



УДК 622.276.63

## ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ ДЛЯ ТЕРРИГЕННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КИСЛОТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

### SANDSTONE RESERVOIRS PRODUCTION STIMULATION BY ACID COMPOSITIONS

**Омельянюк М.В.**

кандидат технических наук, доцент,  
заведующая кафедрой МОНПП,  
Армавирский механико-технологический  
институт (филиала),  
Кубанский государственный  
технологический университет  
m.omelyanyuk@mail.ru

**Рогозин А.А.**

начальник отдела,  
КИК ООО НК «Роснефть-НТЦ»  
aa\_rogozin@mail.ru

**Леонов Я.А.**

заведующий лабораторией,  
ФМПФ ООО НК «Роснефть-НТЦ»

**Аннотация.** Эффективным методом восстановления продуктивности скважин является метод химической обработки призабойной зоны пласта.

Недостатками стандартных химических методов являются: выпадение вторичных осадков после нейтрализации кислот; образование стойких эмульсий при контакте кислотных составов и пластовых флюидов; снижение фильтрационных и коллекторских свойств пласта при набухании глин; увеличение обводненности продукции вследствие расширения заколонных перетоков в водонасыщенные слои.

Актуальным направлением повышения эффективности кислотных методов интенсификации добычи является комплексная физико-химическая технология воздействия на пласты.

**Ключевые слова:** интенсификация, добыча, кислотный состав, керн, горная порода, скважина, проницаемость, рецептура, призабойная зона пласта, пористость, фильтрация, ультразвук.

**Omelyanyuk M.V.**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate professor,  
Armavir Institute of Mechanics  
and Technology (branch),  
Kuban state technological university  
m.omelyanyuk@mail.ru

**Rogozin A.A.**

Head of Department,  
KIK LLC Oil Company Rosneft STC  
aa\_rogozin@mail.ru

**Leonov Ya.A.**

Head of the Laboratory,  
FMPF LLC Oil Company Rosneft STC

**Annotation.** An effective method to restore wells productivity is method bottom-hole formation zone chemical treatment.

Standard chemical methods disadvantages are: secondary precipitation fall-out after blunting; building-up of stable emulsions at contact with acid compositions and reservoir fluids; decrease of filtration and reservoir properties during clay swelling; water production increase due to behind casing leak extension in water-saturated horizons.

Actual direction to increase acidic methods production stimulation efficiency is a complex of physico-chemical technology to impact on the formation.

**Keywords:** stimulation, production, acid composition, core sample, geological material, well, permeability, formulation, bottom-hole formation zone, porosity, filtration, ultrasound.

Кислотная обработка является эффективным методом очистки ствола скважины и призабойной зоны и повышения производительности скважин. В результате проведения комплексного кислотного воздействия происходит растворение кольматирующих материалов, отложений и осадков с последующим удалением продуктов реакции из скважины и призабойной зоны пласта. Интенсификация эксплуатации скважин путем кислотной обработки является актуальной и в настоящее время. Однако имеет место низкая и даже нулевая эффективность от кислотных обработок скважин в ряде случаев. В связи с этим в рамках лабораторных исследований была проведена работа по поиску и экспериментальному обоснованию новых рецептур комплексных кислотных составов для стимуляции терригенных коллекторов на примере майкопских отложений месторождений Краснодарского края.

За время эксплуатации данных месторождений уменьшились дебиты скважин, увеличилась степень загрязнения и насыщенность прискважинной зоны пласта водной фазой. В 2006–2007 гг. на месторождениях были проведены глинокислотные обработок с добавлением в состав уксусной кислоты и KCl. При этом успешность составила порядка 25 %. Вероятно, это связано с осадкообразованием и недостаточной степенью удаления продуктов реакции из скважины и призабойной зоны.



Для повышения эффективности проведения кислотных обработок и снижения риска получения отрицательных результатов предлагаются до СКО проводить экспериментальные исследования по определению фильтрационно-емкостных свойств кернового материала, а также анализ кислотных рецептур для обработки конкретных коллекторов месторождения.

