

## ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА ПРОПАНТОВ.

© Мигаль В.П., Скурихин В.В. (Открытое акционерное общество «Боровичский комбинат огнеупоров», ОАО «БКО»).

### ВВЕДЕНИЕ

При бурении и эксплуатации скважины проницаемость призабойной зоны пласта (ПЗП), в том числе закрепленных пропантом трещин после ГРП, снижается вследствие загрязнения её буровым раствором в процессе бурения, наплыва мелких частиц породы и мехпримесей, выпадения солей из пластовой жидкости, присутствия остатков неразрушенного брейком геля и т.д. В этом случае, для повышения проводимости ПЗП часто применяются кислотные обработки, растворяющие загрязнения. Существует множество технологий и специальных реагентов, позволяющих вести обработку осмысленно и добиваться высокой эффективности, среди которых самоотклоняющиеся кислотные системы, специальные добавки для снижения обводненности продукции, растворители буровых растворов, технологии кислотной обработки с помощью колтубинга и т.д. [1-3]. В связи с этим, важное значение приобретает кислотоустойчивость пропантов. В настоящей статье приведены результаты исследования о влиянии кислотной обработки на важнейшие эксплуатационные свойства пропантов.

Для исследования были взяты три образца пропантов фракции 16/30 различных производителей. Основные свойства пропантов сравнимы и приведены в таблице 1. При этом образец №2 показал лучшее сопротивление раздавливанию, у образцов №1 и 3 она сравнима, образец №3 – минимальную насыпную плотность и худшую растворимость в кислотах, у образцов №1 и 2 – они сравнимы.

Таблица 1. Результаты испытаний пропантов фракции 16/30.

Параметры		Образец №1	Образец №2	Образец №3
Сопротивление раздавливанию, при давлении МПа (psi)	51,7 (7500)	5,1%	2,6%	5,7%
	68,9 (10000)	10,4%	6,9%	10,6%
	86,2 (12500)	15,2%	11,7%	18,1%
	103,4 (15000)	22,9%	16,5%	26,8%
Содержание основной фракции, % масс.		99,7	98,5	99,1
Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>		1,82	1,87	1,54
Сферичность (по Крумбейну и Слоссу)		0,88	0,88	0,90
Округлость (по Крумбейну и Слоссу)		0,85	0,89	0,87
Растворимость в смеси кислот HCl/HF		4,7	4,9	10,2

## ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ПРОПАНТОВ ПОСЛЕ КИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКИ

**Сопротивление раздавливанию.** Это характеристика прочности пропантов. Воздействие кислот заметно снижает прочность всех тестируемых составов пропантов (рис. 1). Наименьшей абсолютной величиной снижения характеризуется образец №1, наибольшей – образец №2. Проводя корреляцию между абсолютным снижением прочности пропантов после растворимости в кислотах и показателями самой растворимости (таблица 1) можно сделать вывод, что тест пропантов на растворимость не дает объективную оценку для прогнозирования их прочности после кислотной обработки.

