

Shear rate 100 s-1, pressure 400 psi

tacrom

Recipe 6 - after 6 min hydration
 (m3) Drinking water 24C 992 l
 NG BiOD 0,01 kg
 WGA NG-2 4 kg
 NG GS-1 6 kg
 NG NE-1 1 l
 NG CS-2 1 l
 NG XL-4 6 l

XL start time: 3 min 10 sec
 lip time: 5 min 10 sec

Recipe 7 - after 6 min hydration
 (m3) Drinking water 21C 992 l
 NG BiOD 0,01 kg
 WGA NG-2 4,2 kg
 NG GS-1 6 kg
 NG NE-1 1 l
 NG CS-2 1 l
 NG XL-4 6 l

XL start time: 3 min 30 sec
 lip time: 4 min 45 sec

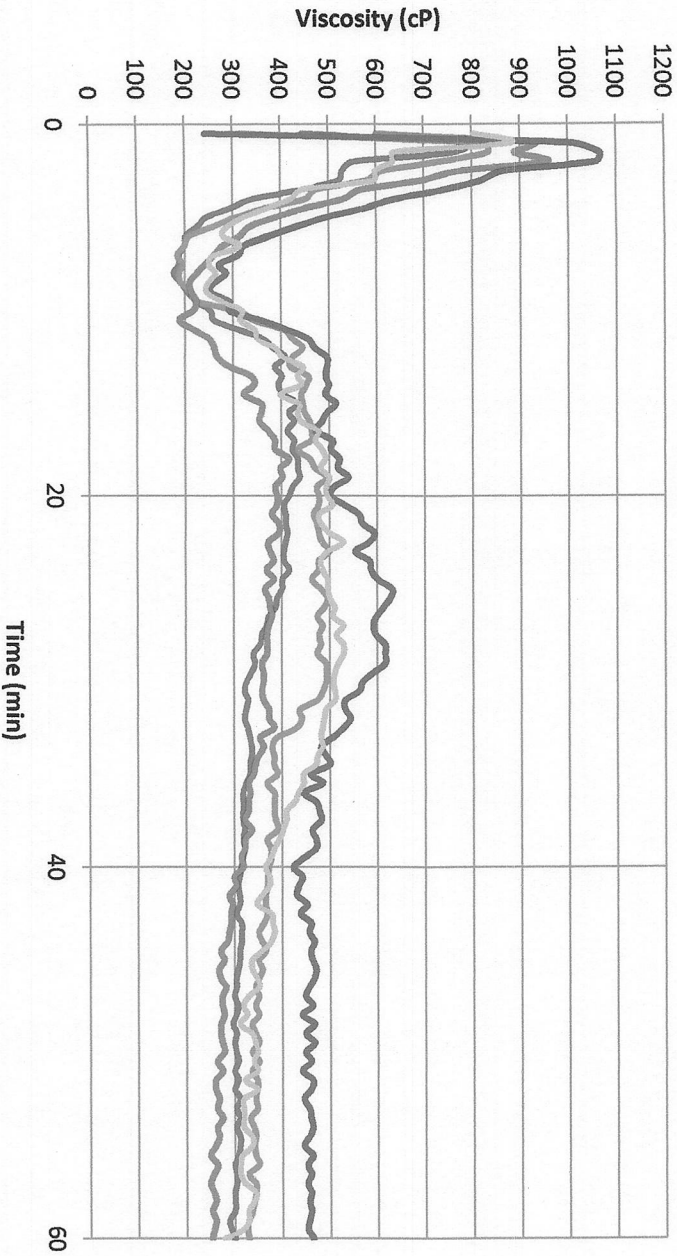
Recipe 8 - after 6 min hydration
 (m3) Drinking water 21C 992 l
 NG BiOD 0,01 kg
 WGA NG-2 4 kg
 TRS TS1 6 kg
 NG NE-1 1 l
 NG CS-2 1 l
 NG XL-4 6 l

XL start time: 3 min 50 sec
 lip time: 5 min 10 sec

Recipe 9 - after 6 min hydration
 (m3) Drinking water 21C 992 l
 NG BiOD 0,01 kg
 WGA NG-2 4,2 kg
 TRS TS1 8 kg
 NG NE-1 1 l
 NG CS-2 1 l
 NG XL-4 6 l

XL start time: 3 min 30 sec
 lip time: 4 min 50 sec

125°C



Baseline_R6 Baseline_R7 Baseline_R8 Baseline_R9 Baseline_R10 Baseline_R11

Ralph Koskamp
 General Manager



Recipe 10 - after 6 min hydration

(m3) Drinking water 21C 992 l
 Bioban 0,01 l
 WGA NG-2 4,2 kg
 TRS TS1 6 kg
 NG NE-1 1 l
 NG CS-2 1 l
 NG XL-4 6 l

XL start time: 3 min 30 sec
 lip time: 4 min 50 sec

Recipe 11 - after 6 min hydration

(m3) Drinking water 21C 992 l
 Bioban 0,01 l
 WGA NG-2 4,2 kg
 TRS TS1 6 kg
 TRS DE-1 1 l
 TRS CS-1 1 l
 NG XL-4 6 l

XL start time: 3 min 30 sec
 lip time: 4 min 35 sec

Shear rate 100 s-1, pressure 400 psi

tacrom

Recipe 6 - after 6 min hydration

(m3) Drinking water 24C

992 l

Recipe 7 - after 6 min hydration

(m3) Drinking water 21C

992 l

NG BiOD

0,01 kg

NG BiOD

0,01 kg

WGA NG-2

4 kg

WGA NG-2

4,2 kg

NG GS-1

6 kg

NG GS-1

6 kg

NG NE-1

1 l

NG NE-1

1 l

NG CS-2

1 l

NG CS-2

1 l

NG XL-4

6 l

NG XL-4

6 l

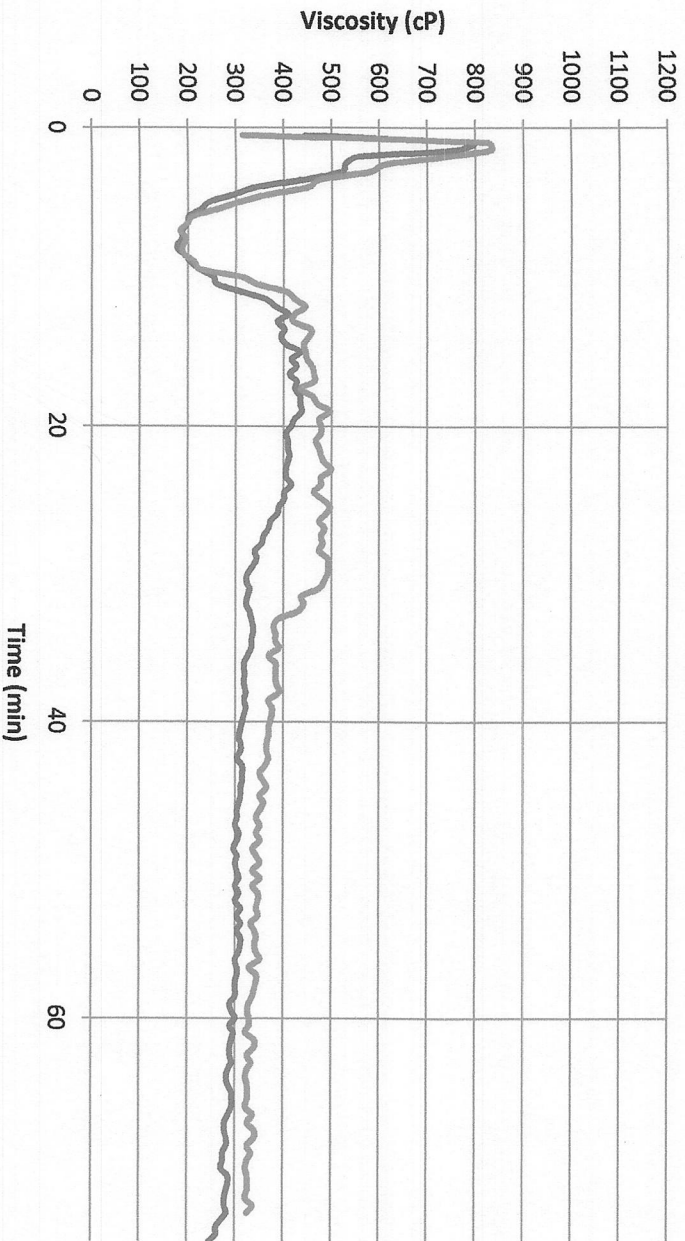
XL start time: 3 min 10 sec

XL start time: 3 min 30 sec

lip time: 5 min 10 sec

lip time: 4 min 45 sec

125°C



Baseline_R6

Baseline_R7



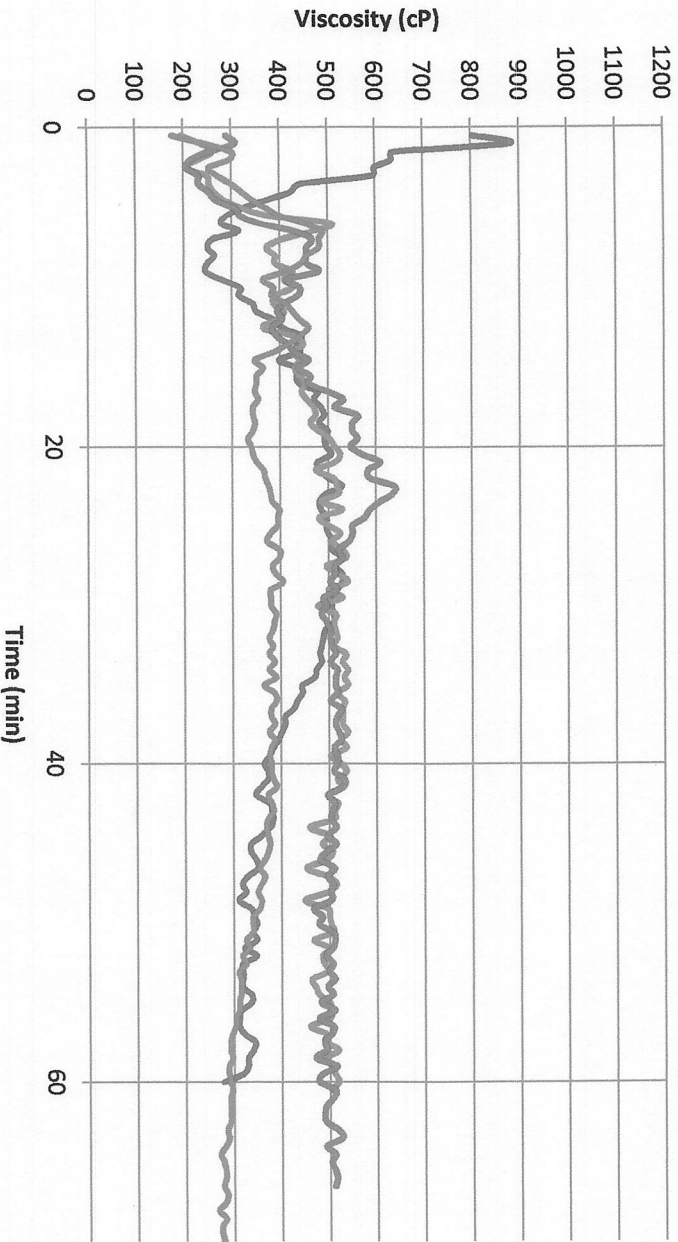
Ralph Koskamp
General Manager

Shear rate 100 s-1, pressure 400 psi

tacrom

Recipe 11	Recipe 6	Recipe 7	Recipe 8
(m3) Drinking water 21C	(m3) Drinking water 26C	(m3) Drinking water 26C	(m3) Drinking water 26C
992 l	992 l	992 l	992 l
Bioban 0,01 l	Bioban 0,01 l	Bioban 0,01 l	Bioban 0,01 l
WGA NG-2 4,2 kg	PolyFrac Plus 4 kg	PolyFrac Plus 4 kg	PolyFrac Plus 4 kg
TRS TS1 6 kg	TRS TS1 8 kg	TRS TS1 8 kg	TRS TS1 8 kg
TRS DE-1 2 l	TRS DE-1 2 l	TRS DE-1 2 l	TRS DE-1 2 l
TRS CS-1 2 l	TRS CS-1 2 l	TRS CS-1 2 l	TRS CS-1 2 l
NG XL-4 6 l	NaOH sol 20% 1 l	NaOH sol 20% 1 l	NaOH sol 20% 1 l
	TCB-7 3 l	TCB-7 3,3 l	TCB-7 2,7 l
XL start time: 3 min 30 sec	XL start time: 3 min 40 sec	XL start time: 3 min 20 sec	XL start time: 3 min 50 sec
lip time: 4 min 35 sec	lip time: 4 min 50 sec	lip time: 4 min 10 sec	lip time: 4 min 50 sec

