

должны осуществляться на глубины 2,0-2,5 м, а выбор параметров крепей с обратным сводом должен учитывать эту особенность.

Таким образом, физической предпосылкой развития пучения почвы исследуемых выработок, определяющих ее величину и интенсивность, являются особенности деформационных процессов, имеющих место в окружающих породах и проявляющихся в волновом характере нагружения пород почвы по длине выработки, а также в разноглубинном развитии трещинообразования в массиве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика геофизического прогноза удароопасности участков угольных пластов и рудных залежей. – М.: Недра, 1980. – 89 с.

УДК 622.276:537.528

О.Н. Сизоненко, И.С. Швец

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАЗРЯДА ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРИТОКА НЕФТИ В СКВАЖИНУ

Виконаний аналіз чинників, виникаючих при високовольтному імпульсному розряді в рідині, що заповнює свердловину, який відомий як ефективний метод впливу на призабойну зону свердловин з метою інтенсифікації притоку нафти. Запропонований основний механізм впливу, визначені умови застосування електророзрядної технології на основі як лабораторних досліджень, так і досвіду роботи на свердловинах в різних геолого-технологічних умовах родовищ Росії і України. Визначені можливості підвищення ефективності технології.

Продуктивность скважин в значительной мере определяется проницаемостью призабойной зоны пласта (ПЗП), несущей основную фильтрационную нагрузку при извлечении нефти. В процессе эксплуатации пласта в его прискважинной части образуется зона, имеющая сложное поле напряжений, влияющее на распределение воды, нефти, газа. Кроме того, в силу неоднородности минерального строения коллекторов распределение нефти и воды в капиллярах может быть весьма неоднородным. Часть порового пространства насыщена, в основном, нефтью с каплями или пленками воды, другая, более обводненная, может содержать пленки и глобулы нефти. Изменение поверхности раздела нефти и воды при их движении в процессе эксплуатации пласта приводит к изменению фазового равновесия систем нефть - вода; нефть, удержанная поверхностью, - нефть; свободная вода - связанная вода. Особенно существенны такие изменения в зоне пласта, где наблюдаются, как правило, частые изменения термодинамического состояния (температуры, давления, насыщенности) пласта. Кроме того, часть пласта около скважины в результате бурения скважины находится в напряженном состоянии. Поровая поверхность, смоченная нефтью, особенно в местах соприкосновения зерен, активированная при бурении, может долго находиться в таком состоянии и инициировать выпадение парафинов, смол и, возможно, солей даже из недонасыщенных растворов. Помимо этого, постоянное течение нефти и воды через поровые каналы призабойной зоны пласта может приводить к поляризации твердой поверхности, тем более существенней, чем больше скорость движения флюида и ниже температура пласта [1]. В результате этого фазовые переходы в пласте (выпадение парафина, солей, выде-

ление газа) могут изменить свою кинетику. Поровая поверхность заряжена очень неоднородно, однако считается, что в большинстве горных пород превалирует отрицательный заряд над положительным [2]. Положительный заряд поверхности может вызывать увеличение скорости роста кристаллов, а отрицательный - повысить число растущих кристаллов, снизить скорость роста и сгладить фронт кристаллизации. В коллекторах, на участках, где превалирует отрицательный заряд, будут, вероятно, наблюдаться интенсивные фазовые переходы даже при некотором недонасыщении. Степень недонасыщения связана с величиной активности поровой поверхности.

Проблема поддержания хороших фильтрационных свойств призабойной зоны пласта сводится, как видно, к проблемам дезактивации ее поровой поверхности, например, с помощью физических полей. Использование различных физических полей относят к перспективным методам обработки ПЗП как с точки зрения эффективности, так и экологической чистоты.

Высоковольтный разряд в жидкости как электрофизический метод воздействия на ПЗП уже достаточно широко известен. Промысловые испытания электроразрядного скважинного устройства, разработанного в институте импульсных процессов и технологий НАН Украины, были начаты в 1983 году на месторождениях ПО "Татнефть" [3]. Метод воздействия на ПЗП заключается в том, что в скважине, заполненной жидкостью, реализуя высоковольтный разряд, возбуждают циклические волны сжатия, пульсирующую парогазовую полость и акустические волны. Волны сжатия разрушают отложения в зоне перфорационных отверстий, затем, многократно отражаясь, они трансформируются в волны напряжения-растяжения, которые развивают новые трещинные каналы.

