

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2459942

СПОСОБ ВОЛНОВЫХ ОБРАБОТОК ПРОДУКТИВНЫХ ПЛАСТОВ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ТРЕЩИННЫМ ТИПОМ КОЛЛЕКТОРА

Патентообладатель(ли): *Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В. Плеханова (технический университет)" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2010147582

Приоритет изобретения 22 ноября 2010 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 27 августа 2012 г.

Срок действия патента истекает 22 ноября 2030 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов





(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2010147582/03,
22.11.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия
патента: 22.11.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 22.11.2010

(43) Дата публикации заявки: 27.05.2012

(45) Опубликовано: 27.08.2012

(56) Список документов, цитированных в
отчете о поиске: RU 2351755 C1,
10.04.2009. RU 2328594 C2, 10.07.2008. RU
2309247 C1, 27.10.2007. RU 2244813 C2,
20.01.2005. RU 2255212 C1, 27.06.2005. RU
2191896 C2, 27.10.2002. US 4049053 A,
20.09.1977. US 5396955 A, 14.03.1995.

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21-я
линия, 2, СПГГИ (ТУ), отдел
интеллектуальной собственности и
трансфера технологий (отдел ИС и ТТ),
А.П.Яковлеву, рег. № 314

(72) Автор(ы):

Никитин Марат Николаевич (RU),
Петухов Александр Витальевич (RU),
Гладков Павел Дмитриевич (RU),
Тананыхин Дмитрий Сергеевич (RU),
Шангараева Лилия Альбертовна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Государственное образовательное
учреждение высшего профессионального
образования "Санкт-Петербургский
государственный горный институт
имени Г.В. Плеханова (технический
университет)" (RU)

(54) СПОСОБ ВОЛНОВЫХ ОБРАБОТОК ПРОДУКТИВНЫХ ПЛАСТОВ
НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ТРЕЩИННЫМ ТИПОМ КОЛЛЕКТОРА

(57) Реферат:

Изобретение относится к нефтедобывающей промышленности, в частности к волновым методам повышения нефтеотдачи пластов скважинными генераторами механических волн на поздних стадиях разработки нефтяного месторождения. Способ волновых обработок продуктивных пластов нефтяных месторождений с трещинным типом коллектора включает определение резонансной характеристики пласта, использование генератора волн и обработку пласта созданием генератором волн с резонансной частотой. При этом для определения резонансной характеристики пласта измеряют линейные размеры блоков, определяют характерный размер блока породы и рассчитывают ряд резонансных частот для волновых обработок по приведенному математическому выражению. Затем обрабатывают нефтяной пласт, проводя серию последовательных обработок путем излучения волн механической природы рассчитанного ряда резонансных частот в порядке убывания частот. В качестве генератора волн используют генератор волн механической природы, располагаемый в скважине в области обрабатываемой зоны пласта. Техническим результатом является повышение нефтеотдачи пластов. 1 з.п. ф-лы, 1 пр.

Изобретение относится к нефтедобывающей промышленности, в частности к волновым методам повышения нефтеотдачи пластов.

Существуют многочисленные разновидности волновых методов воздействия на продуктивные нефтяные пласты.

Известен «Способ волнового воздействия на залежь углеводородов», в котором предлагается проводить обработку залежи одновременно несколькими источниками продольных и поперечных волновых колебаний, находящихся на поверхности за счет интерференции волн в пластах (патент RU № 2361070, опубл. 10.07.2009). При этом волновое воздействие фокусируют на область залежи с неподвижными и малоподвижными запасами углеводородов и реализуют синхронизированное многоточечное волновое воздействие.

Недостатком данного способа является необходимость размещения источников волновых колебаний на поверхности, что способствует рассеянию упругих волн в вышележащих пластах и низкой энергоэффективности проводимой обработки.

Известен «Способ интенсификации добычи нефти и реанимации простаивающих нефтяных скважин путем электромагнитного резонансного воздействия на продуктивный пласт» (патент RU № 2379489, опубл. 20.01.2010), в котором предлагается проводить обработку залежи скважинными генераторами электромагнитных колебаний путем размещения генераторов волн в соседних скважинах. Генераторы создают модулированные электромагнитные колебания одинаковой частоты, направленные от добывающей скважины, а также встречно. Встречно направленные электромагнитные колебания накладывают на собственную частоту колебаний углеводородного флюида, вызывая резонансные колебания атомов и молекул нефти.

Недостатком этого способа является применение электромагнитных волн, которые в значительной степени поглощаются горными породами непосредственно вблизи забоев скважин, за счет чего эффект наложения волн от двух соседних скважин в пласте является незначительным. Также недостатком является настройка волн на резонансную частоту пластовой нефти, определение которой является практически сложно осуществимой.

Из известных способов наиболее близким к заявляемому является «Способ воздействия на продуктивный пласт» (патент RU № 2351755, опубл. 10.04.2009), который заключается в определении периода основной гармоники - резонансной частоты - системы «скважина - пласт» путем создания генератором в скважинной жидкости волн с определенной частотой и измерения частоты вызванных колебаний. Далее частоту гидроакустических волн, создаваемых генератором, задают равной частоте основной гармоники резонансной частоты «скважина - пласт».