125°C



Baseline_R11

Baseline_R6

Baseline_R7

Baseline_R8

Time (min)

Ralph Koskamp
General Manager





ОТЧЕТ О ПРОВЕДЕНИИ
ЛАБОРАТОРНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ
LABORATORY TESTING REPORT

ПРОЕКТ:
ПОДБОР РЕЦЕПТУРЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ОПЕРАЦИЙ ГРП НА ПЛАСТАХ С
ТЕМПЕРАТУРОЙ 125°C

PROJECT:
SELECTION OF RECIPES FOR OPERATIONS
WITH HYDRAULIC FRACTURING
RESERVOIR TEMPERATURE OF 125°C

ВЫПОЛНИЛ: КАЛАШНИКОВ А.С.

ДАТА: 11 июля 2016 г.

COMPLETED BY: A. KALASHNIKOV

DATE: July 11, 2016



СОДЕРЖАНИЕ

TABLE OF CONTANT

1. ЗАДАЧА.....	1
TASK.....	1
2. ПРОЦЕДУРА И ПАРАМЕТРЫ ТЕСТИРОВАНИЯ.....	1
TESTING PROCEDURE AND PARAMETERS.....	1
3. ПАРАМЕТРЫ ВОДЫ.....	2
WATER PROPERTIES.....	2
4. ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРОДУКТЫ	2
PRODUCTS USED.....	2
5. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕСТИРОВАНИЯ.....	3
ANALYSIS OF TESTING RESULTS	3
5.1. ТЕСТ НА СТАБИЛЬНОСТЬ: T = 125°C.....	3
STABILITY TEST: T = 125°C	3
5.2. ТЕСТ НА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ К ИЗМЕНЕНИЮ КОНЦЕНТРАЦИИ:.....	5
VARIANCE TEST: TEST WITH NG XL-4, T = 125°C.....	5
VARIANCE TEST: TEST WITH NG XL-2, T = 125°C.....	6
5.3. ТЕСТ НА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ К ИЗМЕНЕНИЮ СКОРОСТИ СДВИГА:	7
SHEAR RECOVERY TEST: TEST WITH NG XL-4, T = 60°C	7
SHEAR RECOVERY TEST: TEST WITH NG XL-2, T = 60°C.....	9
6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	11
CONCLUSION.....	11



1. ЗАДАЧА

Загрузка геланта 4,0 кг/м³ (33-х фунтовый гель) с задержкой сшивки.

Время сшивки: 3 минуты - Tacrom Services S.R.L.

30 секунд – 2 минуты Укргаздобыча

- 1.1. Тест на стабильность: 60 мин, скорость сдвига 100 с⁻¹, без брейкера, T = 125°C
- 1.2. Тест на чувствительность к изменению концентрации: ±10% по сшивателю
T = 125°C, скорость сдвига 100 с⁻¹.
- 1.3. Тест на чувствительность к изменению скорости сдвига:
T = 60°C, 2 цикла: 5 мин - 100 с⁻¹, 5 мин - 500 с⁻¹.
T = 60°C, 3 цикла: 5 мин - 511 с⁻¹, 5 мин - 100 с⁻¹.
- 1.4. Тест на распад:
T = 125°C,
Скорость сдвига 100 с⁻¹,
Полное время распада 2ч,
Жидкий брейкер предпочтительнее (в комбинации с капсулированным и/или «живым» брейкером)

2. ПРОЦЕДУРА И ПАРАМЕТРЫ ТЕСТИРОВАНИЯ

- 2.1. Все тесты проведены с использованием питьевой воды.
- 2.2. Перед тестированием в образец воды добавлен сухой биоцид NG BioD с концентрацией 0,01 кг/м³.
- 2.3. Производится замер уровня pH. В случае низкого уровня pH, в воду добавляется pH-буфер до pH = 7±1,0.
- 2.4. Для приготовления линейного геля с использованием сухого гелеобразователя (ГПГ) WGA NG-2 время гидратации составляет 20-30 мин при постоянной скорости вращения равной 1700 об/мин в blenderе Waring.
- 2.5. Производится измерение динамической вязкости линейного геля при скорости сдвига равной 511 с⁻¹ (300 об/мин, R1B1).
- 2.6. Производится замер уровня pH.
- 2.7. Все вспомогательные добавки добавлены до введения сшивателя. При использовании термостабилизатора время перемешивания увеличивается на 5 минут для полного растворения продукта.
- 2.8. Процесс сшивания проводится при постоянной скорости вращения равной 1700 об/мин в blenderе Waring.
- 2.9. Производится запись параметров сшивания. Время закрытия воронки, время образования купола и время полной сшивки.
- 2.10. Производится замер уровня pH, температуры;
- 2.11. Полученный сшитый гель переносится в реометр Grace M5600 (400 psi, R1B5) для измерения параметров динамической вязкости.

TASK

4.0 kg/m³ (33#) delayed XL-inked.

Crosslink time: 3 min – Tacrom Services S.R.L.

30 sec. – 2 min Ukrgasvydobuvannya

Stability test: t = 60 min, shear rate = 100 s⁻¹, no breaker added, T = 125°C

Variance test: 10+/- on crosslinker

T = 125°C, shear rate 100 s⁻¹

Shear test:

T = 60°C: 2 times: 5 min – 100s⁻¹, 5 min – 500s⁻¹

T = 60°C: 3 times: 5 min - 511 с⁻¹, 5 min - 100с⁻¹

Breaker test:

T = 125°C

Shear rate 100 s⁻¹

Full breaking time 2h

Liquid breaker is preferable (in combination with EnCap and/or live breaker)

TESTING PROCEDURE AND PARAMETERS

Source of water - Drinking water.

Add to the water biocide NG BioD in concentration 0,01 kg/m³.

Measure of pH level. In case of low pH in water is added the pH buffer to pH = 7±1,0.

To prepare a linear gel with the use of dry gelling agent (HPG) WGA NG-2, hydration time of 20-30 min at a constant rotation speed is 1700 rpm in the Waring blender.

Measure of linear gel viscosity at a shear rate 511s⁻¹ (300 rpm, R1B1).

Measure pH level.

Add NG NE-1 (Non-emulsifier) and NG CS-2 (clay control). In case of using NG GS-1 (temperature stabilizer), mixing time increases for 5 minutes longer for complete dissolution of the product.

Add cross-linker to the fluid and mix at constant speed equal to 1700 rpm on Waring blender;

Record of crosslinking parameters. Vortex Closure (VC), Crown (CT), Crosslink Time (XL);

Measure of cross-linked gel pH level and temperature;

Put the sample of cross-linked gel to Rheometer Grace 5600 (400 psi, R1B5) to measure the dynamic viscosity



3. ПАРАМЕТРЫ ВОДЫ

WATER PROPERTIES

Таблица / Table # 1

№№	Описание параметра Description of parameter	Ед.изм. (UOM)	NG
1	Температура / Temperature	°C	24.5
2	Плотность / Specific Gravity	г/см ³ (g/cm ³)	0.996
3	Начальный уровень pH / Initial pH	единиц pH (units pH)	7.4
4	Общая минерализация, TDS / Salinity, TDS	мг/л (mg/L)	87.8
5	Общее железо, Fe / Iron Content, Fe	мг/л (mg/L)	0
6	Хлориды, Cl ⁻ / Chlorides, Cl ⁻	мг/л (mg/L)	10
7	Общая жесткость (по CaCO ₃) / Hardness (by CaCO ₃)	мг/л (mg/L)	50
8	Бикарбонатная щелочность (по CaCO ₃) / Bicarbonates (by CaCO ₃)	мг/л (mg/L)	48

4. ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРОДУКТЫ

PRODUCTS USED

Таблица / Table # 2

Наименование Name	Описание Description
NG BioD	Биоцид / Biocide
WGA NG-2	Гелеобразователь (ГИГ) / Gellin agent (HPG)
NG NE-1	Деэмульгатор / Non-emulsifier
NG CS-2	Стабилизатор глин / Clay Control
NG GS-1	Температурный стабилизатор / Temperature stabilizer
NG XL-2	Замедленный швиватель / Crosslinker
NG XL-4	Замедленный швиватель / Crosslinker
NG B-1	Капсулированный брейкер / Encapsulated breaker
NG B	Персульфатный брейкер / APS-breaker

Продолжение на следующей странице

Continue on next page



5. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕСТИРОВАНИЯ

ANALYSIS OF TESTING RESULTS

5.1. Тест на стабильность: T = 125°C

Stability test: T = 125°C

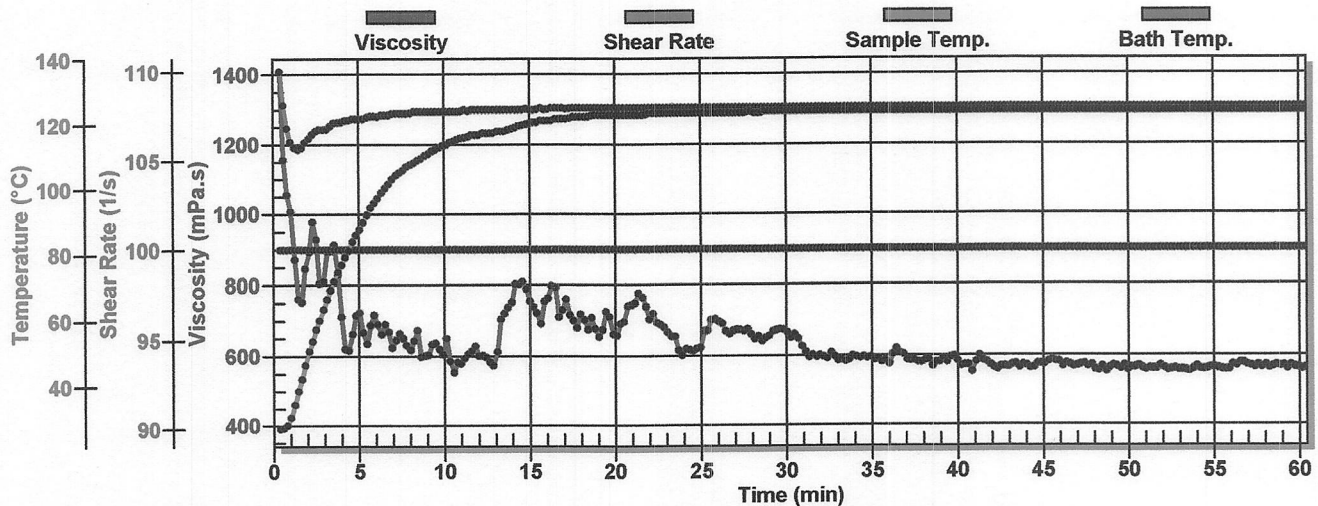
Таблица / Table # 3

Химический реагент Chemical reagent	4053	4064	Ед.изм. UOM
NG BioD	0.01	0.01	кг/м ³ (kg/m ³)
WGA NG-2	4.0	4.0	кг/м ³ (kg/m ³)
NG GS-1	2.0	2.0	кг/м ³ (kg/m ³)
NG NE-1	1.0	1.0	л/м ³ (L/m ³)
NG CS-2	1.0	1.0	л/м ³ (L/m ³)
NG XL-4	6.0	-	л/м ³ (L/m ³)
NG XL-2	-	6.0	л/м ³ (L/m ³)
Температура / Temperature	25.2	25.0	°C
pH линейного геля / Liner gel pH	7.20	7.15	единиц pH (units pH)
Вязкость линейного геля / Viscosity of liner gel	32.0	33.0	сП (cP)
VCT	3:11	0:15	min:sec
СТ	3:45	0:20	min:sec
XL	4:10	0:30	min:sec
pH шитого геля / pH xl gel	8.95	8.80	единиц pH (units pH)