Перепады давления при импульсном воздействии изменяются попеременно по величине и направлению, в результате чего жидкость перемещается из застойных зон и каналов в зоны активного дренирования [4].

Акустические волны, возбужденные при высоковольтном импульсном пробое жидкости, заполняющей скважину, дезактивируют поровую поверхность ПЗП путем разрушения пространственной структуры насыщающей жидкости, в том числе в пределах поверхностных слоев, примыкающих к стенкам поровых каналов, тем самым способствуя увеличению скорости фильтрации.

Электроразрядное устройство, которым реализуется технология, используют в остановленных на какой-либо ремонт скважинах. Обязательным условием является заполнение скважины жидкостью глушения до устья и освобождение скважины от подземного оборудования (насосно-компрессорные трубы, насос).

Устройство состоит из трех основных частей: наземной – преобразователь частоты; погружной – генератор импульсных токов; соединительной – геофизический кабель. Применение в качестве соединительного элемента геофизического кабеля (типа КГЗ) со стандартным наконечником обеспечивает надежное крепление погружной части устройства и использование любого каротажного подъемника.

Устройство перемещается в скважине вдоль зоны перфорации обсадной колонны, глубина спуска ограничена гидростатическим давлением до 50 МПа и температурой до 100°C.

Отличительная особенность электроразрядной технологии – возможность получения импульсного давления в локальной зоне продуктивного горизонта, причем амплитуду импульсного давления и его длительность можно регулировать в зависимости от условий коллектора. Установлено, что очистка обсадной колонны и перфорационных отверстий от отложений происходит за счет возникновения в них окружных напряжений, которые значительно превышают предел прочности отложений. За цементным кольцом амплитуды окружных и радиальных напряжений близки между собой и способствуют образованию трещин, так как достигают предела прочности материала на растяжение [5]. Скважинная жидкость, проникая со скоростью около 150 м/с в перфорационные отверстия, а затем в породу, также способствует разрушению отложений и развитию трещин.

Электроразрядная технология реализовывалась в добывающих и нагнетательных скважинах по различным геолого-техническим условиям. Скважины, в основном глубинонасосные, глубиной от 800 до 3500 м, эксплуатирующие малодобитные горизонты. Продуктивные пласты, подвергнутые обработке, представлены терригенными и карбонатными отложениями, проницаемость коллекторов не превышала 0,05 мкм², пористость не превышала 15 %. Значительный объем промысловых данных (более 200 скважин) позволяет провести анализ выполненной работы.

В таблице 1 представлены данные электроразрядных обработок по добывающим и нагнетательным скважинам ПО “Татнефть” за 1987 – 1988 годы.

Таблица 1 – Данные электроразрядных обработок скважин ПО “Татнефть”

Годы	Число обработок *)	Процент эффективных обработок	Фактический прирост добычи, м ³	Средняя продолжительность эффекта, сутки
1987	19	80	6030,8	146,2
1988	15/3	54/70	1369/36804	206/114

*) число добывающих / число нагнетательных скважин.

Как видно из представленных данных, эффективность обработок в 1987 году была довольно высокая и составила 80%. Обработки проводились, в основном, в терригенных отложениях девона (пашийский горизонт) и нижнего карбона (бобрковский горизонт). В 1988 году эффективность обработок снизилась на 26 % по сравнению с 1987 годом. Этот факт можно объяснить тем, что в 1988 году большинство скважин характеризовалось карбонатными отложениями – известняками кизеловского горизонта и доломитовыми известняками данково-лебедянского горизонта. А как было вследствие установлено исследованиями [6], в таких породах, в диапазоне энергий эксплуатируемых устройств, воздействие электрического разряда на фильтрационные свойства незначительно.

