количество трассера может быть локализовано в скважине для детектирования в будущем некоторого события, которое может, в принципе, произойти в этой зоне (тип флюида, pH, изменения солености, температура, изменения давления, и тому подобное).

Трассеры могут быть, например, флуоресцентными, фосфоресцентными, магнитными частицами или флюидами, соединениями, легко детектируемыми с помощью хроматографических способов, биологически кодируемыми материалами или редкими материалами, которые обычно не встречаются во флюидах, добываемых из рассматриваемого продуктивного пласта. Трассеры, реагирующие на акустические сигналы, также возможно создать. Трассеры могут нагнетаться в продуктивный пласт формации в окрестности скважины и фиксироваться на месте (иммобилизоваться/связываться) химически или физически. Другая возможность заключается во введении компактного количества материалов трассера, фиксируемого во флюиде соединения, обладающего элементами химического интеллекта, в продуктивный пласт формации, в виде твердого носителя или набухающих пористых твердых полимерных матриц или частиц. В случаях, когда вокруг скважины существует фильтр или другая конструкция, различные трассеры могут также химически иммобилизоваться в/на конструкции вдоль скважины, в отдельных зонах/областях. Трассеры могут также нагнетаться в продуктивный пласт через нагнетательные скважины. Трассеры будут высвобождаться либо путем, например, выпуска, разрушения матрицы носителя/носителя трассера (химическая реакция, замещение, подобное ионному обмену, и тому подобное), когда они соприкасаются с активирующим флюидом (например, с нефтью или водой), или механически, например, с помощью вымывания в виде мыла потоком активирующего флюида. Таким образом, количество высвобожденного материала трассера должно быть функцией от локальной скорости потока активирующего флюида или скорости добычи. Трассеры будут следовать за добываемыми флюидами

и детектироваться где-нибудь дальше по потоку вдоль эксплуатационной линии. Информация о положении, типе и скорости добычи рассматриваемых флюидов должна быть функцией от количества и типа высвобожденных и измеренных трассеров.

Уникальной особенностью настоящего изобретения является ограничение положения легко детектируемого трассера (любого типа) в окружении, где трассер высвобождается с помощью изменений в локальной окружающей среде трассера. Изменения в окружающей среде могут представлять собой изменения потока, композиции флюида, температуры, давления или других химических/физических условий. Такие изменения даже могут быть связаны с локальной микробиологией. Трассер располагается таким образом, что конкретная информация из секций скважины получается тогда, когда трассер высвобождается и детектируется. Трассер может представлять собой химическое вещество само по себе, превращаться в химическое вещество благодаря некоторому событию, представлять собой макромолекулу большого размера (ДНК, последовательность белков, и тому подобное), частицу или любую другую сущность, которая может легко детектироваться в водной фазе, нефтяной фазе, газовой фазе или в смеси флюидов. Отрицательное воздействие химических веществ в продуктивном пласте формации или зоне должно быть незначительным.

Возможные способы детектирования могут основываться на оптических методиках, акустических, магнитных, емкостных, ПЦР и микроволновых способов, и тому подобное. Конкретный способ зависит от применяемых трассеров и от того, как/где они высвобождаются.

Примеры

Приведенные примеры/случаи, как предполагается, предназначены только для иллюстрации некоторых из возможных применений "химических веществ и микробиологии с элементами интеллекта" в скважинах, проходящих в продуктивном пласте. Эти примеры не должны использоваться для ограничения рамок идеи изобретения.

Ни способ для размещения различных трассеров, ни их расположение в продуктивном пласте, ни расстояние от трассеров до эксплуатационной скважины не являются критичными для описываемого способа и не должны рассматриваться как ограничивающие настоящее изобретение. Типичные способы размещения трассеров в эксплуатационной скважине, которые будут использованы в настоящем изобретении, представляют собой хорошо известные способы поддувания или непосредственного размещения в "мешках с песком" во время обораживания скважины.

Трассеры могут быть синтетическими и/или природными химическими веществами,

мономерными соединениями или полимерами, которые могут детектироваться и давать информацию об их происхождении (конкретная зона/секция), различных скоростях потока и данные об окружающей среде (например, о нефти, воде, газе, прорыве воды, о локальных отклонениях pH, о солености, композиции углеводородов, температуре, давлении, микроорганизмах, и тому подобное) различных зон/секций в продуктивном пласте, в любой момент времени.

Трассеры могут детектироваться с помощью различных методик, таких как оптические волокна, спектрофотометрические способы, ПЦР методики, объединенные с анализом последовательностей, или с помощью хроматографических способов. Настоящее изобретение не является ограниченным описанными выше методиками.