График / Graph # 1

Viscosity & Temperature Vs. Time

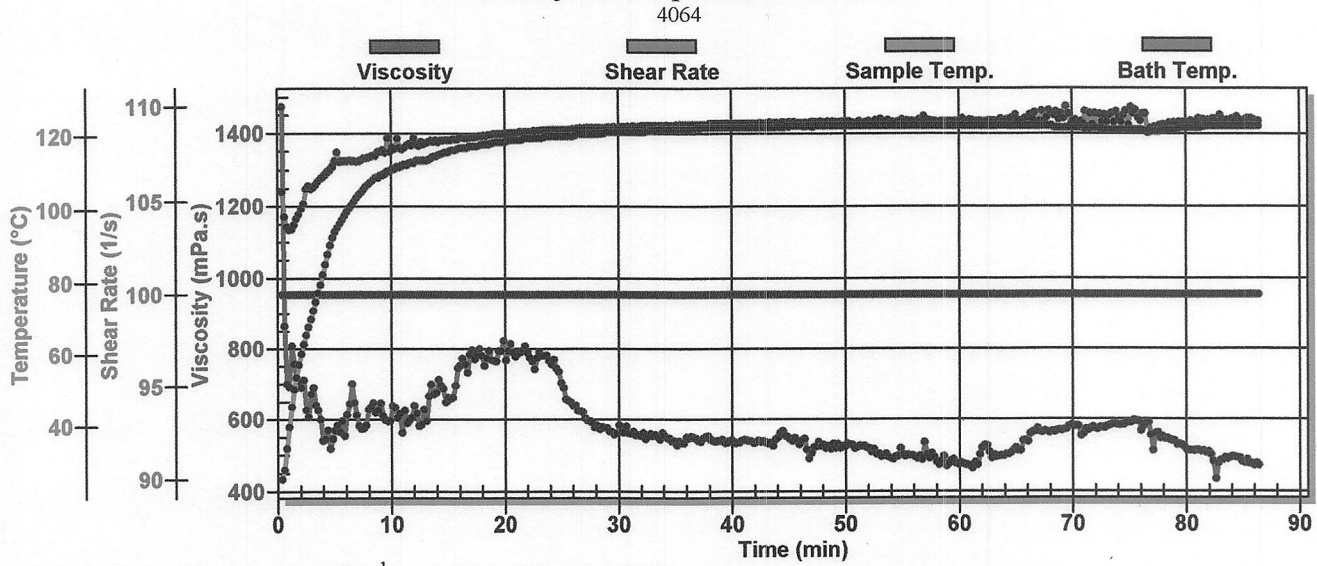
4053



(Grace M5600; Shear rate = 100 s⁻¹; t= 125°C; 400 psi; R1B5)



Viscosity & Temperature Vs. Time



(Grace M5600; Shear rate = 100 s⁻¹; t= 125°C; 400 psi; R1B5)



5.2. Тест на чувствительность к изменению концентрации:

Variance test: Test with NG XL-4, T = 125°C

5.2.1. Тест с использованием NG XL-4, T = 125°C

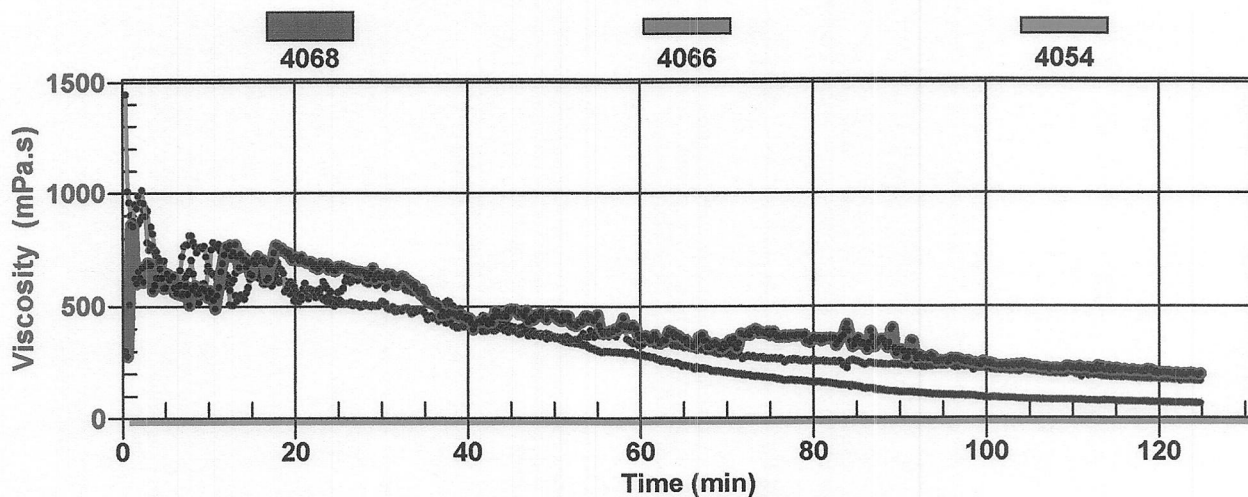
Таблица / Table # 4

Химический реагент Chemical reagent	4066	4054	4068	Ед.изм. УОМ
NG BioD	0.01	0.01	0.01	кг/м ³ (kg/m ³)
WGA NG-2	4.0	4.0	4.0	кг/м ³ (kg/m ³)
NG GS-1	2.0	2.0	2.0	кг/м ³ (kg/m ³)
NG NE-1	1.0	1.0	1.0	л/м ³ (L/m ³)
NG CS-2	1.0	1.0	1.0	л/м ³ (L/m ³)
NG B-1	0.2	0.2	0.2	кг/м ³ (kg/m ³)
NG XL-4	6.0	5.5	6.5	л/м ³ (L/m ³)
Температура / Temperature	25.2	25.8	24.5	°C
pH линейного геля / Liner gel pH	7.20	7.20	7.20	единиц pH (units pH)
Вязкость линейного геля / Viscosity of liner gel	32.0	32.0	32.0	сП (cP)
VCT	3:11	3:10	3:00	min:sec
CT	3:45	4:00	3:50	min:sec
XL	4:10	4:40	4:10	min:sec
pH сшитого геля / pH xl gel	8.95	8.97	8.97	единиц pH (units pH)

График / Graph # 2

Viscosity vs. Time

4068



(Grace M5600; Shear rate = 100 s⁻¹; t= 125°C; 400 psi; R1B5)



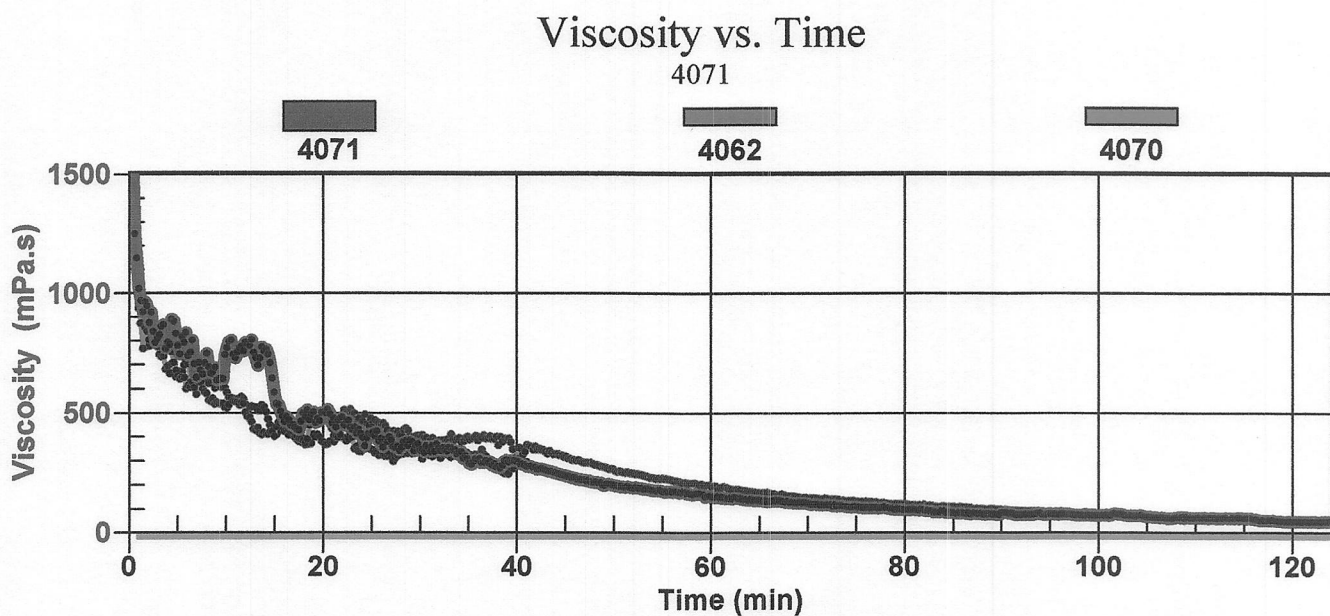
5.2.2. Тест с использованием NG XL-2, T = 125°C

Variance test: Test with NG XL-2, T = 125°C

Таблица / Table # 5

Химический реагент Chemical reagent	4062	4070	4071	Ед.изм. UOM
NG BioD	0.01	0.01	0.01	кг/м ³ (kg/m ³)
WGA NG-2	4.0	4.0	4.0	кг/м ³ (kg/m ³)
NG GS-1	2.0	2.0	2.0	кг/м ³ (kg/m ³)
NG NE-1	1.0	1.0	1.0	л/м ³ (L/m ³)
NG CS-2	1.0	1.0	1.0	л/м ³ (L/m ³)
NG B-1	0.2	0.2	0.2	кг/м ³ (kg/m ³)
NG XL-2	6.0	5.5	6.5	л/м ³ (L/m ³)
Температура / Temperature	25.2	25.8	24.5	°C
pH линейного геля / Liner gel pH	7.15	7.15	7.15	единиц pH (units pH)
Вязкость линейного геля / Viscosity of liner gel	33.0	33.0	33.0	сП (cP)
VCT	0:15	0:15	0:15	min:sec
CT	0:20	0:20	0:20	min:sec
XL	0:30	0:30	0:25	min:sec
pH сшитого геля / pH xl gel	8.80	8.81	8.75	единиц pH (units pH)

График / Graph # 3



5.3. Тест на чувствительность к изменению скорости сдвига:

