

ПРОПАНТЫ ОАО «БКО»: ПРОИЗВОДСТВО И ПЕРСПЕКТИВЫ



В настоящее время в разработку широко вовлекаются трудноизвлекаемые запасы нефти, приуроченные к низкопроницаемым, слабодреннруемым, неоднородным и расчлененным коллекторам. Один из эффективных методов повышения продуктивности скважин, вскрывающих такие пласты, и увеличения темпов отбора нефти из них является гидроразрыв пласта (ГРП) (1). Пропанты — расклинивающие агенты — высокопрочные керамические гранулы, применяемые для крепления трещин при добыче нефти методом ГРП, являются основным составляющим компонентом в технологическом комплексе этого метода (2). До 1998 года керамические пропанты в нашей стране в промышленном масштабе не производились. И хотя производство пропантов ОАО «БКО» в настоящее время не является единственным, оно навсегда останется первой удачной попыткой организовать в России серийный промышленный выпуск пропантов.

Производство

Выпуск пропантов на ОАО «Боровичский комбинат огнеупоров» начался еще до пуска в строй нового специализированного цеха по производству пропантов. В 1996 году в цехе №6 ОАО «БКО» была пущена в эксплуатацию пилотная установка, на которой в полупромышленных условиях отработывались технологические приемы, определенные в результате поисковых научно-исследовательских работ. Одновременно с отработкой технологии производились маркетинговые наработки, определялся круг потребителей, их потребности, как по количеству, так и по качеству. Пуск пилотной установки позволил значительно сократить время на освоение производства на вновь пущенном производственном

участке и выполнение жестких требований рекомендаций API RP-60.

Выпуск опытных партий пропантов на пилотной установке показал необходимость разработки собственного стандарта ОАО «БКО» на пропанты с требованиями, более жесткими, чем в рекомендациях американского института нефти. С октября 1998 года такой стандарт действует на ОАО «БКО».

Ниже (см. «Производство пропантов ОАО «БКО»») приведены данные по производству пропантов ОАО «БКО» за 1996–2005 годы. Среди потребителей пропантов такие крупные нефтяные компании, как ОАО «Юганскнефтегаз» (ОАО «НК Роснефть»), «ТНК-ВР Холдинг», ОАО «Газпром Нефть», «Сургутнефтегаз», ЛУКОЙЛ, а также сервисные компании «Катконнефть», Катобнефть», «ПетроАльянс», NewCoWell

**В.А. МОЖЖЕРИН,
Э.В. БУЛИН,
В.Я. САКУЛИН,
к.т.н. В.П. МИГАЛЬ,
к.т.н. В.В. СКУРИХИН,
Р.В. ВАСЯТКИН,
А.Н. КАНААН**

*ОАО «Боровичский комбинат
огнеупоров»*

Services, Halliburton, Schlumberger Well Services, BJ Services и др.

В 2001 году ОАО «БКО» зарегистрировал торговую марку пропантов — BORPROP (свидетельство Роспатента №200569).

Технические характеристики

С 1998 года ежегодно пропанты ОАО «БКО» проходят контрольное тестирование в независимых специализированных лабораториях. Все они расположены за рубежом, наиболее авторитетные из них — лаборатории StimLab (США), FracTech (Великобритания). Ниже (см. «Технические характеристики пропантов ОАО «БКО»») приведены данные испытаний в лаборатории StimLab, проведенные в апреле 2006 года (отчет №SL 7325 [6]). По заказу фирмы Schlumberger пропанты ОАО «БКО» проходили тестирование в лаборатории FracTech, по которым также получены положительные результаты.

Приведенные в таблице показатели свидетельствуют о том, что характери-

Технические характеристики пропантов ОАО «БКО»

Показатели	Требования API RP-60	20/40*	16/30	16/20	12/18	10/14
1. Массовая доля основной фракции, %	≥ 90	98,1	97,0	94,9	98,2	94,0
2. Сопротивление раздавливанию, % разрушенных гранул, при давлении 52 МПа (7500 psi)	≤ 25 * для фр.20/40 ≤ 10	1,7	2,9	5,0	9,2	18,8
69 МПа (10000 psi)		4,6	6,8	12,2	17,5	—
86 МПа (12500 psi)		7,8	12,0	18,6	22,7	—
103 МПа (15000 psi)		9,9	17,8	24,4	—	—
3. Округлость	≥ 0,7	0,86	0,87	0,88	0,89	0,89
4. Сферичность	≥ 0,7	0,75	0,83	0,87	0,88	0,89
5. Насыпная плотность, г/см ³	—	1,79	1,80	1,83	1,83	1,80
6. Плотность абсолютная, г/см ³	—	3,16	3,14	3,11	3,08	3,06
7. Растворимость в кислотах, %	нет	4,7	4,6	3,7	3,5	3,8
8. Замутненность, формаз. ед. мутности	250 (для песков)	89	72	65	39	57