1. Примеры по поведению и "доставке" трассеров.

1.1. Молекулы трассера, которые адсорбируются или ковалентно связываются с продуктивным пластом формации.

В области вблизи эксплуатационной скважины или в других соответствующих областях в продуктивном пласте трассеры могут быть иммобилизованы с помощью адсорбции просто путем нагнетания раствора, содержащего трассеры. Трассеры могут также быть предварительно добавлены в "мешок с песком" во время трансляции скважины. С помощью контроля типа и количества различных функциональных групп в молекулах трассера можно усилить адсорбцию внутри формации. Связывание с формацией может также вызываться группами, ответственными за комплексообразование, такими, например, как карбоновые кислоты, сульфоновые кислоты, фосфоновые кислоты, фосфаты и гидроксигруппы. Трассеры могут быть гидрофобными или гидрофильными, в порядке соответствия (чтобы быть растворимыми) воде или минеральным маслам. Таким образом, трассеры могут быть специально приготовлены для получения конкретной информации, как о водной, так и о неводной среде. Скорости потока, для потока углеводорода, воды и/или газа, будут самым главным условием отсоединения/освобождения и концентрирования различных трассеров в потоке добываемого вещества.

1.2. Молекулы трассера, ковалентно связанные с полимерами.

В порядке достаточного связывания трассеров (высокие концентрации) в формации, является предпочтительным использование трассеров, связанных, ковалентно или с помощью ионных взаимодействий, с полимерами, которые специально создаются для адгезии внутри формации. Высокая степень функциональности, например, карбоновых кислот, сульфоновых кислот, фосфоновых кислот, фосфатов и гидроксигрупп, и кооперативные эффекты, например, ионного и водородного связывания, могут

быть введены в полимеры, благодаря множеству центров связывания, что усиливает связывание внутри формации. Путем варьирования связи между трассером и полимером, механизм и скорость высвобождения могут контролироваться. Механизмы для высвобождения трассеров могут быть следующими:

Высвобождение трассеров из полимера путем разрушения "связи" между этими остатками, независимо от типа связывания (гидрофобного, ионного или химического ковалентного).

Высвобождение трассера путем разрушения полимера, приводящего к образованию малых олигомеров, содержащих трассеры (растворенные), в потоке добываемого вещества. Характеристики олигомеров/полимеров должны оказывать влияние на растворимость упомянутых фрагментов, включающих трассер, в различных средах.

Сочетание двух способов, упомянутых выше.

1.3. Молекулы трассера, ковалентно связанные с поверхностью полимерной частицы (поли- или монодисперсной частицы)/неорганической частицы, или трассеры, иммобилизованные/инкапсулированные в такие частицы.

Является также возможным связывать трассеры с различными органическими или неорганическими частицами (носителями). "Носители" помещаются в различные зоны/секции, и их размер, химическая композиция и функциональность не должны затруднять свободный поток нефти/флюидов в продуктивном пласте. Некоторые примеры систем носителей трассеров представляют собой:

Трассеры, присоединенные к полимерам в виде сетки (геля), которые размещаются в продуктивном пласте формации или в "мешке с песком". Полимерная система не должна блокировать поры внутри формации. Высвобождение трассеров достигается путем разрушения связей между полимером и трассером и/или путем разрушения самого геля.

Трассеры могут быть присоединены к полимерным цепям, выступающим из полимерных частиц, иммобилизоваться в полимерной матрице или присоединяться только к поверхности частиц. Настоящее изобретение, однако, не является ограниченным использованием только полимерных частиц, и может использоваться любой тип частиц (носителей). Частицы могут размещаться в продуктивном пласте формации или в мешке с песком. Высвобождение трассеров достигается путем разрушения связи между полимерной частицей (любым носителем) и трассером, и/или путем разрушения самой частицы таким образом, что трассеры высвобождаются из носителя/матрицы.

Деградация полимерных частиц (или носителей) может контролироваться путем использования специально определенных агентов для поперечной сшивки. Во время приготовления

полимерных частиц (включая введение трассеров) агент для поперечной сшивки является стабильным, но в конкретных окружающих средах агент для поперечной сшивки деградирует или набухает, и полимерная матрица распадается на растворимые полимеры. Агенты для поперечной сшивки могут быть модифицированы с тем, чтобы они стали чувствительными по отношению, например, к значению pH, температуре, воде (гидролизу) или к конкретным химическим веществам, добавленным в зоны/секции. Является также возможным использование систем на основе воска, где трассеры иммобилизуются в воске (таблетках), и трассеры высвобождаются, когда нефть (нефтерастворимый воск) или вода (водорастворимый воск) приводятся в контакт с восковыми таблетками.