В рамках данной работы было оценено 7 кислотных составов, а так же дополнительно для увеличения эффективности два эксперимента с дополнительным применением ультразвукового воздействия, так как оно оказывает существенное влияние на продвижение жидкости по капиллярам, объясняемое возникновением акустических кавитаций. Так, при интенсивности ультразвука более  $0,3 \text{ Вт/см}^2$  в жидкой среде возникают следующие явления:

1. Генерирование и передача тепла, возникающие вследствие потерь энергии, неизбежных при распространении ультразвуковых колебательных процессов.
2. Кавитация, обуславливающая эрозию материалов, диспергирование, гомогенизацию, эмульгирование, ускорение диффузионных процессов.
3. Акустические течения – стационарные вихревые микро- и макротоки жидкости, возникающие в ультразвуковом поле при колебаниях воздушного пузырька вблизи поверхности твёрдого тела.
4. Химические эффекты – ускорение различных химических реакций, деполимеризации, электрохимических процессов.
5. Диффузионные эффекты – интенсификация процессов проникновения молекул через пористые материалы.
6. Капиллярные эффекты – под воздействием ультразвука значительно повышается скорость и глубина проникновения в пористые и другие неоднородные материалы.

Воздействие ультразвука объясняется тем, что даже при низких интенсивностях ультразвукового поля ( $0,3 \text{ Вт/см}^2$ ) образуются мелкие пузырьки диаметром до  $0,1 \text{ мм}$ , скапливающиеся в узлах стоячей волны и сохраняющиеся здесь некоторое время. Первопричиной их являются выделившиеся газы, которые коагулировали в пузырьки. Под действием периодически меняющегося давления пузырьки пульсируют и изменяют свой объём в соответствии с частотой изменения звукового давления. При повышении интенсивности ультразвука часть растворившихся газов начинает выделяться, сливаясь в крупные пузырьки, поднимающиеся к поверхности. Происходит дегазация. Описанный процесс называется газовой или псевдокавитацией. В дегазированной жидкости происходит истинная кавитация. При захлопывании кавитационного пузырька возникает локальное кратковременное повышение температуры до нескольких тысяч градусов, а также местное повышение давления. Поскольку таких пузырьков образуется до нескольких миллионов в секунду, образуется кавитационная область, где действие указанных факторов весьма значительно. Захлопывание кавитационных разрывов вызывает образование ударных волн, которые создают в ближайшей зоне давления, в 100 раз превышающие первичное давление акустического поля.

Исходя из описанного выше, волновая обработка способствует глубокому проникновению химического состава в ПЗС, включая микронные и субмикронные поры, характерные для пород, сложенных глинистыми минералами. Схлопывание кавитационных полостей обуславливает локальные ударные волны, направленные к стенкам капилляров, что так же способствует более глубокому проникновению химического состава, увеличению площади поверхности реакции, и, как следствие, снижению времени химической реакции.

Воздействие ультразвука в части акустической кавитации зависит от ряда взаимовлияющих факторов: частоты ультразвука, времени воздействия, интенсивности звуковых волн, геометрических параметров пористой среды (размеры пор, капилляров, полостей).

### **Оценка эффективности кислотных составов на породу пласта**

Все исследования на определение эффективной интенсификации добычи нефти с применением кислотных составов проводились на реальных образцах кернового материала, отобранных из майкопских отложений месторождений Краснодарского края.

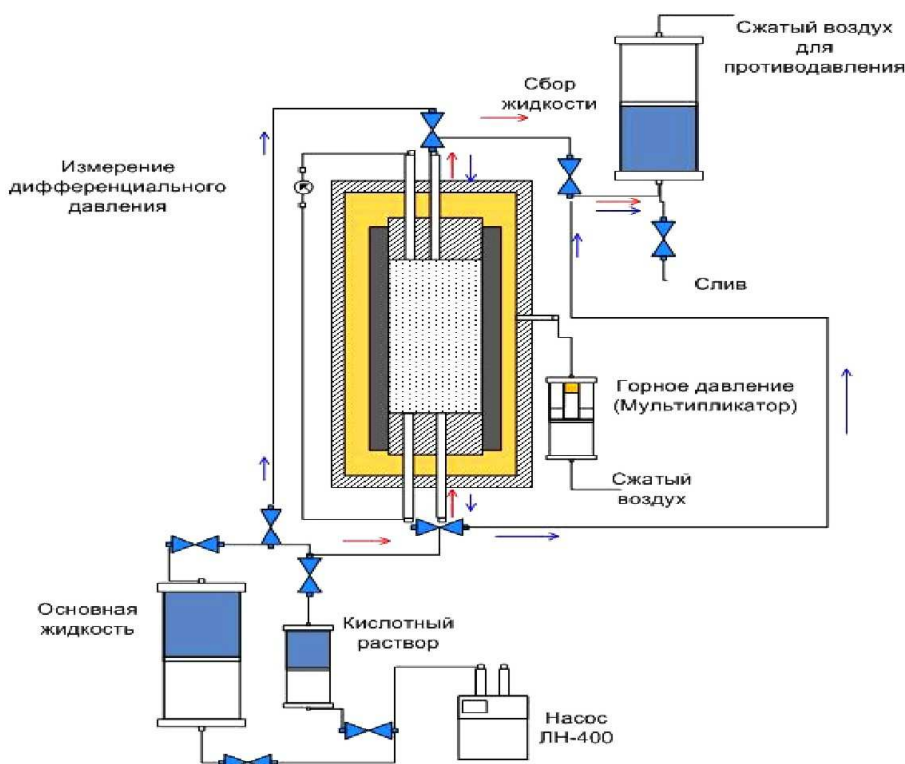
Образец кернового материала представляет собой цилиндр диаметром  $30 \text{ мм}$ . И длиной до  $70 \text{ мм}$ ., слагаемый из песчаника, алевритистого слабоглинистого. Диапазон изменения коэффициента пористости образцов составил от  $22,86 \%$  до  $26,14 \%$ , а коэффициент проницаемости по гелию от  $16,8$  до  $208,52 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$ .