ки керамических пропантов, производимых ОАО «БКО», превосходят требования, установленные Американским институтом нефти для расклинивающих агентов, используемых при добыче нефти способом гидравлического разрыва пласта (API RP-60). Гидродинамические показатели: зависимость проницаемости и проводимости пропантов ОАО «БКО» от давления приведены ниже (см. «Зависимость проницаемости пропантов ОАО «БКО» от давления» и «Зависимость проводимости пропантов ОАО «БКО» от давления»).

Долговременная проницаемость и проводимость исследуется в условиях, максимально приближенных к пластовым (выдержка 50 часов при каждом уровне давления, использование штампов из песчаника и т.п.).

В качестве сырья, также как и ведущие мировые производители пропантов — фирмы CarboCeramics, Saint-Gobain Proppants (США), Curimbaba (Бразилия), Боровичский комбинат огнеупоров применяет бокситы, огнеупорные глины, что позволяет добиться низкой растворимости пропантов в кислотах, прочности, особенно при высоких давлениях закрытия трещины, и в целом достичь максимально возможную продолжительность эффекта от ГРП.

За стабильно высокие показатели пропантов, показанные с начала их выпуска по результатам тестирования, в ноябре 2000 года ОАО «БКО» первым из российских предприятий принят в члены международного Консорциума пропантов Core Laboratories (UK) Limited, куда входят как ведущие мировые нефтяные компании-потребители пропантов (BP, Halliburton, Schlumberger, Shell, Texaco и др.), так и ведущие мировые производители пропантов (Hexion, CarboCeramics Inc., Saint-Gobain Proppants).

В 2001 году на основании опыта выпуска пропантов на ОАО «БКО» впервые в России был разработан национальный Государственный стандарт ГОСТ Р 51761-2001 «Пропанты алюмосиликатные. Технические условия». Стандарт явился основанием российским производителям пропантов, в первую очередь ОАО «БКО», для сертификации продукции и системы качества. Летом 2006 года выходит новая версия Государственного стандарта ГОСТ Р 51761-2005 в который внесены существенные дополнения и изменения.

Ежегодно, начиная с 2003 года, проводится аудит системы качества производ-

ства пропантов Американским институтом нефти (г. Вашингтон, США) на соответствие системы требованиям спецификации API Q1 и в качестве подтверждения высокого качества пропантов ОАО «БКО» выдается сертификат на соответствие данной системе. Эта работа требует немалых затрат, но она способствует повышению стабильности процесса, воспроизводимости свойств пропантов и, в конечном итоге, постоянству их технических характеристик. Это удобно как изготовителю, так и потребителям пропантов, позволяет прогнозировать развитие событий в различных ситуациях.

Перспективы производства

Для разработки и постановки на производство новых видов продукции ОАО «БКО» существует отдельное научно-исследовательское подразделение — Центр совершенствования технологии и производства. Центр оснащен необходимым испытательным и исследовательским оборудованием, укомплектован лучшими инженерными кадрами. В распоряжении исследователей (среди них шесть кандидатов технических наук) лучшие образцы технологического оборудования (мельницы тонкого измельчения, противоточные смесители Eirich, сита Ro-Tap, обжиговые печи Nabertherm), установка по определению проводимости и проницаемости пропантов (США), комплекс оборудования для выполнения оперативного технологического контроля и глубокого исследования материалов, включающий рентгенофлуоресцентный анализатор химического состава СРМ-25 и рентгеновский дифрактометр ДРОН-6 для определения фазового состава вещества, лазер-

ный анализатор размера частиц Micrisizer для контроля степени измельчения, оптические и электронный (Jeol, Япония) микроскопы для изучения микроструктуры материалов и т.п.