2. Примеры иммобилизации различных трассеров (лиганды).

Различные олигонуклеотиды со специальными функциональными химическими группами на концах (например, карбоксильными, гидроксильными, тиольными) являются в настоящее время коммерчески доступными. Эти функциональные группы могут быть использованы для химического связывания и/или комплексообразования, или связывания олигонуклеотидов в виде комплексов, с носителем, подобным полимерным частицам или гелям. Другие, незакрепленные концы биологических молекул могут либо использоваться для связывания с вторичным трассером и/или с веществом, которое придает определенную растворимость или совместимость по отношению к различным средам (нефть, вода, соленость, pH). Например, можно использовать олигонуклеотид с первичной аминовой группой, на одном конце, и тиольной группой, на другом конце. Тиольные группы используются для химического связывания биологических молекул с вторичными молекулами при использовании малеимидного химического механизма (взаимодействие аминных групп не имеет места), при этом аминные группы используются для связывания новых молекул в виде комплексов с носителем, просто путем использования различных значений pH в реакциях связывания.

Были проведены эксперименты, где олигонуклеотиды иммобилизовались через карбоксильные, эпокси, аминные и тиольные группы на частицах недеградируемого полимера (например, полистирол, акрилаты) и связывались как на деградируемых полимерных частицах, имеющих полиангидриды, так и/или на сложных полиэфирах в полимерной матрице. Прямые и не прямые способы для химического связывания, физической адсорбции или ионные взаимодействия представляют собой взаимодополняющие способы связывания.

В некоторых случаях "свободный" конец иммобилизованного биологического маркера может быть связан, например, с биотином, при

этом весь комплекс в целом может быть выделен при использовании, например, суперпарамагнитных частиц (носителей), имеющих стрептавидин на поверхности частицы. Это один из возможных путей концентрирования образцов перед ПЦР-амплификацией, детектированием и определением. Методики гибридизации могут также использоваться перед анализом последовательностей.

3. Высвобождение трассера из матрицы, активной в отношении воды.

Добыча воды из конкретной зоны в продуктивном пласте формации может быть отслежена с помощью настоящего изобретения. Один из способов для этого представляет собой приготовление полимерной матрицы или частиц с химическим трассером, который высвобождается при вступлении в контакт с водой, при определенных условиях, например, путем инкапсуляции. Химические трассеры могут быть перфторированными углеводородами, такими как перфторбутан (PB), перфторметилциклопентан (PMCP), перфторметилциклогексан (PMCH) или простыми перфторэфирами, которые могут детектироваться с помощью масс-спектропии (MS), детектирования с захватом электронов (ECD). Различные специфические перфторированные углеводороды могут быть использованы для различных зон формации, в порядке отслеживания поступления воды из этих зон. Трассеры могут также высвобождаться путем химического взаимодействия, вызываемого быстрыми изменениями в водной фазе, например, pH, ионной силы, или нагревом. Примерами этого может быть деградация органических ангидридов, сложных эфиров или амидов. Полимеры, используемые для инкапсуляции трассеров, могут представлять собой коммерчески доступные полимеры или сополимеры, которые будут деградировать в воде, такие как полиакриламид (PAA), полиэтиленгликоли (PEG), полимолочная кислота (PLA), полигликолевая кислота (PGA) и их сополимеры.

Явление прорыва воды может детектироваться, если формация (или слой, расположенный в формации) высвобождает детектируемый трассер, когда через него проходит вода или солевой раствор. Одним из путей для этого является присоединение химического соединения, которое высвобождается при контакте с водой, при определенных условиях. Такое соединение может быть одним из органических ангидридов. Высвобожденный компонент может детектироваться после добычи.

4. Высвобождение трассера из матрицы, активной в отношении углеводородов.

Добыча углеводородов из конкретной зоны формации может быть отслежена с помощью настоящего изобретения. Один из способов для этого представляет собой приготовление полимерной матрицы или частиц с химическим трассером, который высвобождается при контакте с

углеводородами, при определенных условиях, например, путем инкапсуляции. Такие химические трассеры могут быть перфторированными углеводородами, такими как перфторбутан (РВ), перфторметилциклопентан (РМСР), перфторметилциклогексан (РМСН) или простыми перфторэфирами, которые могут детектироваться с помощью масс-спектропии (MS) или детектирования с захватом электронов (ECD). Различные конкретные перфторированные углеводороды могут использоваться для различных зон/секций формации, в порядке отслеживания добычи углеводородов в различных зонах/секциях. Трассеры могут также высвобождаться путем химических взаимодействий, вызываемых быстрыми изменениями давления в нефтяной фазе, нагревом или изменениями предельной растворимости (соотношение между тяжелой и легкой нефтью). Набухание частиц или полимера может представлять собой один из таких механизмов высвобождения трассера. Полимеры, используемые для инкапсуляции трассеров, могут представлять собой коммерчески доступные полимеры или сополимеры, которые будут деградировать в углеводородах, такие как полиметилметакрилаты (PMMA), полиметилакрилаты, полиэтиленгликоли (PEG), полимолочная кислота (PLA), полигликолевая кислота (PGA) и их сополимеры.