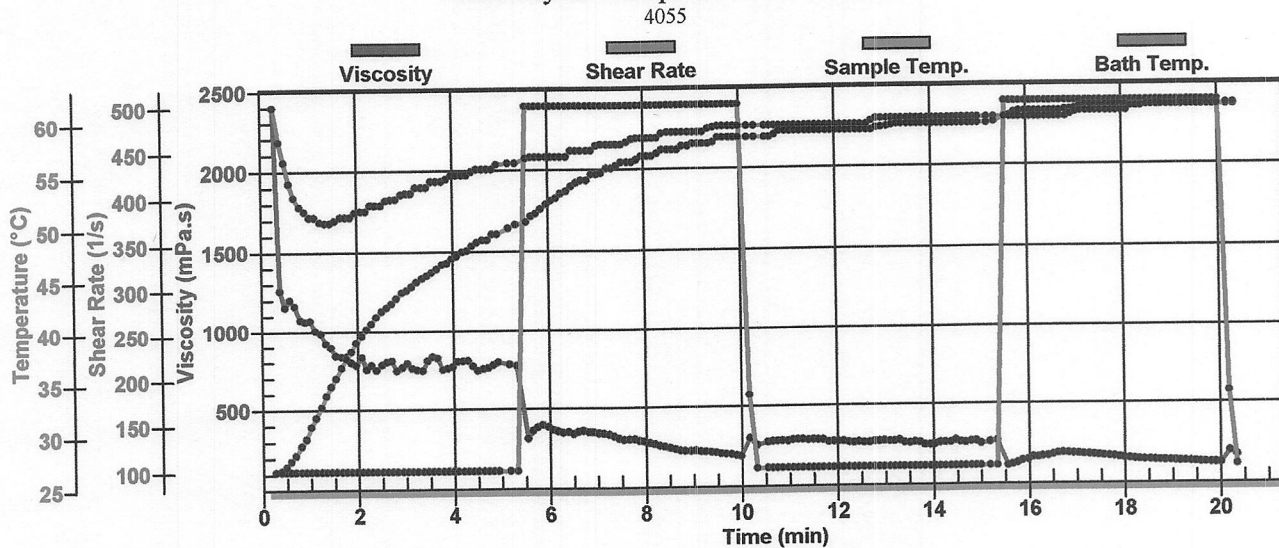
5.3.1. Тест с использованием NG XL-4, T = 60°C

Таблица / Table # 5

Химический реагент Chemical reagent	4055	4061	Ед.изм. UOM
NG BioD	0.01	0.01	кг/м ³ (kg/m ³)
WGA NG-2	4.0	4.0	кг/м ³ (kg/m ³)
NG GS-1	2.0	2.0	кг/м ³ (kg/m ³)
NG NE-1	1.0	1.0	л/м ³ (L/m ³)
NG CS-2	1.0	1.0	л/м ³ (L/m ³)
NG XL-4	6.0	6.0	л/м ³ (L/m ³)
Температура / Temperature	25.2	25.2	°C
рН линейного геля / Liner gel pH	7.20	7.20	единиц рН (units pH)
Вязкость линейного геля / Viscosity of liner gel	32.0	32.0	сП (cP)
VCT	3:11	3:11	min:sec
CT	3:45	3:45	min:sec
XL	4:10	4:10	min:sec
рН сшитого геля / pH xl gel	8.95	8.95	единиц рН (units pH)

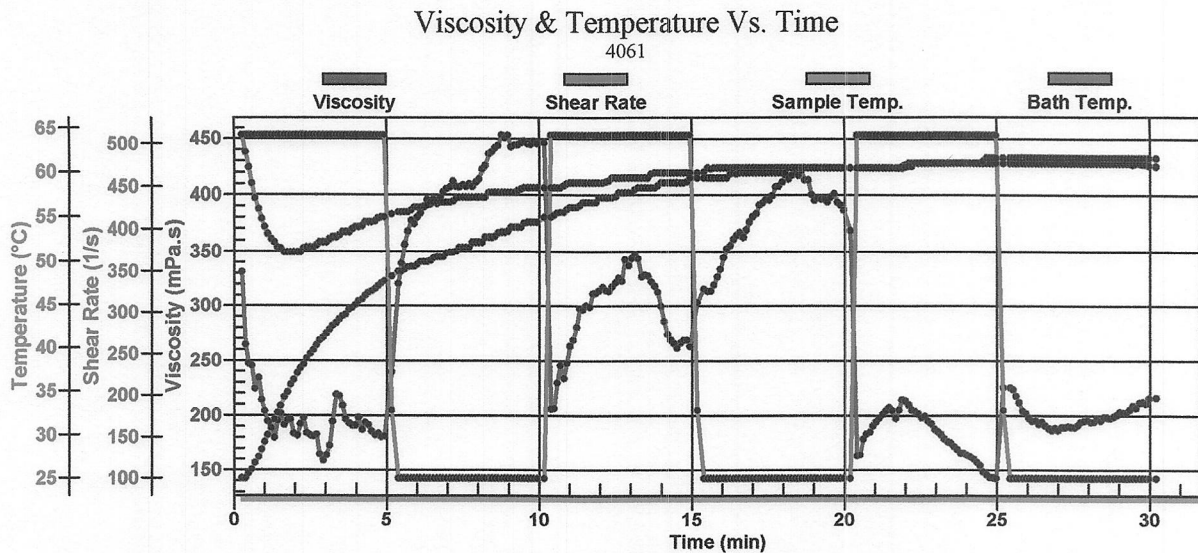
График / Graph # 4

Viscosity & Temperature Vs. Time



(Grace M5600; Shear rate = 100-500 s⁻¹; t = 60°C; 400 psi; R1B5)





(Grace M5600; Shear rate = $511-100 \text{ s}^{-1}$; $t = 60^\circ \text{C}$; 400 psi; R1B5)



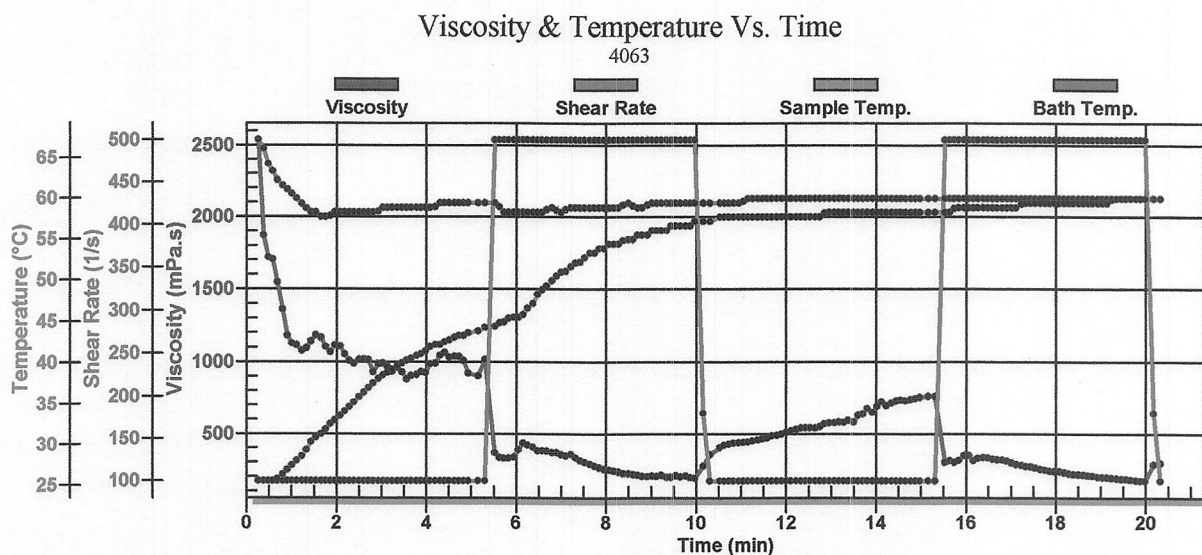
5.3.2. Тест с использованием NG XL-2, T = 60°C

Shear recovery test: Test with NG XL-2, T = 60°C

Таблица / Table # 6

Химический реагент Chemical reagent	4063	4065	Ед.изм. UOM
NG BioD	0.01	0.01	кг/м ³ (kg/m ³)
WGA NG-2	4.0	4.0	кг/м ³ (kg/m ³)
NG GS-1	2.0	2.0	кг/м ³ (kg/m ³)
NG NE-1	1.0	1.0	л/м ³ (L/m ³)
NG CS-2	1.0	1.0	л/м ³ (L/m ³)
NG XL-2	6.0	6.0	л/м ³ (L/m ³)
Температура / Temperature	25.0	25.0	°C
рН линейного геля / Liner gel pH	7.15	7.15	единиц рН (units pH)
Вязкость линейного геля / Viscosity of liner gel	33.0	33.0	сП (cP)
VCT	0:15	0:15	min:sec
CT	0:20	0:20	min:sec
XL	0:30	0:30	min:sec
рН шитого геля / pH xl gel	8.80	8.80	единиц рН (units pH)

График / Graph # 5

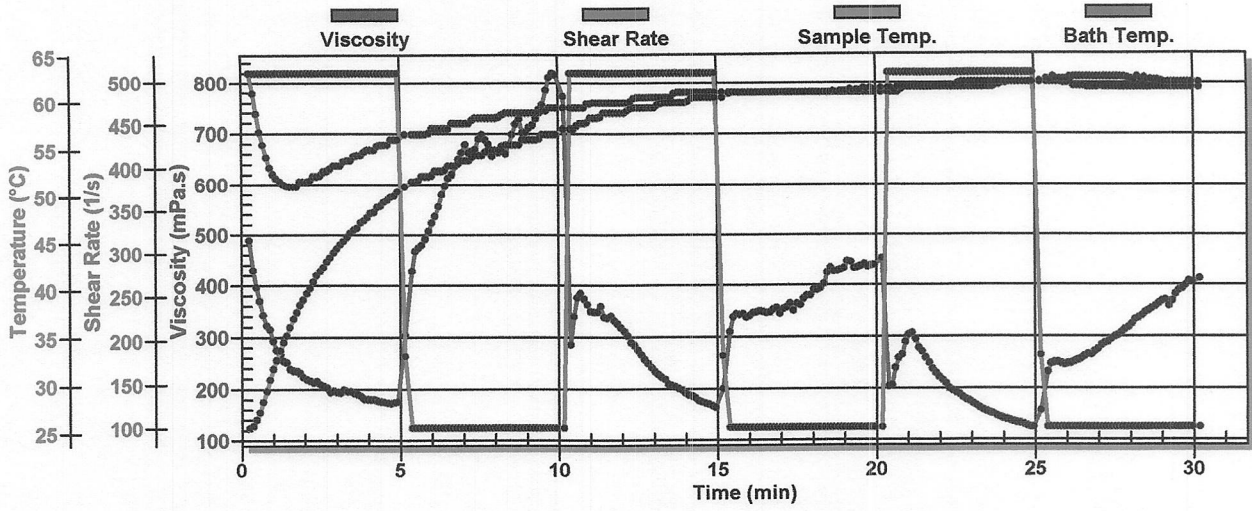


(Grace M5600; Shear rate = 100-500 s⁻¹; t= 60°C; 400 psi; R1B5)



Viscosity & Temperature Vs. Time

4065



(Grace M5600; Shear rate = 511-100 s⁻¹; t = 60°C; 400 psi; R1B5)



6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С целью решения поставленной задачи был рассмотрен комплекс химических реагентов. Для проведения операций ГРП на пластах с температурой 125°C, оптимальными являются следующие концентрации (стадия подушки):

CONCLUSION

The purpose of the task was considered complex chemicals. For frac on formations with a temperature of 125°C, optimum concentrations are as follows (for pad stage):

Описание Description	Химический реагент Chemical reagent	Концентрация Concentration	Концентрация Concentration	Ед.изм. UOM
Биоцид / Biocide	NG BioD	0.01	0.01	кг/м ³ (kg/m ³)
Гелеобразователь (ГПП) / Gelling agent (HPG)	WGA NG-2	4.0	4.0	кг/м ³ (kg/m ³)
Температурный стабилизатор / Temperature stabilizer	NG GS-1	2.0	2.0	кг/м ³ (kg/m ³)
Дезэмульгатор / Non-emulsifier	NG NE-1	1.0	1.0	л/м ³ (L/m ³)
Стабилизатор глин / Clay Control	NG CS-2	1.0	1.0	л/м ³ (L/m ³)
Капсулированный брейкер / Encapsulated breaker	NG B-1	0.2	0.2	кг/м ³ (kg/m ³)
Замедленный сшиватель / Crosslinker	NG XL-4	6.0	-	л/м ³ (L/m ³)
Замедленный сшиватель / Crosslinker	NG XL-2	-	6,0	л/м ³ (L/m ³)

На стадиях подачи пропанта предполагается снижение концентрации термостабилизатора NG GS-1 и увеличение концентрации брейкера NG B-1, с последующим переходом на «живой» брейкер NG B в расчете на требуемую стабильность геля.