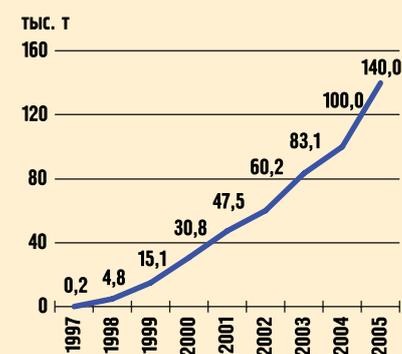
Среди перспективных разработок Центра по пропантам:

- «облегченные» пропанты с насыпным весом не более 1,6 г/см³ и кажущейся плотностью не более 2,7 г/см³ (BORPROP LITE), позволяющие использовать линейные гели;
- высокопрочные пропанты фракция (BORPROP HSP) с рабочим диапазоном использования вплоть до 103 МПа (15000 p.s.i.);
- пропанты с покрытием из синтетических смол, отверждающиеся в пластовых условиях, для решения проблемы выноса (RCP BORPROP CURABLE);
- пропанты с предварительно отверженным покрытием из синтетических смол, упрочненные (RCP BORPROP PRECURED);
- пропанты с предварительно отверженным покрытием из синтетических смол, «упрочненные облегченные», для использования на больших глубинах в комбинации с линейными гелями (RCP BORPROP LITE PRECURED).

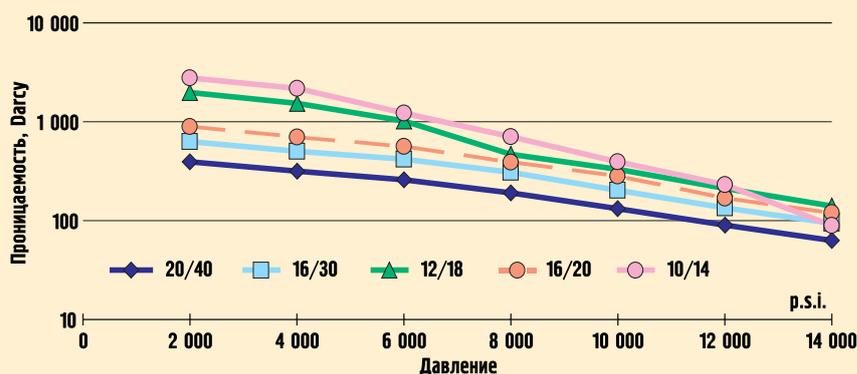
Боровичский комбинат огнеупоров сотрудничает с ведущими сервисными компаниями по подбору рецептур покрытия с целью наилучшей адаптации к характеристикам жидкостей носителей ГРП применяемых на конкретных российских месторождениях нефти и газа.

Ниже приведены сравнительные характеристики по проводимости и проницаемости данных видов пропантов

Производство пропантов ОАО «БКО»