5. Детектирование микроорганизмов в продуктивном пласте.

Присутствие микроорганизмов в продуктивных пластах нефти может быть продемонстрировано в извлекаемой воде путем традиционной методики выделения и культивирования. Такие способы являются очень медленными. В шельфовых продуктивных пластах нефти сульфат-восстанавливающие бактерии (SRB) часто являются доминирующими, и эти микроорганизмы продуцируют H_2S во время роста. Эти организмы являются очень нежелательными в добытом флюиде/нефти, поскольку они могут вызывать закисление продуктивного пласта, нежелательную закупорку пор в формации и/или приводить к коррозии. Активность SRB может быть продемонстрирована путем измерения уровня H_2S в добытой воде.

Рост микроорганизмов в продуктивных пластах может быть идентифицирован путем on-line мониторинга при использовании различных флюорогенных и/или хромогенных субстратов для ферментов. Субстраты могут быть ковалентно связанными или адсорбированными на матрице, например, на гелевой матрице, на полимере или на полимерных частицах, которые размещаются в продуктивном пласте. Микроорганизмы в продуктивном пласте продуцируют внеклеточные ферменты (биологические катализаторы), например, протеазы/пептидазы и липазы. Путем использования соответствующих субстратов эти ферменты будут катализировать отщепление субстрата, и будет высвобождаться

флюорогенная/хромогенная часть субстрата (часть с трассером). Флюорофоры/хромофоры могут детектироваться on line где-нибудь вдоль эксплуатационной линии дальше по потоку. Путем использования различных флюорогенных/хромогенных соединений в различных локализациях продуктивного пласта, может быть получена информация о микробной активности в различных зонах/секциях.

Субстраты, используемые в способе настоящего изобретения, представляют собой, как правило, субстраты для внеклеточных ферментов, присутствующих почти во всех микроорганизмах, например, липаз и протеаз/пептидаз. Липазы гидролизуют сложноэфирную связь в жирах (сложные эфиры глицерина и жирных кислот) и в сложных эфирах двух карбоновых кислот, а протеазы расщепляют пептидные связи между аминокислотами в белках и пептидах. Субстраты являются ковалентно связанными с матрицей, на одном конце, и с флюорогенным/хромогенным соединением (трассером), на другом конце. Карбоксильная группа на конце аминокислоты пептида может, например, быть связана с аминсодержащим флюорофором/хромофором (соединением-трассером), с получением флюорогенного/хромогенного субстрата для пептидазы. Субстраты могут быть связаны с матрицей, например, через аминогруппу в субстрате типа белок/пептид или через карбоксильную группу в субстрате типа жир/триглицерид. Как описано в литературе, материалы трассеров могут размещаться в продуктивном пласте формации.

6. Детектирование трассеров с помощью оптических способов.

Одной из многих возможностей для трассеров является использование флуоресцентных или фосфоресцентных частиц/материалов/химических веществ-трассеров. Когда такие частицы/материалы/химические вещества используются в качестве трассеров, они могут детектироваться где угодно вне продуктивного пласта, вдоль эксплуатационной линии, от верхней части скважины до приемного узла на грунте, судне или платформе, при использовании, например, оптоволоконной методики. Детектирование on-line с помощью оптических волокон имеет много преимуществ, включая простоту, быстроту и надежность работы. Оптический датчик может быть изготовлен очень маленьким и гибким, так что он может размещаться почти везде в эксплуатационной системе. Фиг. 1 показывает простую схематическую иллюстрацию горизонтальной скважины 1 и вертикальной скважины 2, разделенной на различные зоны А, В, С и D (3). Зоны А-D оснащаются различными трассерами с различными физическими и/или химическими свойствами, такими как частицы трассера/химические вещества с различными длинами волн испускаемого света. Трассеры размещаются в заданных зонах/областях про-

дуктивного пласта. Когда трассеры высвобождаются, они следуют за главным потоком в направлении приемного узла (на фиг. 1 не показан). Концентрация и частота прохождения различных частиц трассера может детектироваться с помощью использования соответствующей методики детектирования. Узел (4) детектирования может размещаться вдоль направления главного потока, например, в верхней части скважины, где-нибудь вдоль транспортных трубопроводов, или даже непосредственно перед приемным узлом.