Данный отчет несет рекомендательный характер и не является руководством. Перед началом работ необходимо выполнить лабораторные испытания с жидкостью, которая будет применяться непосредственно при проведении операции ГРП.

At the stage of filing of the proppants is expected to decrease the concentration of temperature stabilizer NG GS-1 and increasing concentration of breaker NG B-1, with subsequent transition to live breaker NG B in the calculation of the required stability of the gel.

This report carries a recommendation character and is not a guide. Before starting work it is necessary to perform laboratory tests with the liquid that will be applied directly during the operation of hydraulic fracturing.



CARBOPROP

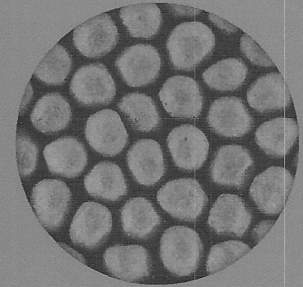
Intermediate-density ceramic proppant

Features

- Consistent, high-quality, engineered intermediate-density proppant
- Exceptional roundness and sphericity
- Frequently selected for moderate to higher stress oil and gas wells
- Available in five standard sizes — 12/18, 16/30, 20/40, 30/60 and 40/70

Benefits

- Excellent long-term conductivity
- Minimizes wear and tear on production and pumping equipment
- Cost-effective alternative to bauxite proppant in targeted applications
- Broad range of proppant sizes ensures availability for your specific frac program



Optimum fracture conductivity for moderate to higher stress wells

CARBOPROP® intermediate-density proppant provides optimum fracture conductivity in moderate-depth, higher-stress wells. It provides a cost-effective alternative to available bauxite proppant.

Long-term conductivity

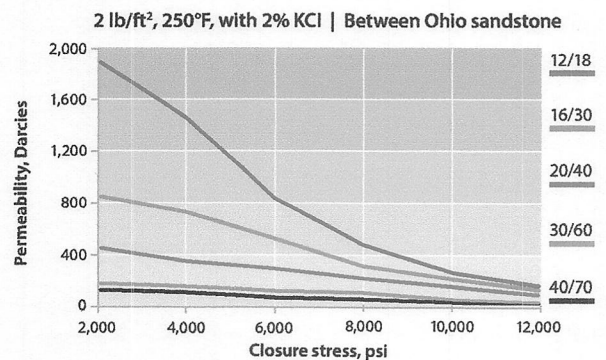
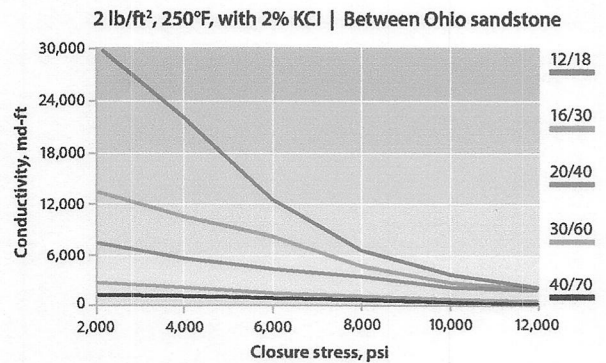
Reference conductivity, md-ft @ 250°F

Closure stress [psi]	2 lb/ft ² 12/18	2 lb/ft ² 16/30	2 lb/ft ² 20/40	2 lb/ft ² 30/60	2 lb/ft ² 40/70
2,000	30,940	13,400	7,290	2,870	1,680
4,000	22,040	10,920	5,840	2,440	1,350
6,000	12,260	7,940	4,820	2,010	1,015
8,000	6,750	4,620	3,540	1,575	770
10,000	3,810	2,930	2,400	990	570
12,000	2,270	2,120	1,900	665	440

Reference permeability, Darcies @ 250°F

Closure stress [psi]	2 lb/ft ² 12/18	2 lb/ft ² 16/30	2 lb/ft ² 20/40	2 lb/ft ² 30/60	2 lb/ft ² 40/70
2,000	1,900	875	455	175	140
4,000	1,400	725	365	150	110
6,000	820	545	305	130	80
8,000	470	330	230	105	65
10,000	280	215	160	70	50
12,000	175	155	130	50	40

Reference conductivity and permeability are measured with a single phase fluid under laminar flow conditions in accordance with API RP 19D. In an actual fracture, the effective conductivity will be much lower due to non-Darcy and multiphase flow effects. For more information, please refer to SPE Paper #106301.

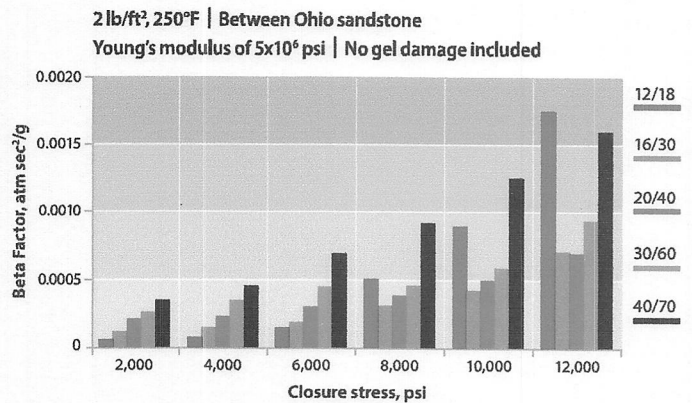


CARBOPROP

Intermediate-density ceramic proppant

Beta factors

Closure stress [psi]	Beta factor [atm sec ² /g]				
	12/18	16/30	20/40	30/60	40/70
2,000	0.00006	0.00010	0.00021	0.00027	0.00035
4,000	0.00008	0.00013	0.00024	0.00034	0.00047
6,000	0.00015	0.00017	0.00030	0.00044	0.00070
8,000	0.00050	0.00028	0.00037	0.00047	0.00091
10,000	0.00087	0.00043	0.00049	0.00059	0.00127
12,000	0.00175	0.00072	0.00069	0.00093	0.00167



Physical and chemical properties

Typical sieve analysis [weight % retained]

U.S. Mesh [mesh]	Microns	12/18	16/30	20/40	30/60	40/70
+12 mesh	+1700	2				
-12+14 mesh	-1700+1400	42				
-14+16 mesh	-1400+1180	40	3			
-16+18 mesh	-1180+1000	15	28			
-18+20 mesh	-1000+850	1	46	4		
-20+30 mesh	-850+600		23	75	3	
-30+40 mesh	-600+425			21	68	3
-40+50 mesh	-425+300				28	70
-50+70 mesh	-300+212				1	26
-70 mesh	-212					1
Median particle diameter [microns]		1328	936	672	453	324
API/ISO crush test	@10,000 psi	14.0	5.0	2.8	2.3	2.0
% by weight fines generated	@12,500 psi	20.0	9.4	5.3		

Sizing requirements: A minimum of 90% of the tested sample should fall between the designated sieve sizes. These specifications meet the recommended practices as detailed in API RP 19C.

Typical additional properties

Roundness	0.9	Apparent specific gravity	3.27
Sphericity	0.9	Absolute volume [gal/lb]	0.037
Bulk density [lb/ft ³]	117	Solubility in 12/3 HCl/HF acid	4.5
[g/cm ³]	1.88	[% weight loss]	

All data represents typical values.

Talk to CARBO to find out how we can help you enhance your production.

carboceramics.com

CARBO
Production. Enhanced.

Средняя плотность керамических пропантов

Свойства

- Последовательная, высококачества, средней плотности пропант
- Исключительная круглость и сферичность
- Чаще выбирается для средних и высоких давлений на нефтяных и газовых скважинах
- Доступно в пяти стандартных размерах 12/18, 16/30, 20/40, 30/60 и 40/70

Преимущества

- Отличная долговременная проводимость
- Минимизация износа на производстве и насосного оборудования
- Экономически эффективная альтернатива бокситового пропанта в целевом применении
- Широкий диапазон размеров пропантов, которые доступны для Вашей конкретной программы гидроразрыва

Оптимальная проводимость трещины для средних и высоких давлений в скважинах

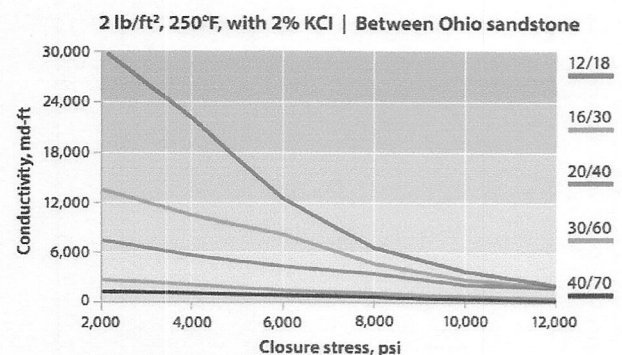
CARBOPROP средней плотности пропант предоставляет оптимальную проводимость трещины в умеренной глубины, высокого давления скважинах. Он обеспечивает экономическую альтернативу имеющимся бокситовым пропантам.