Всего для оценки эффективности воздействия на породу пласта было проведено 9 опытов с применением 7 кислотных рецептур (табл. 1). Исследования проводились на лабораторном установке способной моделировать процесс фильтрации гомогенной жидкости в пористой среде, а так же закачки кислотного состава и воздействовать ультразвуком (рис. 1).



**Таблица 1** – Изменение фильтрационных свойств породы после закачки кислотных составов

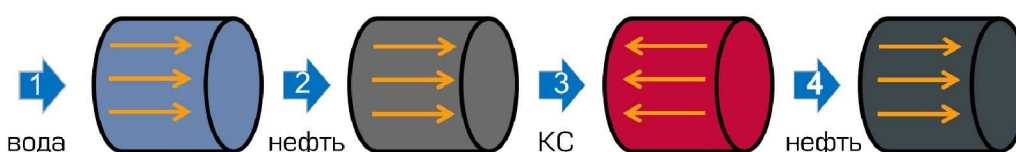
№ опыта	КС	Проницаемость, 10 <sup>-3</sup> мкм <sup>2</sup>			Коэффициент восстановления проницаемости, д. ед.
		по газу	по нефти	по нефти после кислотной обработки	
1	6 % HCl + 3 % HF	162,74	9,70	8,70	0,90
2	10 % HCl + 3 % HF	164,60	4,75	4,92	1,04
3	12 % HCl + 3 % HF	154,24	4,22	5,30	1,26
4	12 % HCl + 3 % HF + 1,5 % ПАВ	143,12	5,40	7,33	1,36
5	12 % HCl + 5 % HF	197,18	5,59	7,43	1,33
6	12 % HCl + 5 % HF + 1,5 % ПАВ	96,34	2,88	4,22	1,47
7	12 % HCl + 5 % HF + 1,5 % ПАВ + 0,5 % ГФ	208,52	5,82	9,09	1,56
8	12 % HCl + 5 % HF + 1,5 % ПАВ + ультразвук	17,55	1,07	2,11	1,97
9	12 % HCl + 5 % HF + 1,5 % ПАВ + 0,5 % ГФ + + ультразвук	16,80	0,93	1,94	2,09



**Рисунок 1** – Принципиальная схема фильтрационной установки

Каждое исследование состояло из 4 этапов (рис. 2):

1. Фильтрация 5–6 поровых объемов воды;
2. Фильтрация 5–6 поровых объемов нефти моделируется начальная нефтеводонасыщенность;
3. Воздействие на образец керна кислотным составом;
4. Фильтрация нефти и определение кратности увеличения проницаемости образца после воздействия кислотным составом.



**Рисунок 2** – Схема этапов эксперимента по определению кратности увеличения проницаемости образца



Дополнительно на 3 этапе, в опытах с применением ультразвукового воздействия на модель, проводилась обработка ультразвуком с частотой – 15 кГц и временем 1–2 часа.

В качестве критерия, характеризующего эффективность кислотной обработки, был принят показатель кратности увеличения проницаемости опытного образца после взаимодействия его с исследуемой жидкостной системой ( $\beta$ ).

$$\beta = K_i / K_o, \quad (1)$$

где  $K_i$  и  $K_o$  – фазовые проницаемости образца после и до воздействия кислотной композиции соответственно. Результаты исследований представлены в таблице 1

### Вывод

В результате проведенных экспериментов по определению коэффициентов восстановления проницаемости после воздействия кислотных составов на образцы терригенных коллекторов продуктивных майкопских отложений месторождений Краснодарского края проведена экономическая оценка эффективности применения исследуемых рецептур и их влияние на ФЕС кернового материала.