Локальное перемещение отдельной частицы/химикалия в потоке флюида может определяться с использованием оптических волокон. Этот принцип измерения может быть применен для одновременного определения свойств по отношению к потоку различных групп частиц в потоке, при использовании различных частиц-трассеров. Эти частицы-трассеры могут иметь одинаковые физические свойства, за исключением свойств, относящихся к излучению. Это может быть достигнуто, например, с помощью пропитки частиц-трассеров флуоресцентным красителем. После этого становится возможным различать излучение различных частиц-трассеров.

Фиг. 9 представляет собой схематическую иллюстрацию способа для выбора желаемого спектра излучения с целью детектирования индивидуальных частиц-трассеров с различными спектрами, при использовании оптических фильтров. (I) показывает весь спектр отраженного и испускаемого света от флюида-носителя и частиц-трассеров A-D, вместе со спектром излучения для лазера. Различные частицы-трассеры A-D могут изначально быть размещены в скважине, как иллюстрируется на фиг. 1. Отраженный свет от источника света (лазера) и флуоресцентный свет от различных частиц-трассеров A-D могут быть разделены при использовании соответствующих комбинаций оптических фильтров, так что только свет от определенной группы частиц-трассеров преобразуется в электрические сигналы. На фиг. 9 оптические полосовые фильтры пропускают перекрывают нежелательные спектры света и пропускают желаемые спектры света, как иллюстрируется на (II)-(V). Электрические сигналы от каждого детектора усиливаются и преобразуются по отдельности и, наконец, записываются в файл или отображаются на мониторе компьютера. Выбор флуоресцентных частиц-трассеров или химических веществ и комбинаций оптических фильтров основывается на спектральных анализах света. При использовании этой методики, сигналы, полученные от прохождения каждой группы частиц-трассеров, подобны тем, что получаются от единственной группы частиц, и могут обрабатываться таким же образом. С помощью этой методики, является возможным отслеживать динамику продуктивного пласта и

детектировать одновременно все группы трассеров из различных секций скважины.

7. Эксперименты с системой моделирования нефтяного продуктивного пласта

Собирали простую колонну, заполненную стеклянными шариками (2-3 мм). Колонна имела следующие размеры: длину 11,5 см, диаметр 5,5 см и общий объем 273 см³. Спеченное стекло на дне колонны действовало в качестве подложки для шариков. Перистальтический насос был присоединен к нижней части колонны, и откачка расположена в верхней ее части. Такая система делает возможным заполнение колонны со стороны дна без захвата воздушных пузырьков.

Насос может работать в обоих направлениях, таким образом делая возможным поток как снизу вверх, так и наоборот, сверху вниз. Плотность жидкостей определяет направление потока. Для воды, вытесняющей нефть, поток направляется снизу вверх, но для нефти, вытесняющей воду, поток может быть направлен как вверх, так и вниз, при этом оба направления обеспечивают поток, полностью перекрывающий поперечное сечение колонны.

Первоначальным предназначением этой установки являлась демонстрация возможности детектирования замены одной фазы другой. Когда колонна заполняется нефтью, является важным детектирование того, что выходящая вода проходит через определенный объем или часть колонны. Поэтому водорастворимый, но не нефтерастворимый, трассер размещали в определенной зоне, в объеме шариков. Этот трассер являлся сильно окрашенным, что делало простым визуальное детектирование.

Детектирование прохождения воды в описанных выше экспериментах с трассерами

Сначала колонну заполняли ламповым керосином, и ничего красящего в жидкости не было. Прозрачная жидкость поступала из верхней части колонны. Входной поток в нижней части заменяли водой, и вода вытесняла нефть снизу. Как правило, этот поток перекрывает все поперечное сечение колонны. Когда вода проходила через ту зону в набивке из шариков, где был расположен окрашенный трассер (Methylthymol Blue, водорастворимый, как правило, несколько миллиграмм), водная фаза меняла свою прозрачную окраску на голубую. Эксперимент демонстрирует, что водная фаза проходит через заданную зону в колонне, и что это может, в принципе, быть отслежено.