Длительная проводимость

Ориентир по проводимости, мкр-фут @250 °F

Приблизительное давление (psi)	2lb/ft ² 12/18	2lb/ft ² 16/30	2lb/ft ² 20/40	2lb/ft ² 30/60	2lb/ft ² 40/70
2,000	30,940	13,400	7,290	2,870	1,680
4,000	22,040	10,920	5,840	2,440	1,350
6,000	12,260	7,940	4,820	2,010	1,015
8,000	6,750	4,620	3,540	1,575	770
10,000	3,810	2,930	2,400	990	570
12,000	2,270	2,120	1,900	665	44

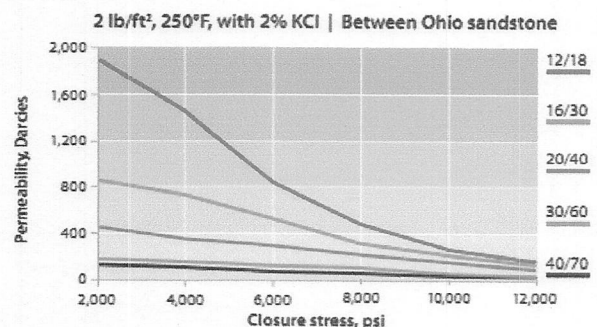
2 lb/ft², 250°F, с 2 % KCl / Между песчаниками в Огайо



Ориентир по проницаемости, Дарси @ 250°F

Приблизительное давление (psi)	2lb/ft ² 12/18	2lb/ft ² 16/30	2lb/ft ² 20/40	2lb/ft ² 30/60	2lb/ft ² 40/70
2,000	1,900	875	455	175	140
4,000	1,400	725	365	150	110
6,000	820	545	305	130	80
8,000	470	330	230	105	65
10,000	280	215	160	70	50
12,000	175	155	130	50	40

2 lb/ft², 250°F, с 2 % KCl / Между песчаниками в Огайо



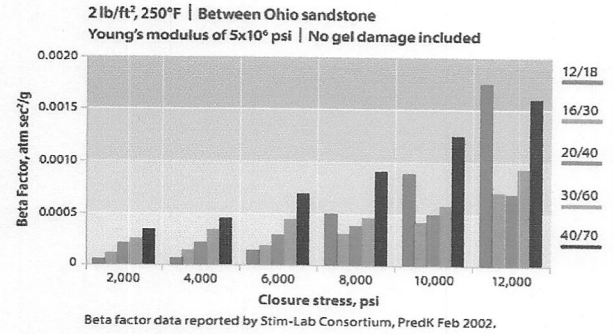
Ориентир проводимости и проницаемости измеряются однофазной жидкостью в условиях ламинарного потока согласно API RP 19D. В актуальном разрушении, эффективная проводимость будет ниже из-за несоответствия закону Дарси и многофазного воздействия потока. Для получения большей информации, пожалуйста, обращайтесь к SPE Письмо №106301

CARBOPROP

Средняя плотность керамических пропантов

Бета-факторы

Приблизительное давление (psi)	Бета-фактор (атм сек/г)				
	12/18	16/30	20/40	30/60	40/70
2,000	0.00006	0.00010	0.00021	0.00027	0.00035
4,000	0.00008	0.00013	0.00024	0.00034	0.00047
6,000	0.00015	0.00017	0.00030	0.00044	0.00070
8,000	0.00050	0.00028	0.00037	0.00047	0.00091
10,000	0.00087	0.00043	0.00049	0.00059	0.00127
12,000	0.00175	0.00072	0.00069	0.00093	0.00167



Физические и химические свойства

Типичный анализ сетчатого фильтра (вес% сохраняется)

Меш США (меш)	Микроны	12/18	16/30	20/40	30/60	40/70
+12 меш	+1700	2				
-12+14 меш	-1700+1400	42				
+14+16 меш	-1400+1180	40	3			
-16+18 меш	-1180+1000	15	28			
-18+20 меш	-1000+850	1	46	4		
-20+30 меш	-850+600		23	75	3	
-30+40 меш	-600+425			21	68	3
-40+50 меш	-425+300				28	70
-50+70 меш	-300+212				1	26
-70 меш	-212					1

Средний диаметр частиц (Микроны)	1328	936	672	453	324
API/ISO испытание на раздавливание @10,000 psi	14,0	5,0	2,8	2,3	2,0
% под весом мелких фракций @12,500 psi	20,0	9,4	5,3		

Требования к размерам. Минимально 90% тестируемого образца должно находиться между определенными размерами сетчатого фильтра.

Эти характеристики соответствуют рекомендуемой практике указанной в API RP 19C.

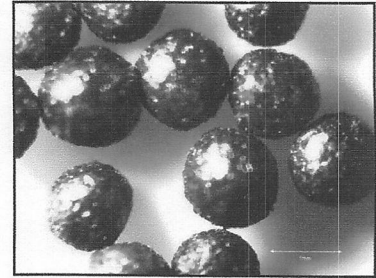
Обычные дополнительные свойства

Окружность	0.9	Удельный вес	3.27
Сферичность	0.9	Абсолютный объем (гал/фут)	0.037
Объемная плотность (фут/фут ³)	117	Растворимость в 12/3 HCl/HF 4.5	
(г/см ³)	1.88	кислоте (% потери веса)	

Все данные предоставляют обычные значения.

CARBOPROP™ RCP

Curable Resin Coated Ceramic Proppant, made in Russia



Chemical Properties

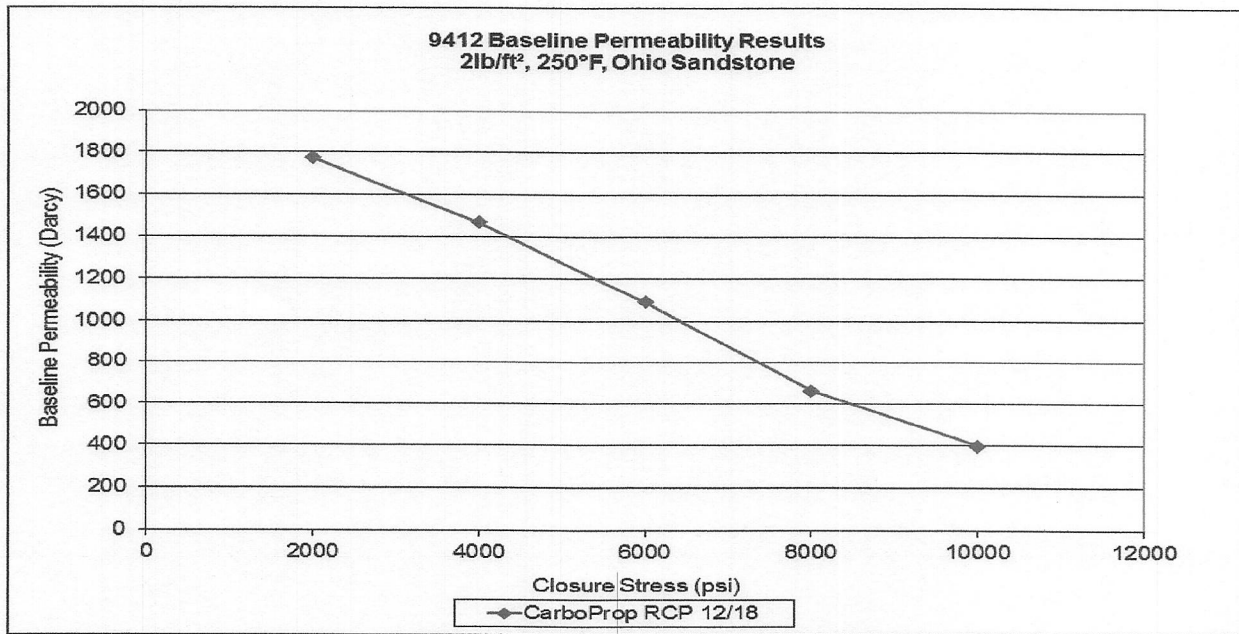
Composition	resin-coated CARBOPROP®
Resin type	Phenolic, 2-4 weight %
Equilibrium pH	8.5
Residual Acidity	
1,5% NaOH/m ³ , 2%KCl	<0.4
Solubility - weight % - API RP-56	
Water	<2.0
Water with 2 weight % KCl	<0.2
Brine	<0.3
12%HCl/3%HF Acid	<0.2
Oil	<1.0
Alkaline water* (uncured)	<1.0
(cured)	<0.2
*150°F [66°C], 2% KCl, adjusted to pH = 11, 12lb _m /gal added	
Shelf-life, years	>3
Compatibility	

Compatible with most commonly used fracturing fluids, both water and oil. Avoid prolonged exposure to highly alkaline fluids (pH >12, 1.1% NaOH/m³)

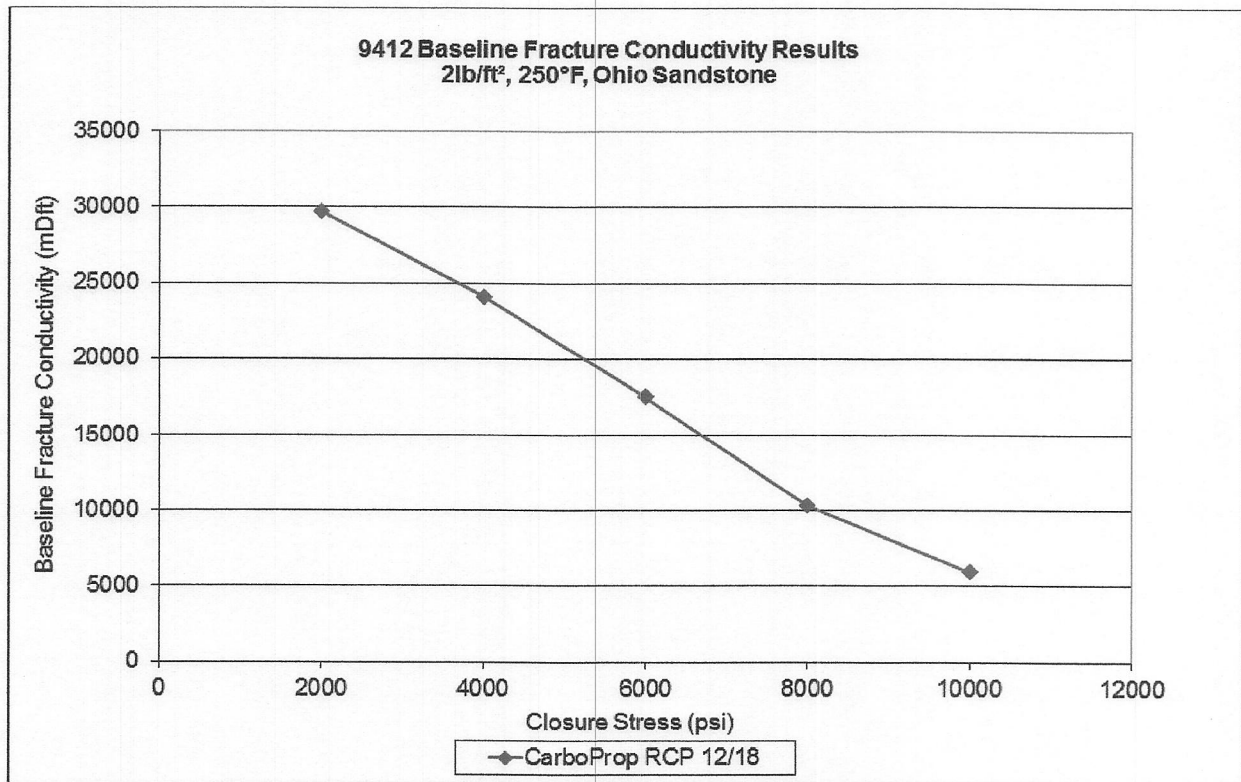
Physical Properties

API Mesh Size	12/18, 16/20, 20/40
Physical State	Solid
Particle Density, g/cm ³ [lb _m /gal]	3.14 [26.15]
Specific Volume cm ³ /g [gal/lb _m]	0.318 [0.0382]
Bulk Density, g/cm ³ [lb _m /ft ³]	1.89 [118+/-2]
Pipe-fill factor, cm ³ /g [gal/lb _m]	0.578 [0.0791]
Krumbein Shape Factors	
Roundness	0.8
Sphericity	0.9
Melting point	170 °C [338 °F]
Particle Size Distribution,	Meets or exceeds API RP-60
Turbidity, NTU (FTU)	< 250
Coating Efficiency, weight %	> 99.5
Clusters, weight %	< 1
Compressive Strength,	See included chart
Conductivity	See included chart

CARBOPROP™ RCP Permeability



CARBOPROP™ RCP Conductivity



Objective conductivity and permeability performance for resin coated
CARBOPROP[®] 12/18.