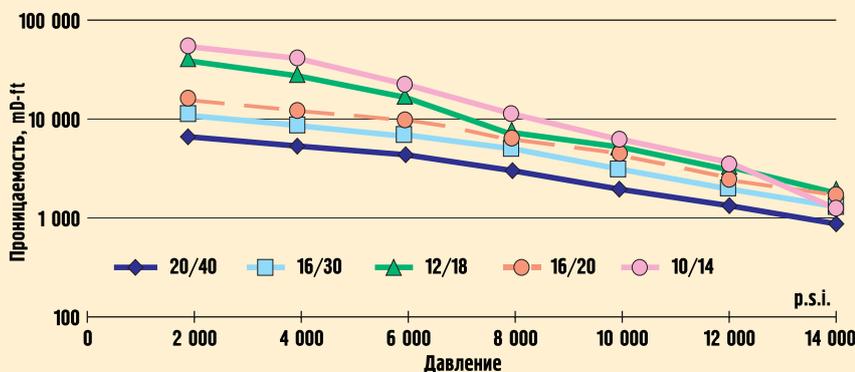


Зависимость проницаемости пропантов ОАО «БКО» от давления

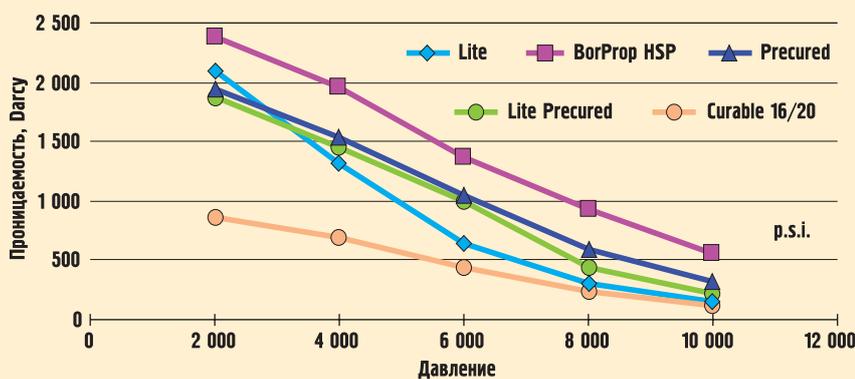




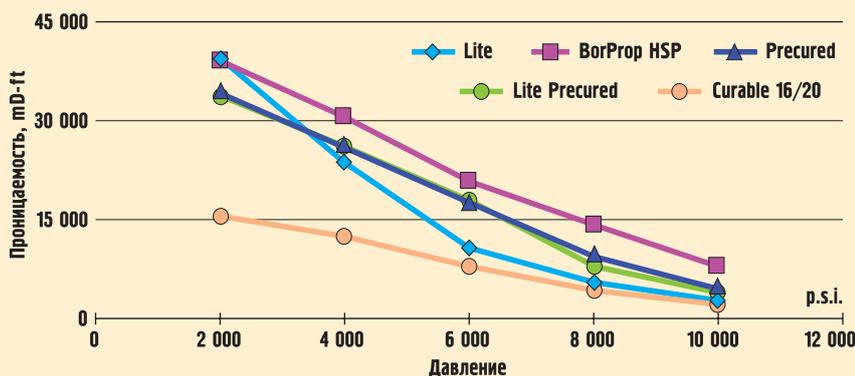
Зависимость проводимости пропантов ОАО «БКО» от давления



Сравнительные характеристики по проницаемости пропантов



Сравнительные характеристики по проводимости пропантов



по фракции 12/18 кроме BORPROP CURABLE, которые представлены фракцией 16/20 (см. «Сравнительные характеристики по проницаемости пропантов» и «Сравнительные характеристики по проводимости пропантов»). Все данные взяты из отчетов испытаний в лабораториях StimLab и Frac Tech.

Заключение

ГРП остается наиболее эффективным, а подчас и единственным методом, обеспечивающим рентабельную разработку месторождений с высокой обводненностью и с низкопроницаемыми коллекторами, а созданное в 1998 году на ОАО «БКО» первое в России промышленное производство пропантов позволило решить проблему обеспечения динамично развивающегося способа ГРП, применяемого российскими нефтедобывающими компаниями, качественными отечественными расклинивающими агентами.

ОАО «БКО» постоянно совершенствует выпускаемые пропанты в соответствии с техническими требованиями нефтяных и сервисных компаний, последними достижениями инженерной науки. Ведутся работы по приданию пропантам физико-химических свойств, наиболее соответствующих осложненному геологическим условиям эксплуатации нефтяных скважин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Каневская Р.Д. *Зарубежный и отечественный опыт применения гидроразрыва пласта*. — М.: ВНИИОЭНГ, 1998 г. — с.3.
2. Smith M.B. *High-Permeability Fracturing: The Evaluation of a Technology* // *Journal of Petroleum Technology* - 1996-July.-Pp.628-633.
3. Можжерин В.А., Сакулин В.Я., Мигаль В.П., Панфилова Э.Ю. *Сохраняя традиции качества* // *Огнеупоры и техническая керамика*.-1999.- №6.- с. 37-39.
4. Можжерин В.А., Сакулин В.Я., Мигаль В.П., Деркунова Т.Л., Аксельрод Л.М. *Конкурентоспособность продукции — залог успехов в период становления рыночных отношений* // *Огнеупоры и техническая керамика*. -1996.- №8.- с.23-27.
5. Можжерин В.А., Новиков А.Н., Сибирев С.П. *Российские пропанты для гидроразрыва пластов* // *Нефтяное хозяйство*.-2001.-№1.-с.56-58.
6. *Отчет №SL 7325 BorProp апрель 2006 г., №SL 7306 BorProp HSP апрель 2006 г., №SL 7180 BorProp Precured и BorProp Lite Precured декабрь 2005 г. (StimLab); №008131_2 BorProp Curable и BorProp Lite декабрь 2005 г. (Frac Tech).*

ОАО «БОРОВИЧСКИЙ КОМБИНАТ ОГНЕУПОРОВ»

Россия, 174411 Новгородская обл., г. Боровичи, ул. Международная, д. 1
 Отдел маркетинга и сбыта
 Тел.: (81664) 9-22-28, 9-24-13
 Факс: (81664) 92-11-63
 E-mail: akapaan@borovichi-nov.ru; tdbko@borovichi-nov.ru
 Web-site: www.borovichi-nov.ru