Визуальное детектирование окрашивающего красителя является не очень чувствительной методикой, и исследовались более чувствительные методики. Путем использования флуоресцентного красителя и при использовании ультрафиолетового света для возбуждения флуоресценции достигалась гораздо более высокая чувствительность системы. Являлось возможным не только визуальное детектирование на глаз, но также и использование спектрометра

в сочетании с источником ультрафиолетового света. Пределы детектирования, достигаемые с помощью этой методики, являются достаточно низкими для того, чтобы использовать этот способ в структурах, моделирующих нефтяные скважины. Эксперимент осуществляли путем размещения малого количества (как правило, нескольких миллиграмм) Fluorescein в набивке из стеклянных шариков. УФ лампа с длиной волны 265 нм освещала колонну, и флуоресцентный краситель начинал испускать видимый свет, когда он подвергался УФ излучению. В этом эксперименте не требовалось инструментального детектирования, так как флуоресцентный свет, испускаемый красителем, являлся достаточно сильным для того, чтобы его можно было увидеть невооруженным глазом. Этот эксперимент демонстрирует тот принцип, что вода, протекающая через определенную зону в колонне, может детектироваться и отслеживаться. Он демонстрирует также, что применение флуоресцентного красителя представляет собой очень мощную методику для этого вида мониторинга.

Детектирование прохождения нефти в ходе описанного выше эксперимента с трассером

Сначала колонну заполняли водой, и никакой окраски в воде не было. Прозрачная вода поступала из верхней части колонны. Затем поток менял направление, и нефть выкачивалась из верхней и нижней части колонны посредством обратного потока, создаваемого перистальтическим насосом. Нефть вытесняла воду сверху, таким образом, получался поток, перекрывающий все поперечное сечение колонны. В заданной зоне внутри колонны нефтяная фаза проходила через трассер, в этом случае краситель, который растворяется только в нефти, а не в воде (Oil Blue N, как правило, несколько миллиграмм). Нефть, которая проходила через эту зону, становилась сильно окрашенной и могла, в принципе легко детектироваться визуально. Этот эксперимент демонстрирует, что нефтяная фаза, которая проходит через заданную зону в колонне, может детектироваться, в этом случае, с помощью окрашивающего красителя.

Чувствительность трассеров

В этих простых экспериментах использовался только трассер-краситель. Для достижения чувствительности, необходимой для реальных экспериментов, как правило, должны быть использованы другие трассеры. Фторуглеродные соединения дают исключительно высокую чувствительность в детекторе с захватом электронов (BCD), и сочетание соответствующего фторуглерода и способа GC/ECD, как известно, представляет собой пригодную для этой цели методику. Использование фторуглеродов при мониторинге нефтяных скважин является хорошо известным способом в нефтяной промышленности.

Влияние перфторуглеродов на окружающую среду

Перфторуглероды обладают большим потенциалом в отношении глобального потепления (GWP). Влияние на окружающую среду этих соединений вызвало изъятие этих типов молекул из употребления. Поэтому, следовательно, представляет интерес поиск трассеров, которые являются приемлемыми для окружающей среды, например, не приводят, в потенциале, к обеднению озонового слоя и имеют очень низкий или нулевой GWP. Это должно сочетаться с другими требуемыми свойствами трассеров, например, с хорошей химической стабильностью и очень высокой чувствительностью в отношении детектирования с захватом электронов (BCD) и масс-спектрометрии с химической ионизацией отрицательных ионов, NCI-MS.

Новый тип соединения был разработан в качестве замены для перфторуглеродов, простые перфторэфиры (например, $\text{CHF}_2\text{-O-CF}_2\text{-O-CHF}_2$), которые представляют собой очень хорошую и приемлемую для окружающей среды альтернативу для фторуглеродов. Существуют такие соединения с очень разными длинами цепей, тем самым, предоставляется множество различных молекул для трассеров, которые могут быть использованы. Эти простые эфиры являются также немного растворимыми в воде, что делает их простыми для детектирования в водной фазе.

Краситель в водорастворимой матрице

Polyvinylpyrrolidone K90, в количестве 20 г, растворяли в 80 г воды, перемешивая с помощью магнитной мешалки, вблизи температуры кипения. Добавляли несколько мг водорастворимого Methylthymol blue и раствор доводили до комнатной температуры. Коричнево-желтая прозрачная и вязкая жидкость выдерживалась при 50°C в течение 48 ч. Полученный в результате твердый полимер разламывали на куски и использовали в экспериментах. Один кусок материала размещался в воде, а другой - в прозрачном ламповом керосине. Кусок, находящийся в водной фазе, растворялся, давая голубой прозрачный раствор. Ничего подобного не происходило в нефтяной фазе. Поливинилпирролидиновую матрицу, содержащую трассер, размещали в элюационной колонне, как описывается выше, и элюировали снизу с помощью лампового керосина. Трассер являлся стабильным при этих условиях. Затем элюент заменили водой. Матрица, содержащая трассер, начинала растворяться, когда вода достигала ее уровня в колонне, и начиналось растворение матрицы с высвобождением окрашивающего трассера. Высвобождение трассера происходило гораздо медленнее, если сравнивать с чистым красителем, обсуждавшимся выше.