Исследования проведены поэтапно, начиная с бикомпонентных кислотных смесей разных концентраций, заканчивая более сложными кислотными составами, включающими поверхностно-активное вещество и гидрофобизатор, с целью нивелирования влияния негативных факторов на проницаемость горной породы после кислотной обработки.

Таким образом, из 7 предложенных вариантов кислотных рецептур на основании технико-экономического анализа и лабораторных испытаний оптимальными были выбраны глинокислотные композиции с добавлением ПАВ и гидрофобизатора, под № 6 и № 7.

В опытах № 8 и № 9, проведенных с дополнительным применением ультразвука к глинокислотным композициям с добавлением ПАВ и гидрофобизатора, зафиксирован наилучший эффект и результат применения совместного воздействия на пористую среду майкопского горизонта.

### Литература:

1. Омелянюк М.В., Пахлян И.А. Повышение эффективности освоения и эксплуатации добывающих скважин за счет применения импульсно-ударного, кавитационного воздействия на прискважинную зону продуктивного пласта // Нефтепромышленное дело. – 2014. – № 11. – С. 19–23.
2. Современные методы физико-химической интенсификации добычи при ремонте скважин / М.В. Омелянюк, И.А. Пахлян, И.И. Битиев, С.В. Османов. – Свидетельство о государственной регистрации базы данных 2015620593 от 30.12.2014.
3. Киселев К.В. Физические и химические процессы взаимодействия кислотных растворов с горной породой низкопродуктивных залежей нефти : автореферат. – Тюмень : б.н., 2004. – С. 27.
4. Хисамутдинов Н.И. Разработка нефтяных месторождений / Н.И. Хисамутдинов, М.М. Хасанов, А.Г. Телин, Г.З. Ибрагимов, А.З. Латыпов, А.М. Потапов. – М. : ВНИИОЭНГ, 1994. – Т.1: Разработка нефтяных месторождений на поздней стадии. – С. 263.
5. Реагенты для повышения эффективности разработки нефтяных и газовых месторождений : сборник рекламной продукции и технической документации на продукцию. – М. : ЗАО «ХИМЕКО-ГАНГ», 2006. – С. 177.
6. Курятников Е., Савастеев В., Рахимов Н. и др. Опыт применения комплекса «Химеко-В» в технологиях ГРП и глушения скважин // Нефть и капитал. – 2004. – № 2 С. 64.
7. Дыбленко В.П., Камалов Р.Н., Шарифулин Р.Я., Туфанов И.А. Повышение продуктивности и реанимация скважин с применением виброволнового воздействия. – 2000.

### Reference:

1. Omelyanyuk M.V., Pakhlyan I.A. Increase in efficiency of development and operation of production wells due to application of pulse and shock, cavitation impact on a priskvazhinny zone of productive layer // Oil-field business. – 2014. – No. 11. – P. 19–23.
2. Modern methods of a physical and chemical intensification of production at repair Wells / M.V. Omelyanyuk, I.A. Pakhlyan, I.I. Bitiyev, S.V. Osmanov. – the Certificate on the state registration of the database 2015620593 from 12/30/2014.
3. Kiselyov K.V. Physical and chemical processes of interaction of acid solutions with rock of low-productive deposits of oil: abstract. – Tyumen : b.n., 2004. – P. 27.
4. Hisamutdinov N.I. Development of oil fields / N.I. Hisamutdinov, M.M. Chasanoff, A.G. Te lean, G.Z. Ibragimov, A.Z. Latypov, A.M. Potapov. – M. : VNIIOENG, 1994. – T.1: Development of oil fields at a late stage. – P. 263.
5. Reagents for increase in efficiency of development of oil and gas fields : the collection of promotional products and technical documentation on production. – M. : CJSC HIMEKO-GANG, 2006. – P. 177.
6. Kuryatnikov E., Savasteev V., Rakhimov N., etc. Experience of application of the Himeko-V complex in GRP technologies and mufflings of wells // Oil and capital. – 2004. – No. 2. – P. 64.
7. Dyblenko V.P., Kamalov R.N., Shariffulin R.Ya., Tufanov I. And Increase in efficiency and resuscitation of wells with application of vibrowave influence. – 2000.