

В.Г.ЖЕКУЛ, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., ИИПТ НАН Украины, Николаев;

В.А.КУЧЕРНЮК, канд. техн. наук, нач. групп., НИПИ ПАО «Укрнафта», Киев;

Ю.И.МЕЛЬХЕР, мл. науч. сотр., ИИПТ НАН Украины, Николаев;

С.Г.ПОКЛОНОВ, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., ИИПТ НАН Украины, Николаев;

А.П.СМИРНОВ, канд. техн. наук, науч. сотр., ИИПТ НАН Украины, Николаев;

И.С.ШВЕЦ, канд. физ.-мат. наук, вед. науч. сотр., ИИПТ НАН Украины, Николаев

ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНАЯ ОБРАБОТКА СКВАЖИН НА НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УКРАИНЫ

У роботі представлено результати натурних випробувань електророзрядного способу декольматції на нафтовидобувних свердловинах України із застосуванням закритої електродної системи. Вони показують, що дебіт свердловин після обробки виріс в 2-4 рази й залишався на цьому рівні більше 1 року. Це свідчить про ефективність і доцільність використання схеми обробки із застосуванням закритої електродної системи.

The paper features the results of full-scale tests of the electrodischarge method of decolmatation on oil-producing wells of Ukraine with use of a closed electrode system. The results herefrom demonstrate that the debit of wells after treatment has increased 2-4 times and held the same level for over 1 year. This fact indicates the efficiency and expediency of use of the treatment pattern with a closed electrode system.

В работе представлены результаты натурных испытаний электроразрядного способа декольматации на нефтедобывающих скважинах Украины с применением закрытой электродной системы. Они показывают, что дебит скважин после обработки вырос в 2-4 раза и оставался на прежнем уровне в течение более 1 года. Это свидетельствует об эффективности и целесообразности использования схемы обработки с применением закрытой электродной системы.

Введение

В процессе многолетней эксплуатации производительность большинства действующих нефтяных скважин уменьшается. При этом степень выработки пласта, даже при самых благоприятных условиях, не превышает 50-60 % геологических запасов, а на месторождениях с низкопроницаемыми коллекторами, содержащих высоковязкие нефти, эта цифра колеблется от 2 до 10 %. Поддержанию объемов добычи нефти на прежнем уровне можно обеспечить наращиванием объема буровых работ и введением в эксплуатацию новых скважин или внедрением эффективных технологий восстановления работоспособности старых скважин. При этом следует учесть, что затраты на увеличение производительности уже существующих скважин, как правило, намного меньше затрат на бурение новых скважин.

Анализ состояния

Одна из главных причин снижения продуктивности скважины и работающей мощности интервала перфорации является уменьшение проницаемости призабойной зоны (ПЗ) вследствие ее кольматации. В обобщенном виде кольматацию можно представить как результат:

- проникновения фильтратов глинистого и цементного растворов в пласт в процессе бурения и проведения тампонажных работ;
- образования плотных трубок в результате спекания горной породы при перфорации продуктивного интервала;
- асфальто-смоло-парафиновых отложений в перфорационных отверстиях и других различного рода отложений частиц породы, выпадения продуктов реакции в результате широко применяемых обработок ПЗ химическими реагентами;
- кольматации капиллярной системы продуктивного пласта вследствие закупорки поровых каналов коллоидно-дисперсной системой, образующей пространственную сетку.

Для восстановления проницаемости призабойной зоны и очистки перфорационных отверстий от отложений и, как результат, интенсификации добычи углеводородов применяются различные методы декольматации. Среди множества этих методов одним из наиболее перспективных является электроразрядный способ [1]. Он отличается от других экологической чистотой и безопасностью проведения работ, относительной дешевизной и технологической простотой, достаточно высокой эффективностью обработки (дебит увеличивается в 2-3 и более раза) и возможностью селективного воздействия, а также достаточно длительным сроком сохранения эффекта воздействия (от нескольких месяцев до 1 года и более).