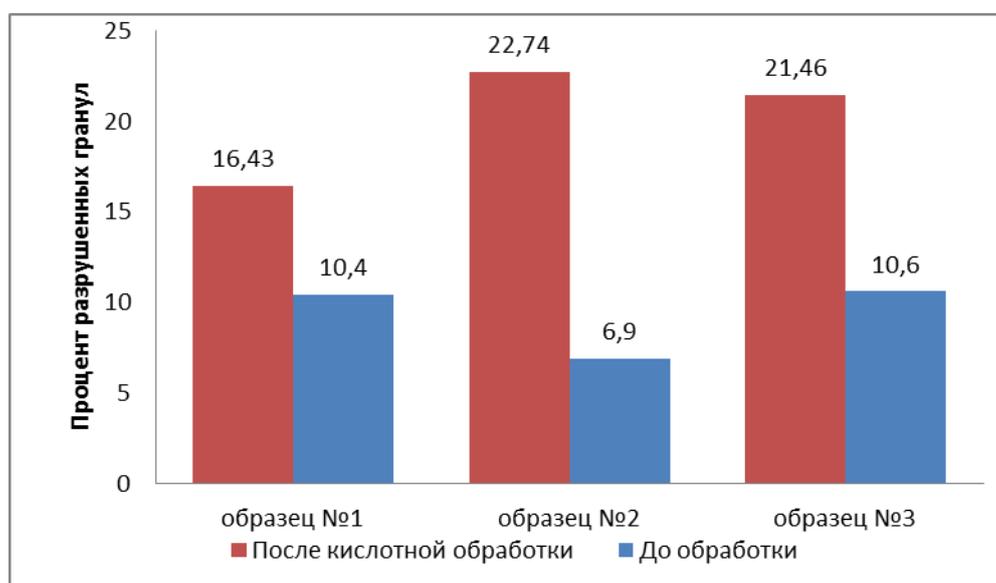


Рис. 1 – Влияние кислотной обработки на сопротивление раздавливанию.

**Проводимость и проницаемость.** Долговременную проводимость пропантов до кислотной обработки и после определяли согласно ISO 13503-5:2006. Условия испытания: песчаник из штата Огайо; Испытательная жидкость 2% раствор KCL; Давление 2000 – 10 000 фунтов на кв.дюйм с шагом в 2000 фунтов; Концентрация пропанта – 2 lbf/in<sup>2</sup>; Температура 250 градусов по Фаренгейту; Время выдержки 50 час на каждом давлении.

Анализируя данные измерений, представленных на графике рисунка 2, видно, что проводимость пропантов после кислотной обработки заметно изменилась. Если до кислотной обработки, в порядке убывания проводимости, выстраивался ряд: Образец №2 – Образец №1 – Образец №3, то после обработки образец №2 в этом ряду занял последнее место, а ряд стал выглядеть следующим образом: Образец №1 – Образец №3 – Образец №2. При этом образец пропанта №2 испытывает значительное разрушение ещё на низких давлениях 2000 – 4000 psi. Его проводимость составляет всего 1272 md-ft в сравнении с 15110 md-ft до в кислотной обработки.

На уровне наиболее высоких значений проводимости и проницаемости после кислотной обработки остались пропанты образцов №1 и №3. Изменение их ширины слоя на этапе 4000 psi составляет 5% и 9%, соответственно, а при давлении 10000 psi - 17% и 22% соответственно. При этом проводимость и проницаемость пропантов образца №1 несколько выше, чем у образца №3. Наибольшее расхождение величиной от 438 до 1072 md-ft наблюдается в области высоких значений.