При наличии описанных предпочтительных вариантов осуществления настоящего изобретения

брения для специалиста в данной области становится ясно, что и другие варианты осуществления изобретения, включающие эти концепции, могут быть использованы. Эти и другие примеры изобретения, иллюстрируемого выше, предназначены только для иллюстрации, и реальные рамки настоящего изобретения должны определяться с помощью следующей далее формулы изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ мониторинга добычи углеводородов и воды из различных эксплуатационных зон или секций в углеводородном продуктивном пласте и/или нагнетательной скважине и детектирования различных явлений согласно которому

размещают специфические трассеры в различных зонах формации с заданными для каждой зоны характеристиками, причем трассеры обладают элементами химического интеллекта для высвобождения трассеров в результате конкретного события;

химически иммобилизуют трассеры в этих зонах с закреплением трассеров в них для получения технической информации из каждой зоны, причем размещение и закрепление трассеров в различных зонах формации осуществляют посредством их закрепления или размещения на фильтре, креплении скважины или конструкции, окружающей скважину в каждой зоне, а химическую иммобилизацию трассеров осуществляют посредством по меньшей мере одного полимера;

осуществляют детектирование трассеров ниже по ходу технологического процесса для получения информации о различных зонах.

2. Способ по п.1, в котором используют указанный по меньшей мере один полимер, способный прилипать к формации либо к оборудованию скважины, при этом трассеры ковалентно или посредством ионного взаимодействия связаны с полимером либо входят в состав полимерной матрицы.

3. Способ по любому из пп.1, 2, в котором трассеры размещают и закрепляют в различных зонах формации посредством их нагнетания, прессования или других приемов.

4. Способ по любому из пп.1-3, в котором используют трассеры с элементами химического интеллекта для флюида, причем трассеры высвобождаются при контакте с потоком нефти, газа либо воды.

5. Способ по любому из пп.1-4, в котором используют различные перфорированные углеводороды, инкапсулированные в полимерные матрицы или частицы, при этом матрицы или частицы являются чувствительными к воде и углеводородам, соответственно, в качестве трассеров с элементами химического интеллекта для флюида.

6. Способ по любому из пп.1-5, в котором трассеры высвобождаются из полимера путем разрушения связи между полимером и трассером.

7. Способ по любому из пп.1-5, в котором трассеры высвобождаются путем разрушения полимера, приводящего к получению малых олигомеров или химических веществ, содержащих трассеры, в эксплуатационном потоке.

8. Способ по п.7, в котором осуществляют контроль разрушения полимерных частиц путем использования специально определенных агентов для поперечной сшивки, при этом агент для поперечной сшивки модифицируют для того, чтобы он стал чувствительным по отношению к конкретным событиям.

9. Способ по п.8, в котором в качестве конкретных событий используют pH, температуру, воду или специальные химические вещества, добавленные в зоны.

10. Способ по любому из пп.1-9, в котором используют трассер, представляющий собой олигонуклеотид со специальными функциональными группами.

11. Способ по любому из пп.1-10, в котором осуществляют кратковременный и/или долговременный мониторинг в различных зонах в углеводородном продуктивном пласте посредством использования первой группы трассеров, высвобождаемых в течение короткого времени, и второй группы трассеров, высвобождаемых постепенно за длительное время соответственно.

12. Способ по любому из пп.1-10, в котором осуществляют мониторинг быстрых событий, происходящих в различных зонах, в углеводородном продуктивном пласте, посредством использования трассеров, быстро высвобождаемых из-за изменений в локальной окружающей среде трассера.

13. Способ по любому из пп.1-12, в котором трассеры содержат флуоресцентные, фосфоресцентные, магнитные частицы или флюиды, окрашенные частицы, ДНК или микроорганизмы.

14. Способ по любому из пп.1-13, в котором выделяют и/или детектируют трассеры посредством оптических, спектроскопических, хроматографических, акустических, магнитных, емкостных, ПЦР или микроволновых методик или с помощью любого сочетания этих приемов.

15. Способ по любому из пп.1-14, в котором детектируют такие явления, как локальные отклонения pH, соленость, композиция углеводородов, температура, давление, микроорганизмы и детектирование разницы между водой, производимой внутри формации, и водой, нагнетаемой из различных зон.