Однако широкий диапазон изменения внутрискважинных условий: гидростатическое давление до 50 МПа, температура до 100 °С, различные по составу и электропроводности, которая может меняться в процессе обработки, скважинные жидкости (от электролитов до водонефтяных эмульсий и чистых нефтей), - оказывают существенное влияние на эффективное осуществление и реализацию электроразрядной обработки скважин. Все это приводит к тому, что на практике при условии применения открытых электродных систем (ОЭС) для стабилизации работы электроразрядного устройства устанавливаются небольшие, порядка 10 мм, неоптимальные разрядные (межэлектродные) промежутки (МЭП). Это приводит к снижению эффективности разряда как по амплитуде волны давления, так и по удельному импульсу [2]. Кроме того, при малых значениях длины межэлектродного промежутка реализуется колебательный режим разряда. В результате этого наблюдается значительный эрозионный износ острейшего электрода-анода и существенно снижается ресурс импульсных конденсаторов. Второй минус схемы обработки с использованием ОЭС обусловлен тем, что в случае заполнения скважины водонефтяной эмульсией при гидростатическом давлении более 30 МПа около 30 %

разрядов не завершаются пробоем и происходит ухудшение условий пробоя с повышением температуры, а при температуре в скважине более 70 °С предпробивные потери увеличиваются до 50 % от запасенной энергии [3]. При заполнении скважины водонефтяной эмульсией также всегда нужно учитывать вопрос ее устойчивости. Ее расслоение в зоне разряда может привести к существенному снижению эффективности (если в зоне разряда окажется соленая вода) или выходу из строя оборудования (если в разряде окажется чистая нефть) [4].

Поэтому для преодоления этой проблемы была разработана электродная система закрытого типа (ЗЭС) [5]. Главное отличие ЗЭС от ОЭС – наличие гидродинамически непроницаемого акустически прозрачного экрана (оболочки), отделяющего жидкость в зоне разряда от скважинной жидкости и не допускающего их смешения. Электропроводность жидкости в зоне разряда подбирается, исходя из внутрискважинных условий (температура, давление) согласно [6]. Однако широкомасштабному применению схемы обработки с ЗЭС препятствует отсутствие опыта практического использования на скважинах.

В этой связи испытание схемных решений электроразрядного оборудования с применением ЗЭС, обеспечивающих его надежную и эффективную работу в натуральных условиях при заполнении скважин любой жидкостью глушения, оценка и анализ результатов промысловых испытаний является целью настоящей работы.

Выбор параметров электроразрядной обработки скважин

Использование схемных решений электроразрядной обработки с применением ЗЭС позволяет обеспечить ряд эффективных параметров электроразрядной обработки, которые были получены в результате проведения ряда теоретических и экспериментальных исследований.

Теоретические исследования режимов подготовки скважины к обработке (влияние вида жидкости «глушения» скважины на эффективность воздействия) показали, что при электроразрядном воздействии в скважине, заполненной рабочим агентом с динамической вязкостью $\sim 0,9 \cdot 10^{-2}$ Па·с (что соответствует характеристикам маловязкой нефти), на контактной границе раздела «скважинная жидкость – вязкое отложение» возникают касательные напряжения, соизмеримые с критическим напряжением сдвига для вязких веществ, чего не наблюдается в случае заполнения скважины водой. Это приводит к деформации и разрушению верхнего слоя отложений при движении скважинной жидкости. Поэтому для «глушения» скважины лучше применять более вязкие, чем вода, жидкости (нефть, водонефтяная эмульсия и т. п.) [7]. Однако этот режим подготовки возможен при использовании схемы обработки с ЗЭС. Этот вывод в дальнейшем был проверен в натуральных испытаниях.