В течение 1989-1990 гг. работа по отработке технологии электроразрядного воздействия на призабойную зону скважин проводилась в ПО "Пермьнефть". Была обработана 31 скважина, успешность обработок составила 80%. Все обработки скважин выполнялись в сочетании с соляно-кислотной обработкой в карбонатных коллекторах, с ингибиторами солеотложений и испытателями пластов в терригенных отложениях.

Комбинированные обработки в карбонатных низкопроницаемых коллекторах, когда обработка соляной кислотой позволяла повысить дебит ~ на 10%, а электроразрядная обработка не дала положительного результата, позволила увеличить дебит в 2-3 раза. Объяснить, на наш взгляд, полученный результат можно следующим образом. При электроразрядном воздействии, как уже было сказано выше, образуется сеть микро- и макротрещин. Известно, что образование трещин сопровождается появлением новых химически (электрически) активных поверхностей, которые быстро насыщаются жидкостью, которая находится в скважине, особенно при наличии перепада давления в пласте. Если скважина заглушена водой, то она будет способствовать частичному зарастанию трещин. Если скважина будет заполнена раствором поверхностно-активных веществ, то на поверхности трещин будет образована тонкая адсорбционная пленка и, следовательно, фильтрационная зона будет существенно увеличена. Поэтому в настоящее время мы решаем проблему повышения эффективности электроразрядного воздействия в низкопроницаемых коллекторах путем использования для обработки призабойных зон комплексного воздействия электрического разряда и реагентной обработки.

С 1993 года и по настоящее время проводятся работы по отработке электроразрядной технологии на малodeбитных скважинах Днепроовско-Донецкой впадины Украины. Обрабатывались добывающие и нагнетательные скважины Богдановского и Прилукского месторождений.

Продуктивные горизонты Богдановского месторождения сложены песчано-алевролитовыми пластами. Коллекторы нефти терригенные, гранулярные, порового типа. Промышленные скопления нефти Прилукского месторождения находятся в прослоях песчаников и алевролитов.

Необходимо отметить, что все предыдущие работы с электроразрядным скважинным устройством выполнялись в скважинах, заглушенных минерализованной водой. При этом было известно, что глушение скважин минерализованной водой приводит к отрицательным последствиям, связанным с проникновением в призабойную зону пласта значительных объемов соленого раствора, твердых частиц и водных фильтратов, блокирующих ее и снижающих фазовую проницаемость для нефти. В результате этого увеличиваются сроки освоения и вывода скважин на рабочий режим, снижаются дебиты в послеремонтный период эксплуатации, что обуславливает существенные недоборы в добыче нефти [7].

Проведенные исследования электрического разряда в условиях, характерных скважинным, когда в качестве жидкости глушения используют водный электролит различной электрической проводимости, позволили установить, что с увеличением электропроводности амплитуда импульсных давлений уменьша-

ется и, следовательно, эффективность электроразрядной обработки призабойной зоны снижается [8].

Известно, что в последнее время для глушения скважин используют жидкости на углеводородной основе, которые исключают негативное воздействие на продуктивный пласт [9].

Поскольку обратные эмульсии имеют двойные свойства: основа - диэлектрическая органическая жидкость с высокой электрической прочностью и дисперсные капельки водного электролита - как проводящий элемент системы, основным интерес вызывают выполненные нами исследования влияния удельной электрической проводимости дисперсионной среды и ее процентного содержания на амплитуду волн сжатия при электрическом разряде [10].

В экспериментах использовалась нефть-сырец Павловского месторождения, являющаяся концентрированной эмульсией с содержанием дисперсной фазы 20% в дисперсионной среде, воде с удельной электрической проводимостью $\sigma=1,7 \text{ Ом}^{-1} \text{ м}^{-1}$ и та же дисперсная фаза 20% в дисперсионной среде с $\sigma=9,3 \text{ Ом}^{-1} \text{ м}^{-1}$. Концентрированная эмульсия готовилась перемешиванием дисперсной фазы в дисперсионной среде с добавлением эмульгатора ЭС-2 (1 об.%).