Closure Stress (psi)	CARBOPROP RCP 12/18		
	Baseline Fracture Conductivity (mDft)	Baseline Permeability (Darcy)	Pack Width (mm)
2000	29694	1771	5.11
4000	24112	1467	5.01
6000	17536	1093	4.89
8000	10314	665	4.73
10000	5993	396	4.61

CARBOPROP[™] RCP
 Unconfined Compressive Strength

Product	Fluid	Temp. (°C)	Curing Stress (psi)	Curing Duration (hours)	UCS (1) (psi)	UCS (2) (psi)	Mean UCS (psi)
CARBO PROP RCP 12/18	2% KCl	50	1000	24	18.0	14.3	16.2
	2% KCl	70	1000	24	223	243	233
	2% KCl	90	1000	24	289	315	302
	2% KCl	90	0	24	57.2	54.4	55.8

CARBOPROP™ RCP

Curable Resin Coated Ceramic Proppant

Made in Russia, this curable resin coated proppant offers an economical advantage over imported resin coated proppants. The proppant is packed in 1,5 metric ton, high quality durable bags design to withstand rough treatment. Combining the strength of CarboProp which exceeds any other product manufactured in Russia, with the purpose-designed resin coating gives highest performance when it comes to avoiding screen-outs but maintain superior conductivity. The temperature range of the resin coating is purposely designed for reservoir temperatures commonly found in Russia. CarboProp™ RCP will not compromise productivity of a wellbore over uncoated CarboProp™. Independent laboratory tests results are available upon request.

For commercial offers contact Carbo Ceramics Eurasia, 115114 Moscow, Russia, Derbenevskaya street 1, Building 1, Porch 23.

Tel. +7 495 781 48 20
Fax : +7 495 781 25 28

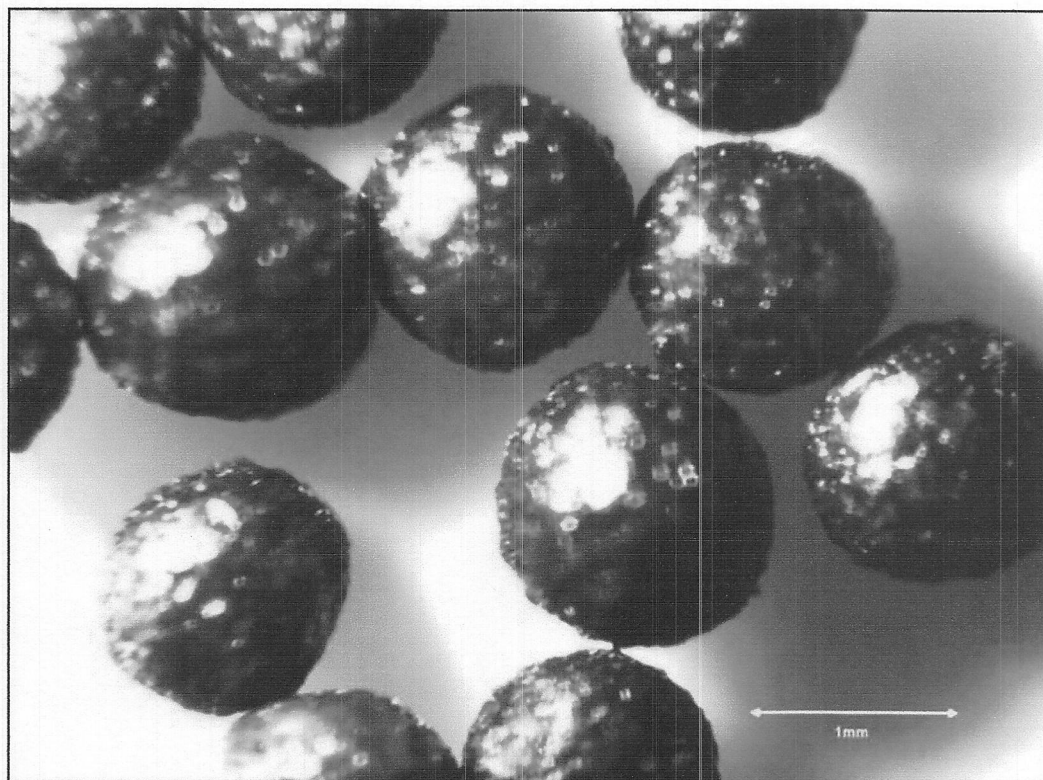


Photo of CarboProp™ 12/18

CARBOPROP™ RCP

Керамический пропант с покрытием твердой смолой, сделан в России

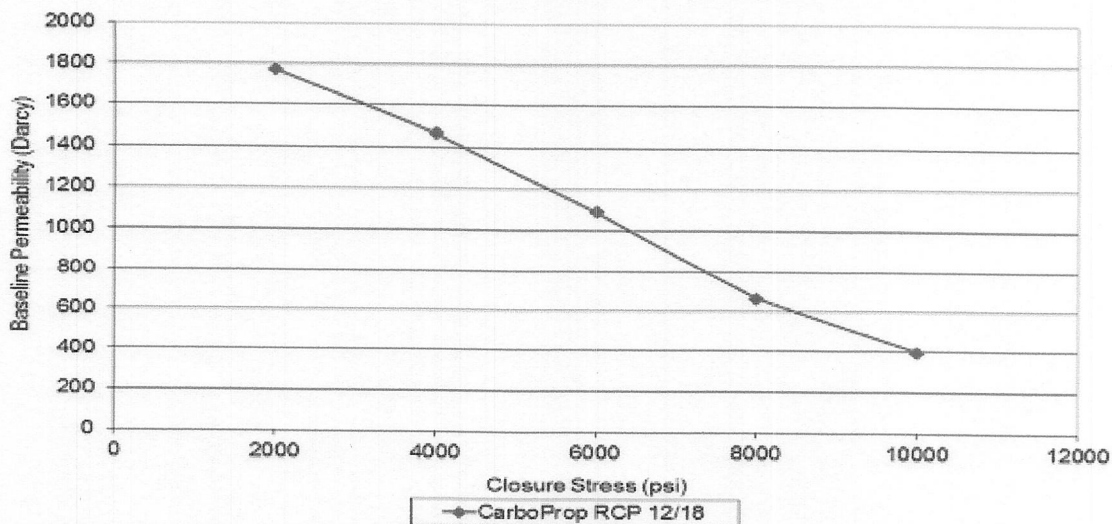
Химические Свойства

Состав	CARBOPROP с покрытием смолой
Тип смолы	Фенольная, 2-4 вес %
Равновесие pH	
Остаточная кислотность	
1,5%	
Растворимость –вес % - API RP -56	
Вода	
Вода с 2 % веса KCl	
Соляной раствор	
12%HCl/3%HF Кислота	
Масло	
Алкалиновая вода (невулканизированная)	
(вулканизированная)	
*150°F (66°C)? 2% KCl? скорректировано к pH=11., 12фут м/гал добавлено	
Срок хранения, годы	
Совместимость	Совместимость со многими жидкостями, которые обычно используются для разрыва, как с водой так и нефтью. Избегайте длительного воздействия высокой щелочной жидкости

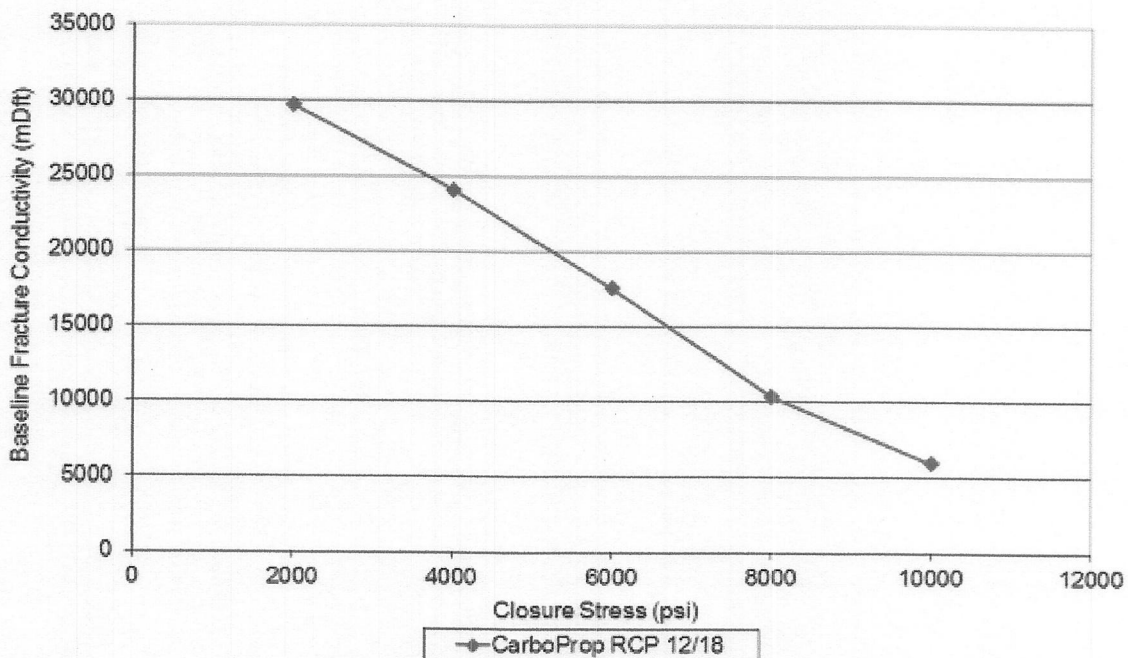
Физические свойства

API размер сетчатого фильтра	12/18, 16/20, 20/40
Физическое состояние	Твердый
Плотность	
г/см ³	3.14 (26.15)
Удельный объем	
см ³ /г	0.318 (0.0382)
Объемная плотность	
г/см ³	1.89 (118+/-2)
Коэффициент заполнения труб	
см ³ /г	0.578 (0.0791)
Факторы формы Крумбайна	
Округлость	0.8
Сферичность	0.9
Температура плавления	170°C
Распределение частиц по размерам	Соответствует или превышает API RP-60
Мутность, NTU (FTU)	<250
Эффективность покрытия, вес%	>99.5
Кластеры, вес %	<1
Прочность сжатия	Смотрите таблице
Проводимость	Смотрите таблицу

9412 Baseline Permeability Results
2lb/ft², 250°F, Ohio Sandstone



9412 Baseline Fracture Conductivity Results
2lb/ft², 250°F, Ohio Sandstone



Closure Stress (psi)	CARBOPROP RCP 12/18		
	Baseline Fracture Conductivity (mDft)	Baseline Permeability (Darcy)	Pack Width (mm)
2000	29694	1771	5.11
4000	24112	1467	5.01
6000	17536	1093	4.89
8000	10314	665	4.73
10000	5993	396	4.61

Product	Fluid	Temp. (°C)	Curing Stress (psi)	Curing Duration (hours)	UCS (1) (psi)	UCS (2) (psi)	Mean UCS (psi)
CARBO PROP RCP 12/18	2% KCl	50	1000	24	18.0	14.3	16.2
	2% KCl	70	1000	24	223	243	233
	2% KCl	90	1000	24	289	315	302
	2% KCl	90	0	24	57.2	54.4	55.8

Керамический пропант с покрытием из смолы

Сделан в России, этот керамический пропант с покрытием из смолы предоставляет экономическое преимущество над импортируемыми пропантами с покрытием из смолы. Пропант упакован в 1,5 метрическую тонну, высококачественную долговечную упаковку, которая защищает от грубых повреждений. Объединяя прочность CarboPro, которая превышает любой другой продукт произведенный в России, с разработанным покрытием из смолы, которое дает высокую производительность, что дает возможность избегать выпадения песка, но сохраняет высокую проводимость. Диапазон температуры в покрытии из смолы специально разработано для сохранения температур которые встречаются в России. CarboPro не подрывает производительность скважины непокрытой. Тесты независимой лаборатории предоставляются по запросу.