16. Способ мониторинга добычи углеводородов и воды из различных эксплуатационных зон или секций в углеводородном продуктивном пласте и/или нагнетательной скважине и детек-

тирования различных явлений, согласно которому

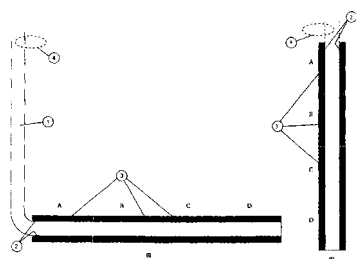
размещают специфические трассеры в различных зонах формации с заданными для каждой зоны характеристиками, причем трассеры обладают элементами химического интеллекта для высвобождения трассеров в результате конкретного события;

химически иммобилизуют трассеры в этих зонах с закреплением трассеров в них для получения специфической информации из каждой зоны;

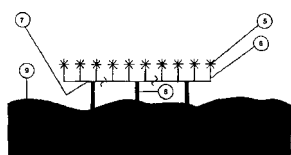
нагнетают в формацию специфические запускающие вещества через нагнетательную систему для высвобождения трассеров и

осуществляют детектирование трассеров ниже по ходу технологического процесса для получения информации о различных зонах.

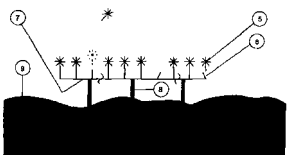
17. Способ мониторинга добычи углеводородов и воды из различных эксплуатационных зон или секций в углеводородном продуктивном пласте и/или нагнетательной скважине и детектирования различных явлений, согласно которому



Фиг. 1



А



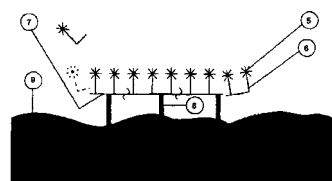
В

Фиг. 2

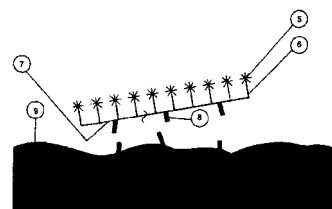
размещают специфические трассеры в различных зонах формации с заданными для каждой зоны характеристиками, причем трассеры обладают элементами химического интеллекта для высвобождения трассеров в результате конкретного события;

химически иммобилизуют трассеры в этих зонах с закреплением трассеров в них для получения специфической информации из каждой зоны;

осуществляют детектирование трассеров ниже по ходу технологического процесса для получения информации о различных зонах, причем детектируют наличие микроорганизмов в различных зонах посредством использования различных флюорогенных и/или хромогенных субстратов для ферментов в качестве трассеров, причем субстраты и их флюорогенная/хромогенная часть расщепляются с помощью внеклеточных ферментов, продуцируемых микроорганизмами в продуктивном пласте.

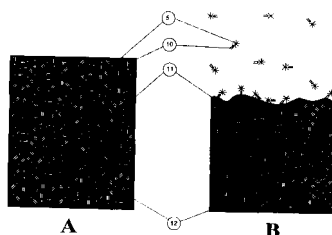


А



В

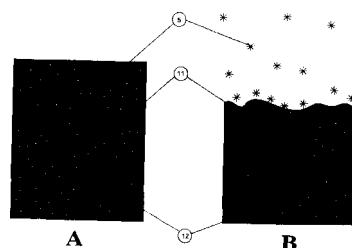
Фиг. 3



А

В

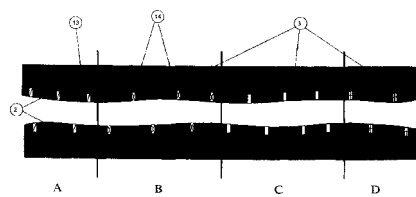
Фиг. 4



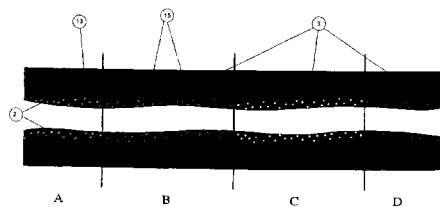
А

В

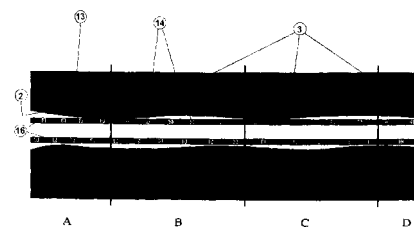
Фиг. 5



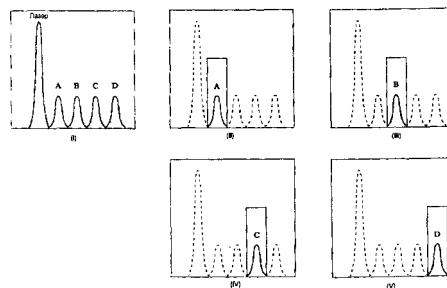
Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9