Исследовалась также эмульсия концентрированная с содержанием дисперсной фазы 50% в дисперсионной среде с $\sigma=1,7 \text{ Ом}^{-1} \text{ м}^{-1}$ и высококонцентрированная с содержанием дисперсной фазы 80% в дисперсионной среде с $\sigma=1,7 \text{ Ом}^{-1} \text{ м}^{-1}$. Высококонцентрированная и концентрированная эмульсии с содержанием дисперсной фазы 50% являлись нефтью-сырцом Павловского месторождения.

Исследования выполнялись на экспериментальном стенде в камере высокого давления при гидростатическом давлении до 30 МПа.

В результате проведенных исследований установлено, что:

- амплитуда волн сжатия в эмульсии с любым содержанием дисперсной фазы в дисперсионной среде с $\sigma=1,7 \text{ Ом}^{-1} \text{ м}^{-1}$ выше, чем в водном электролите с $\sigma=0,09 \text{ Ом}^{-1} \text{ м}^{-1}$;

- увеличение удельной электрической проводимости дисперсионной среды с $\sigma=1,7 \text{ Ом}^{-1} \text{ м}^{-1}$ до $\sigma=9,3 \text{ Ом}^{-1} \text{ м}^{-1}$ при содержании дисперсной фазы 20% приводит к уменьшению амплитуды волн сжатия \sim в 8 раз.

- рост гидростатического давления до 30 МПа практически не сказывается на амплитуде волн сжатия в эмульсии с любым содержанием дисперсной фазы.

Выполненная работа позволяет сделать вывод, что водонефтяная эмульсия является наиболее предпочтительной средой в скважине при электроразрядной обработке, по сравнению с водными электролитами любой удельной электрической проводимости, возможной в условиях скважин.

Анализируя проведенные исследования как в лаборатории, так и опыт работы на скважинах, мы провели промысловые исследования на Богдановском и Прилуцком месторождениях электроразрядного воздействия как в среде водных электролитов (пластового флюида), так и в среде углеводородов, а также комбинированного воздействия электроразряда и кислотной обработки; электроразряда и акустического воздействия в среде реагента.

Всего с 1993 года было обработано 20 скважин, успешность обработок составила 80%. Результаты обработок скважин за период с 1995 по 1998 гг. представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты электроразрядных обработок некоторых скважин Украины

№	№ скважины и название месторождения	Воздействие	Интервал перфорации, м	Среднесуточный дебит нефти, т/сут		Обводненность, %		Продолжительность эффекта, месяцы
				до воздействия	после воздействия	до воздействия	после воздействия	
1	27 - Прилуки	ЭР в среде углеводородов	1601-1604; 1607-1612	2,0	8,0	13,0	4,7	15
2	60 - Богданы	~	2085-2093	2,1	4,4	56,7	5,4	10
3	14 - Прилуки	~	1794-1797	0	9,8	0	6,2	38
4	12 - Прилуки	ЭР в среде пластового флюида	1733-1735	1,2	1,58	5,0	4,4	8
5	81 - Богданы	~	2868-2882	2,0	3,0	0	12,7	5
6	171 - Гнединцы	~	1752-1755	0,5	2,6	98,7	97,4	32
7	64 - Мильки	ЭР+акустическое воздействие в среде углеводородов+ПАВ	2431-2438	4,0	12,0	50	42,6	36
8	75 - Богданы	Кислотное+ЭР	2220-2240	13,5	37,5	2,5	11	28
9	79 - Богданы нагнетательная	Кислотное+ЭР	3303-3316	0 м ³ /сут	360 м ³ /сут	-	-	-
10	77 - Богданы нагнетательная	~	2275-2798; 2803-2813	30,0	400	-	-	-

*) ЭР – электрический разряд

Как видно из представленных данных, электроразрядная обработка в среде углеводородов позволила ~ в 2 раза улучшить результаты по увеличению дебита нефти, чем при работе оборудования в среде пластового флюида.

Хорошие результаты получены при комбинированном воздействии, что еще раз подтверждает возможность повышения эффективности электроразрядного воздействия при сочетании физического и химического методов воздействия на призабойную зону скважин.