Экспериментальные исследования влияния режимов электроразрядного

способа декольматации на эффективность очистки призабойной зоны скважины от хрупких отложений были выполнены на физической модели призабойной зоны скважины [8]. Результаты эксперимента показали, что наилучший эффект наблюдается на режиме с оптимальным МЭП по амплитуде волны давления. Режимы с малыми межэлектродными промежутками характеризуются сильным падением эффективности воздействия (при МЭП 10 мм эффективность воздействия снизилась на 32 %, а на МЭП, равном 5 мм, не было замечено никаких результатов воздействия). Это позволяет рекомендовать проводить электроразрядную обработку на режиме с оптимальным МЭП по амплитуде волны давления. Данный режим в специфических скважинных условиях может обеспечить только схема электроразрядной обработки с использованием ЗЭС.

Промысловые испытания

В первой половине 2010 г. прошли испытания схемных решений электроразрядного оборудования с применением ЗЭС, обеспечивающих его надежную и эффективную работу в натуральных условиях при заполнении скважин несколькими жидкостями глушения.

16-18 января 2010 г. были выполнены натурные испытания электроразрядного способа на двух нефтедобывающих скважинах НГДУ «Надвирнанефтегаз»: скважине № 90 Довбушанско-Быстрицкого месторождения и скважине № 58 Луквинского месторождения. С 31 мая 2010 г. по 3 июня 2010 г. были обработаны еще две нефтедобывающие скважины НГДУ «Надвирнанефтегаз»: скважина № 9 Довбушанско-Быстрицкого месторождения и скважина № 8 Пнивского месторождения.

Параметры скважин, дебит скважин до обработки и дебит скважин после обработки представлены в табл. 1.

В качестве показателя эффективности обработки скважины, устойчивости и продолжительности эффекта был выбран дебит скважин. Предварительно был замерен дебит скважин до обработки. После обработки, по прошествии 10 дней, был выполнен повторный замер дебита. Результаты испытаний и последующих проведенных замеров показали, что после электроразрядной обработки дебит по нефти всех скважин вырос: дебит скважины № 90 вырос в 2,7 раза; дебит скважины № 58 – в 4,2 раза; дебит скважины № 9 – в 2,4 раза; дебит № 8 – в 3,15 раза.

В ходе натуральных испытаний на двух скважинах проводились исследования влияния параметров подготовки скважины к обработке (тип рабочей жидкости (жидкости «глушения», заполняющей скважину)) на эффективность обработки (табл. 2). Особенностью выбранных скважин явилось высокое процентное содержание парафина. Для этого скважина № 90 глушилась пластовой жидкостью, а скважина № 58 – более вязкой жидкостью – нефтью. На скважине № 58 с повышенным содержанием парафина (11,1 %) был получен больший эффект от электроразрядной обработки, чем на скважине № 90

(процентное содержание парафина – 7,7 %). Эти результаты косвенно подтверждают вывод, полученный в работе [7] о предпочтительности заполнения скважины более вязкой, чем вода, жидкостью (например, нефть, водонефтяная эмульсия и т.п.).

Таблица 1 – Параметры скважин, дебит скважин до и после обработки

Скважина, месторождение	Пласт. давлен., МПа	Пласт. темпер., °С	Дебит до обработки, т/сутки		Дебит после обработки, т/сутки	
			жидк.	нефть	жидк.	нефть
скважина № 58, Луквинское месторождение	10,1	34	0,287	0,24	1,19	1,0
скважина № 90, Довбушанско-Быстрицкое месторождение	11,3	58	0,619	0,46	1,72	1,24
скважина № 9, Довбушанско-Быстрицкое месторождение	21,9	59	0,593	0,5	1,597	1,2
скважина № 8, Пнивское месторождение	20,4	56	0,456	0,34	1,578	1,07

Таблица 2 – Параметры подготовки скважины к обработке

Скважина	Начальный дебит, (т/сутки) нефти дебит после обработки, (т/сутки)	Процентное содержание парафина жидкости глушения скважины
№ 90 Довбушанско-Быстрицкого месторождения	0,46	7,7 %
	1,24 увеличение в ~ 2,7 раза	пластовая вода ($\mu=0,5 \cdot 10^{-2}$ Па·с)
№ 58 Луквинского месторождения	0,24	11,1 %
	1,0 увеличение в ~ 4,2 раза	товарная нефть ($\mu=1 \cdot 10^{-2}$ Па·с)