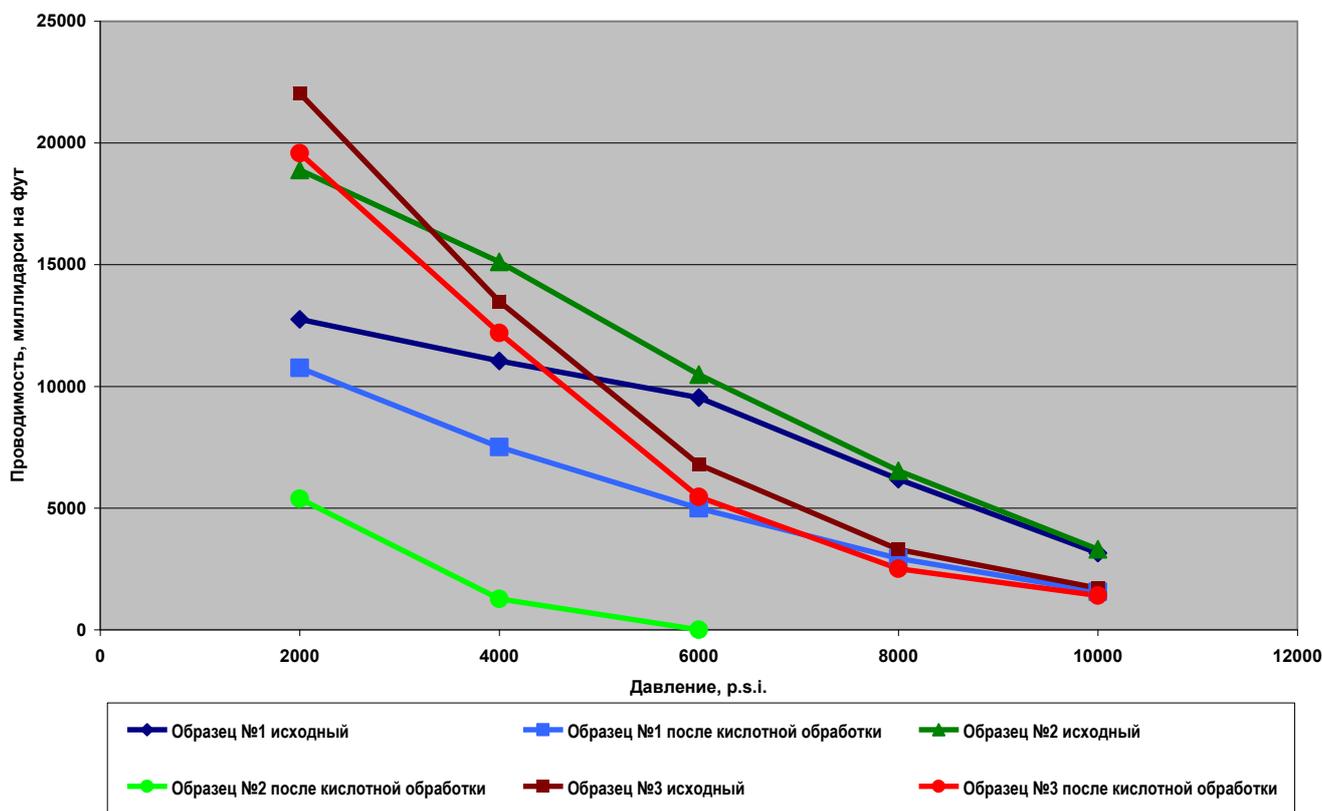


Рис. 2. Долговременная проводимость тестируемых пропантов до и после кислотной обработки.

### Устойчивость пропантов к длительному воздействию кислот

Определение растворимости пропантов в кислотах проводилось в соответствии с ГОСТ Р 51761 с использованием смеси соляной и фтористоводородной кислот в соотношении 12:3 при температуре 65°C с разной выдержкой 0,5 – 24 час<sup>1</sup>. Результаты растворимости пропантов представлены на графике рис. 3.

Результаты испытания свидетельствуют о том, что разрушающему воздействию смеси кислот HF и HCl наибольшим образом подвержены пропанты образца №3 – показатель их раствори-

<sup>1</sup> Используются: соляная кислота по ГОСТ 3118, фтористоводородная кислота по ГОСТ 10484. Рабочий раствор смеси соляной и фтористоводородной кислот с массовым соотношением 4:1 готовят следующим образом: в мерную емкость наливают 500 см<sup>3</sup> дистиллированной воды, добавляют 54 см<sup>3</sup> концентрированной (45 %) фтористоводородной кислоты и 293 см<sup>3</sup> концентрированной (37 %) соляной кислоты. Доводят объем до 1000 см<sup>3</sup> дистиллированной водой и тщательно перемешивают.

мости самый высокий. Наименее растворимы пропанты образца №2. Кривая значений растворимости пропантов образца №1 на приведенном графике рис. 3 занимает среднее положение.