Недостатками способа являются необходимость проведения испытаний по определению частот вызванных колебаний для каждой отдельной скважины, а также проведение обработки пласта волнами единственной частоты, что не позволяет воздействовать на блоки различных масштабов пластовой системы.

Техническим результатом заявляемого способа является повышение нефтеотдачи пластов нефтяных месторождений.

Технический результат достигается тем, что в способе волновых обработок продуктивных пластов нефтяных месторождений с трещинным типом коллектора, включающем определение резонансной характеристики пласта, использование генератора волн, обработку пласта созданием генератором волн с резонансной частотой, для определения резонансной характеристики пласта измеряют линейные размеры блоков, определяют характерный размер блока породы и рассчитывают ряд резонансных

$$v_i = \frac{c}{L_i},$$

частот для волновых обработок по формуле $v_i = \frac{c}{L_i}$ где L_i - i -й характерный размер блока породы, c - скорость распространения механических волн в горной породе пласта, затем обрабатывают нефтяной пласт, проводя серию последовательных обработок путем излучения волн механической природы рассчитанного ряда резонансных частот в порядке убывания частот, при этом в качестве генератора волн используют генератор волн механической природы, располагаемый в скважине в области обрабатываемой зоны пласта.

$$L_i = \sqrt{L_{\min} \cdot L_{\max}},$$

Характерный размер блока породы может быть рассчитан по формуле $L_i = \sqrt{L_{\min} \cdot L_{\max}}$, где L_i - i -ый характерный размер блока породы, а L_{\max} и L_{\min} - максимальные и минимальные линейные размеры отдельных блоков, а в качестве волн механической природы могут быть использованы ультразвуковые, акустические, ударные и гидравлические волны.

По мере разработки нефтяных месторождений накапливается значительное количество информации о трещиноватости продуктивных пластов, получаемой путем изучения образцов керна, преимущественного направления фильтрации жидкостей пластов, взаимовлияния скважин, данных бурения скважин, геофизических данных и т.д. Наиболее полные данные о трещиноватости коллекторов накапливаются путем визуального изучения линейных размеров блоков горной породы пласта, разделенных трещинами, при разработке месторождений шахтным способом, как это имеет место на Ярегском месторождении высоковязкой нефти (Республика Коми). Используя эти данные, возможно определить характерные размеры блоков нефтяного пласта различного масштаба.

Трещиноватый нефтяной пласт является собой систему блоков различного масштаба. Наиболее эффективной волновая обработка будет при совпадении размеров характерных блоков L с длиной волны излучаемых колебаний λ , так как в этом случае будет происходить резонансное увеличение амплитуды колебаний горной породы-коллектора (М.А.Садовский, Л.Г.Болховитинов, В.Ф.Писаренко. Деформирование геофизической среды и геофизический процесс. М.: Наука, 1987). С учетом того что масштабы отдельных блоков нефтяного пласта различаются значительно, необходимо определить отдельные характерные (преобладающие) размеры блоков от микро- до макромасштаба, т.е. от размеров зерен породы и разделенных микротрещинами частиц до размеров крупных отдельностей горных пород. Изучая данные о линейных размерах отдельных блоков, полученную информацию можно представить в виде гистограммы размеров блоков продуктивного пласта, из которой можно выделить локальные максимумы, которые и составят дискретный ряд характерных линейных размеров блоков продуктивного пласта. Для каждого значения ряда линейных размеров блоков L_i рассчитывается резонансная частота колебаний ν_i из уравнения:

$$\nu_i = \frac{c}{L_i},$$

где c - скорость распространения упругих волн в породе нефтяного пласта. Данное уравнение получено из взаимосвязи между длиной волны λ и ее частотой по определению путем замены длины волны в уравнении величиной отдельного характерного размера блока L_i . Таким образом, получаем ряд частот. Волновую обработку нефтяной залежи предлагается проводить через отдельную скважину в несколько этапов, последовательно, волнами частот, значения которых равны значениям рассчитанных величин из полученного ряда значений. Общее количество обработок на отдельной скважине следует брать равным 4-5. Длительность обработок зависит от мощности и типа выбранного генератора. Обработку следует проводить в порядке снижения частот, таким образом будут охвачены интенсивным волновым воздействием, усиленным за счет резонанса, по порядку: зерна породы, мелкие блоки, крупные блоки пласта, что позволит достичь полноты вовлечения всех компонентов трещиноватого нефтенасыщенного пласта в колебательный процесс, что благоприятно скажется на подвижности нефти, насыщающей породы пласта. Обработки пласта через скважины рассчитанными частотами предлагается проводить непосредственно одну за другой, пока не будет охвачен весь ряд частот. Периодичность обработок (повторных) следует определять по изменению дебитов скважин, эффект от обработки следует считать законченным при снижении дебита скважины до среднего значения за последний месяц, предшествующий обработке. Повышение нефтеотдачи при предлагаемом способе обработки происходит за счет снижения аномалий вязкости нефти, разрушения внутренней тиксотропной структуры нефти и повышения фазовой проницаемости пород пласта по нефти. Характерные размеры отдельных разностей L_i продуктивного пласта предлагается определять как среднегеометрическое из максимального L_{max} и минимального L_{min} его видимых линейных размеров (М.А.Садовский, Л.Г.Болховитинов, В.Ф.Писаренко. Деформирование геофизической среды и геофизический процесс. М.: Наука, 1987):