Ежемесячные замеры дебита по нефти на скважинах № 58 и № 90 позволили судить об устойчивости и продолжительности эффекта обработки. Результаты замеров показали, что электроразрядная обработка характеризуется хорошей устойчивостью и продолжительностью сохранения эффекта. Для примера в табл. 3 приведены данные по динамике изменения дебита по нефти нефтяных скважин № 90 Довбушанско-Быстрицкого месторождения и

№ 58 Луквинского месторождения. Аналогичные результаты получены и по двум другим скважинам. Опыт эксплуатации обработанных электроразрядным способом скважин показал практически стабильную их продуктивность в течение времени более 1 года.

Таблица 3 – Динамика изменения дебита по нефти нефтяных скважин

Скважина	дебит после обработки, т/сутки			
	1 мес.	2 мес.	3 мес.	4 мес.
Скважина № 58	1,00	1,00	1,00	0,97
Скважина № 90	1,18	1,14	1,10	1,18

Выводы

Натурные испытания электроразрядного способа интенсификации добычи углеводородов на нефтедобывающих скважинах месторождений Ук-раины показали эффективность и целесообразность использования технологической схемы обработки с применением электродной системы закрытого типа. Реализация такого схемного решения позволила увеличить дебит обработанных нефтедобывающих скважин в 2-4 раза при условии сохранения эффективности более 1 года.

Список литературы: 1. *Максутов Р.А.* Использование электроразрядного воздействия на призабойную зону / *Р.А.Максутов, О.Н.Сизоненко, П.П. Малюшевский* // Нефтяное хозяйство. – 1985. – № 1. – С. 34-35. 2. Экспериментальное исследование эффективности электродных систем электрогидроимпульсных скважинных устройств / *Н.И. Ковязин, С.А. Уросов, Д.А. Шишков* и др. // Известия Вузов: Нефть и газ. – 2001. – № 2. – С. 32-35. 3. Формирование электрического разряда в водонефтяных эмульсиях при высоких давлениях и температурах / *В.Г. Жекул, С.Г. Поклонов, Л.П. Трофимова* и др. // Электронная обработка материалов. – 2001. – № 1. – С. 37-42. 4. *Жекул В.Г.* Оптимизация электрического разряда в скважинных жидкостях применительно к обработке нефтяных скважин / *В.Г. Жекул, С.Г. Поклонов, Л.П. Трофимова* // Электронная обработка материалов. – 2002. – № 6. – С. 75 - 80. 5. *Жекул В.Г.* Электроразрядные погружные установки со стабилизированными рабочими параметрами / *В.Г.Жекул, С.Г.Поклонов, И.С.Швец* // Нефтяное хозяйство. – 2006. – № 2. – С. 89-91. 6. Стабилизация режимных параметров высоковольтных систем электрогидроимпульсной обработки жидких неоднородных сред / *А.А. Щерба, В.М. Косенков, В.Г. Жекул* и др. // Техническая электродинамика. – 2004. – № 3. – С. 23-26. 7. The Study of the Effect of the Electrodischarge Action Modes on Viscous Deposits in Cylindrical Channels / *A.P. Smirnov, V.M.Kosenkov, V.G. Zhekul* и др. // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. – 2010. – Vol. 46, No. 3. – PP. 237-242. 8. *Жекул В.Г.* Экспериментальные исследования эффективности электроразрядного воздействия на физической модели призабойной зоны продуктивного пласта / *В.Г. Жекул, С.Г. Поклонов, А.П. Смирнов* // Электронная обработка материалов. – 2011. – № 1. – С. 101-105.

Поступила в редакцию 01.04.2012.