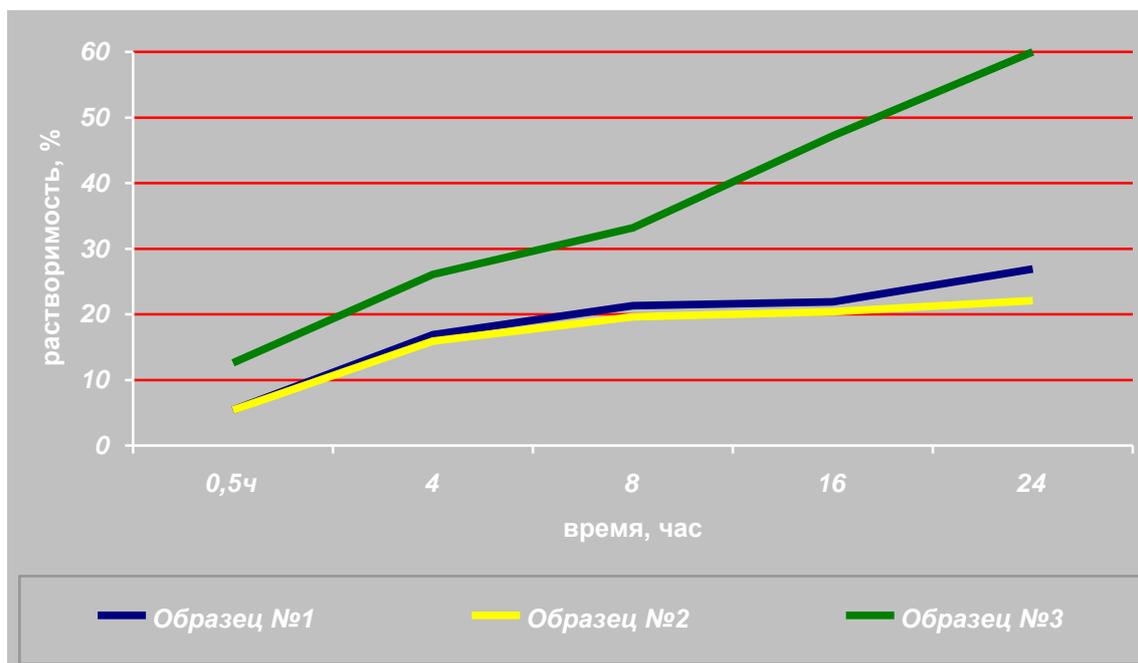


Рисунок 3 – Графики растворимости тестируемых пропантов в кислотах с течением времени.

## ВЫВОДЫ

Воздействие кислот на пропанты приводит к изменению основных свойств и, соответственно, служебных характеристик.

Приведенные данные наглядно демонстрирует вероятность того, что качественные, занимающие основные лидирующие позиции по ряду начальных характеристик пропанты (образец №2), при использовании их в условиях службы, отличающихся применением кислотных реагентов, могут оказаться малоэффективными из-за явного снижения механической прочности и проводимости. В тоже время пропанты (образец №1), обладающие средними физико-механическими показателями, оказываются более устойчивы к воздействию кислотного фактора и способны сохранять свои коллекторские свойства в условиях средних давлений на протяжении длительного времени.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Объективная оценка пропанта должна основываться на данных дополнительных исследований и испытаний, в число которых необходимо включить оценку состава, структуры, гидродинамических фильтрационных характеристик. Это следует учитывать нефтяным и сервисным компаниям при отборе кандидатов на поставку пропантов для проведения ГРП. Специалисты ОАО «БКО», располагая соответствующей исследовательской аппаратурой, готовы оказать услуги по проведению комплексных тестовых испытаний пропантов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Применение комбинированной технологии обработки скважин композицией на основе соляной кислоты и реагента ПАК / Медведев А.Д., Сабитов С.С., Садивский С.Я. // Нефтяное хозяйство. – 2008. – № 1. – с. 94-95.
2. Интенсификация добычи нефти методом обработки призабойной зоны кислотной микроэмульсией / Нефёдов Н.В. // Нефтяное хозяйство. – 2007. – № 2. – с. 58-61.
3. Вопросы, возникающие при обработках добывающих и нагнетательных свкажин кислотными композициями семейства «Химеко ТК», а также растворами кислот и солей с добавками реагента «Нефтенол К» / Силин М.А., Магадова Л.А., Елисеев Д.Ю., Пахомов М.Д., Заворотный А.В. // Нефтяное хозяйство. – 2008. – № 9. – с. 44-46.