$$L_i = \sqrt{L_{min} \cdot L_{max}}.$$

Данный способ определения ряда частот для серии последовательных волновых обработок может найти широкое применение в условиях Ярегского нефтяного месторождения, единственного в России, разрабатываемого шахтным способом, применение которого позволило с высокой точностью, преимущественно визуально, изучить количественно систему трещин и линейные размеры отдельных блоков.

Повышение эффективности волновых обработок нефтяных пластов достигается путем проведения не единичного воздействия, а серии обработок пласта из отдельной скважины волнами дискретного ряда частот, рассчитанного с учетом блочной структуры трещиноватых нефтяных коллекторов. Для полноты охвата пласта целесообразно проведение обработок нескольких скважин, расположенных на разных участках залежи. Волны могут быть созданы любым генератором волн механической природы - ультразвуковые, акустические, ударные и гидравлические. Генератор волн следует располагать в скважине, устье которой находится на поверхности либо в горной выработке под землей (в шахте) в области обрабатываемого участка пласта, тем самым добиваясь наименьших энергопотерь от рассеяния волн горными породами.

Пример. Основным разрабатываемым объектом Ярегского нефтяного месторождения является пласт III Ярегской площади. Известны данные о трещиноватости уклона 102 нефтешахты № 3 (А.В.Петухов. Теория и методология изучения структурно-пространственной зональности трещинных коллекторов нефти и газа. Ухта, 2002. - 276 с.). Преобладающий размер зерен песчаника породы пласта, определенный из гранулометрического анализа породы пласта, - 0,6 мм. Зерна имеют скатанную

форму, близкую к сферической. Таким образом, $L_1 = \sqrt{0,6 \cdot 0,6} = 0,6 \text{ мм}$. Мелкие трещины, которые определяются по результатам исследования шлифов кернов, не обнаружены. Трещины, разделяющие породу нефтяного пласта на отдельные блоки, имеют субширотное и

субмеридианальное простираие с густотой 10,6 1/м. Величина густоты трещин имеет небольшие вариации, близкие к указанному среднему значению, которое одинаково для трещин обоих направлений простираия. Таким образом, второй характерный размер блоков - $1000/10,6=94,3$ мм = L_2 . Имеют место более выраженные крупные трещины, которые разделяют блоки на блоки видимых размеров 0,5 на 0,8 м. Отсюда третий характерный размер блоков

$$L_3 = \sqrt{0,5 \cdot 0,8} = 0,632 \text{ м} = 632 \text{ мм}$$

. Отдельные крупные тектонические трещины имеют крайне неравномерное распространение и разделяют нефтенасыщенные пласты на отдельные крайне нерегулярной формы. Таким образом, для рассматриваемого объекта выделен ряд из трех значений характерных размеров блоков: 0,6; 94,3; 632 мм, для которых с учетом скорости распространения упругих продольных волн в песчаниках Ярегского месторождения, равной 1800 м/с, полученной применением сейсмических генераторов волн ударного типа, получаем ряд рекомендуемых частот для волновой обработки залежи скважинными генераторами: $3,00 \cdot 10^6$, 19100, 2850 Гц.

Применение последовательной волновой обработки полученным рядом частот позволяет повысить нефтеотдачу по рассмотренному участку.

Формула изобретения

1. Способ волновых обработок продуктивных пластов нефтяных месторождений с трещинным типом коллектора, включающий определение резонансной характеристики пласта, использование генератора волн, обработку пласта созданием генератором волн с резонансной частотой, отличающийся тем, что для определения резонансной характеристики пласта измеряют линейные размеры блоков, определяют характерный размер блока породы и рассчитывают ряд резонансных частот для волновых

$$v_i = \frac{c}{L_i},$$

обработок по формуле где L_i - i -й характерный размер блока породы, c - скорость распространения механических волн в горной породе пласта, затем обрабатывают нефтяной пласт, проводя серию последовательных обработок путем излучения волн механической природы рассчитанного ряда резонансных частот в порядке убывания частот, при этом в качестве генератора волн используют генератор волн механической природы, располагаемый в скважине в области обрабатываемой зоны пласта.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что характерный размер блоков породы определяют по формуле

$L_i = \sqrt{L_{\min} \cdot L_{\max}}$, L_i - i -й характерный размер блока породы, а L_{\max} и L_{\min} - максимальные и минимальные линейные размеры отдельных блоков породы, а в качестве волн механической природы используют ультразвуковые, акустические, ударные и гидравлические волны.