Считаем необходимым также отметить снижение обводненности нефти (в 80%) при электроразрядной обработке.

В настоящее время мы занимаемся решением проблемы повышения эффективности электроразрядного воздействия в низкопроницаемых коллекторах, осложненных выделением асфальто-смоло-парафиновых отложений, что позволит значительно расширить область возможного применения технологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гиматулинов Ш.К., Ширковский А.И. Физика нефтяного и газового пласта.- М.: Недра, 1982. - 311 с.
2. Духин С. В., Дерягин Б. П. Электрофорез.- М.: Наука, 1976.- 270 с.
3. Использование электровзрывного воздействия на призабойную зону / Р.А. Максутов, О.Н. Сизоненко, П.П. Малошевский и др. // Нефтяное хозяйство.-1985.- №1. - С.34-35.
4. Исследование воздействия электрического взрыва на проницаемость пород в процессе фильтрации / О.Н. Сизоненко, Д.Н. Ляпис, В.Н. Буряк, В.Н. Банько // Нефтяное хозяйство. - 1993. - №3. - С.19-21.
5. Косенков В.М., Сизоненко О.Н. Динамика призабойной зоны нефтяной скважины под действием импульсной нагрузки // Воздействие высоких давлений на материалы / НАН Украины, Инс-т пробл. Материаловедения им. Францевича. - Киев, 1996. - 140с.
6. Сизоненко О.Н., Любимов А.Д., Денисюк О.Н. Исследование влияния профиля волны сжатия электроразряда на изменение пористости и проницаемости осадочных пород // Физика и техника высоких давлений. - 1997. - том 7. - №1. - С.107-111.
7. Влияние задавочных жидкостей на освоение и работу скважин в послеремонтный период / Г.М. Ахмадиев, Г.А. Орлов, Б.А. Лерман и др. // Нефтепромысловое дело Н.Т.С. - 1981. - №9. - С.39-42.
8. О возможностях электрического пробоя жидкости в прискважинной зоне / О.Н. Сизоненко, Д.Н. Ляпис, В.Н. Буряк, В.Н. Банько // Физика импульсных разрядов в конденсированных средах. - Киев: Наукова думка. 1991. - С.22-24.
9. Орлов Г.А, Мусабиров М.Х., Сулейманов Я.И. Технология глушения скважин с использованием обратной эмульсии и минерализованной воды. // Нефтяное хозяйство. - 1992. - №8. - С.43-44.
10. Сизоненко О.Н., Любимов А.Н., Денисюк О.Н. Влияние обводненности водонефтяной эмульсии на эффективность электрического разряда // Нефтяное хозяйство. - 1996. - №4. - С.51-52.

УДК 622.831:622.272.62

Я.М. Наливайко, Л.В. Новикова, Л.И. Заславская НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ МАССИВА ПРИ РАЗРАБОТКЕ СВИТЫ ПЛАСТОВ

Методом граничных элементов розв'язана задача геомеханіки для умов шахт Львівсько-Волинського басейну. Визначені напруження та розміри області опорного тиску для очисної виробки відносно щілика, що залишують при відпрацюванні вищезгаданого пласта.

Месторождение Львовско-Волинского угольного бассейна представляет собой свиту сближенных пластов, междупластья которых в ряде случаев доходят до 10 м. Пласты преимущественно малой мощности, залегают полого. Глубина залегания 400...600 м. Прочность углевмещающих пород изменяется в пределах 30...80 МПа. В таких условиях для решения вопросов, связанных с планированием горных работ и уменьшением потерь полезного ископаемого в недрах, необходимо располагать картиной распределения напряжений и перемещений пород в зонах повышенного и пониженного горного давления.

В случае сближенных пластов пока можно говорить лишь о качественной картине напряженно-деформированного состояния в окрестности очистного забоя, так как имеющиеся данные о проявлениях горного давления при разработке свиты пластов установлены путем шахтных или лабораторных экспериментов. Будучи отнесенными к конкретным горнотехническим условиям, они не могут быть использованы при проектировании технологий разработки для дру-