По вопросам сотрудничества обращайтесь по адресу Carbo Ceramics Eurasia Гербневская ул1, дом 1, Москва, Россия 115114

Тел +7 495 781 48 20

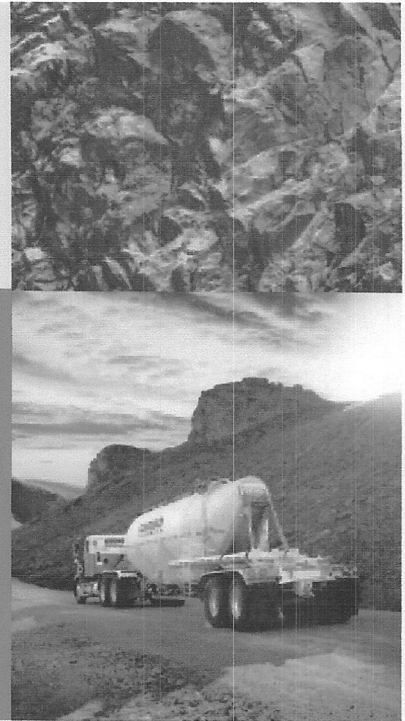
Факс +7 495 781 25 28

CARBOHSP®

High-strength sintered bauxite proppant

FEATURES

- Maximum strength and conductivity for use in deepest wells.
- Maintains high fracture conductivity in hot, hostile downhole environments.
- Excellent roundness and sphericity minimize the abrasion characteristics that cause wear on production and pumping equipment.
- Available in four sizes – 12/18, 16/30, 20/40 and 30/60.



Physical and Chemical Properties

Typical Sieve Analysis [weight % retained]

U.S. Mesh [mesh]	Microns	12/18	16/30	20/40	30/60
+12 mesh	+1700	1	—	—	—
-12+14 mesh	-1700+1400	27	—	—	—
-14+16 mesh	-1400+1180	43	3	—	—
-16+18 mesh	-1180+1000	27	30	—	—
-18+20 mesh	-1000+850	2	55	4	—
-20+25 mesh	-850+710	—	12	45	—
-25+30 mesh	-710+600	—	—	40	3
-30+40 mesh	-600+425	—	—	11	70
-40+50 mesh	-425+300	—	—	—	25
-50+60 mesh	-300+250	—	—	—	2
Median Partide Diameter [microns]		1291	956	697	430

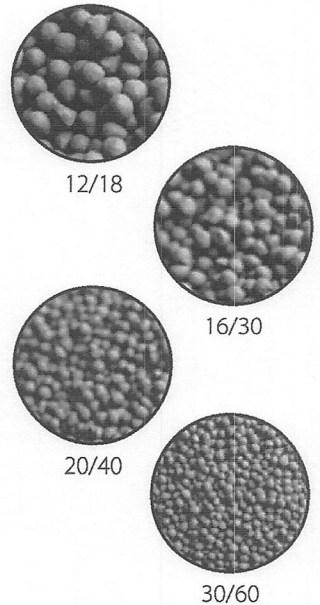
API Crush Test

% by weight fines generated	@10,000 psi	9.3	2.0	0.7	0.6
	@12,500 psi	13	3.8	1.4	1.3
	@15,000 psi	—	8.0	2.7	2.3

Sizing Requirements: A minimum of 90% of the tested sample should fall between the designated sieve sizes. These specifications meet the recommended practices as detailed in ISO 13503-2.

Typical Additional Properties

Roundness	0.9	Chemistry [weight %]	
Sphericity	0.9	Al ₂ O ₃	83
Bulk Density [lb/ft ³] [g/cm ³]	128	SiO ₂	5
	2.0	TiO ₂	3.5
Apparent Specific Gravity	3.56	Fe ₂ O ₃	7.0
Absolute Volume [gal/lb]	0.034	Other	1.5
Solubility in 12/3 HCl/HF Acid [% weight loss]	3.5		



CARBO[®]
CERAMICS

CarboCeramics.com

Long-Term Conductivity

Reference Conductivity*, md-ft @ 250°F

Closure Stress [psi]	2 lb/ft ² 12/18	2 lb/ft ² 16/30	2 lb/ft ² 20/40	2 lb/ft ² 30/60
2,000	42,266	18,408	8,168	3,720
4,000	36,530	14,150	6,595	3,233
6,000	23,462	10,637	5,368	2,791
8,000	12,522	7,386	4,283	2,343
10,000	5,379	5,429	3,405	1,849
12,000	3,598	3,975	2,719	1,333
14,000	2,325	2,973	2,140	927

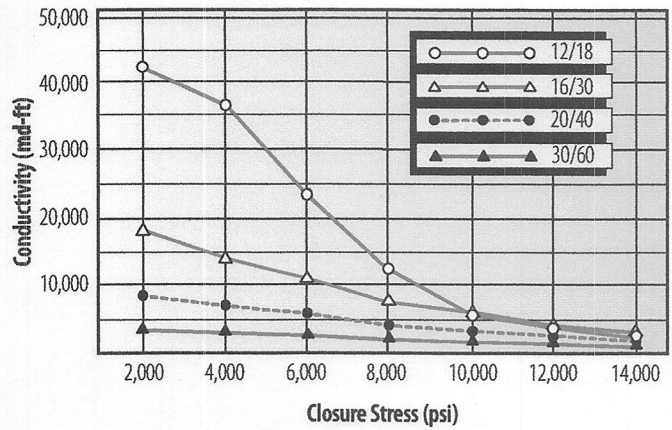
Reference Permeability, Darcies @ 250°F

Closure Stress [psi]	2 lb/ft ² 12/18	2 lb/ft ² 16/30	2 lb/ft ² 20/40	2 lb/ft ² 30/60
2,000	2,742	1,207	539	254
4,000	2,395	939	440	224
6,000	1,609	721	370	197
8,000	894	515	302	167
10,000	409	393	246	134
12,000	284	298	204	99
14,000	194	232	166	73

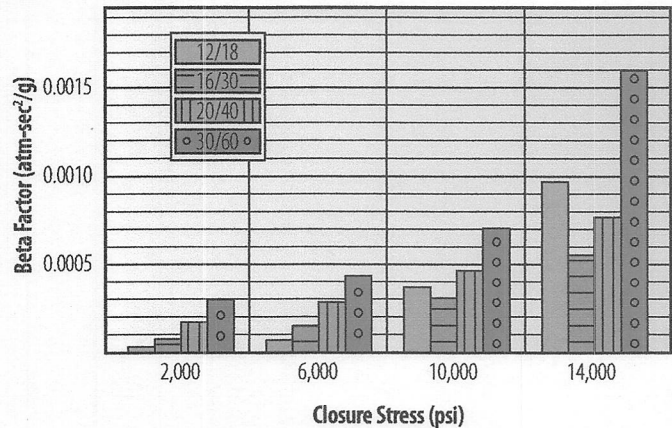
Beta Factors

Closure Stress [psi]	Beta Factor [atm-sec ² /g]			
	12/18	16/30	20/40	30/60
2,000	0.00003	0.00008	0.00018	0.00030
4,000	0.00004	0.00011	0.00023	0.00036
6,000	0.00007	0.00015	0.00029	0.00043
8,000	0.00014	0.00022	0.00037	0.00053
10,000	0.00038	0.00030	0.00047	0.00071
12,000	0.00060	0.00041	0.00060	0.00106
14,000	0.00097	0.00055	0.00077	0.00160

2 lb/ft², 250°F, with 2% KCl | Between Ohio sandstone



2 lb/ft², 250°F, with 2% KCl | Between Ohio sandstone, Young's modulus of 5x10⁶ psi | No gel damage included



Beta Factor data reported by Stim-Lab Consortium, PredK Feb 2002

* Reference conductivity and permeability are measured with a single phase fluid under laminar flow conditions in accordance with ISO 13503-5. In an actual fracture, the effective conductivity will be much lower due to non-Darcy and multiphase flow effects. For more information, please refer to SPE Paper #106301.

CARBO Ceramics

Energy Center II
575 N. Dairy Ashford, Suite 300
Houston, Texas 77079 USA
T: +1-281-921-6400
F: +1-281-921-6401
CarboCeramics.com

CARBO[®]
CERAMICS

Высокопрочный бокситовый пропант

Свойства

Максимальная прочность и проводимость для использования в глубоких скважинах

Сохраняет высокую проводимость в горячем, скважинном окружении

Отличная округлость и сферичность которая минимизирует характеристики износа, которые способствуют износу производительности и насосного оборудования

Доступен в 4 размерах -12/18, 16/30, 20/40 и 30/60

Физические и химические свойства

Typical Sieve Analysis [weight % retained]

U.S. Mesh [mesh]	Microns	12/18	16/30	20/40	30/60
+12 mesh	+1700	1	—	—	—
-12+14 mesh	-1700+1400	27	—	—	—
-14+16 mesh	-1400+1180	43	3	—	—
-16+18 mesh	-1180+1000	27	30	—	—
-18+20 mesh	-1000+850	2	55	4	—
-20+25 mesh	-850+710	—	12	45	—
-25+30 mesh	-710+600	—	—	40	3
-30+40 mesh	-600+425	—	—	11	70
-40+50 mesh	-425+300	—	—	—	25
-50+60 mesh	-300+250	—	—	—	2
Median Particle Diameter [microns]		1291	956	697	430
API Crush Test					
% by weight fines generated	@10,000 psi	9.3	2.0	0.7	0.6
	@12,500 psi	13	3.8	1.4	1.3
	@15,000 psi	—	8.0	2.7	2.3

Требования:

Минимальный размер тестируемого образца на 90% должен попадать в размеры сетчатого фильтра.

Эти свойства должны совпадать с рекомендуемой практикой указанной в ISO 13503-2

Typical Additional Properties

		Chemistry [weight %]	
Roundness	0.9	Al ₂ O ₃	83
Sphericity	0.9	SiO ₂	5
Bulk Density [lb/ft ³]	128	TiO ₂	3.5
[g/cm ³]	2.0	Fe ₂ O ₃	7.0
Apparent Specific Gravity	3.56	Other	1.5
Absolute Volume [gal/lb]	0.034		
Solubility in 12/3 HCl/HF Acid [% weight loss]	3.5		

Long-Term Conductivity

Reference Conductivity*, md-ft @ 250°F

Closure Stress [psi]	2 lb/ft ² 12/18	2 lb/ft ² 16/30	2 lb/ft ² 20/40	2 lb/ft ² 30/60
2,000	42,266	18,408	8,168	3,720
4,000	36,530	14,150	6,595	3,233
6,000	23,462	10,637	5,368	2,791
8,000	12,522	7,386	4,283	2,343
10,000	5,379	5,429	3,405	1,849
12,000	3,598	3,975	2,719	1,333
14,000	2,325	2,973	2,140	927

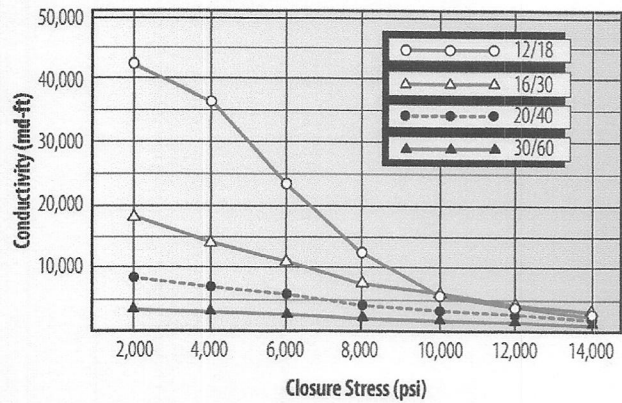
Reference Permeability, Darcies @ 250°F

Closure Stress [psi]	2 lb/ft ² 12/18	2 lb/ft ² 16/30	2 lb/ft ² 20/40	2 lb/ft ² 30/60
2,000	2,742	1,207	539	254
4,000	2,395	939	440	224
6,000	1,609	721	370	197
8,000	894	515	302	167
10,000	409	393	246	134
12,000	284	298	204	99
14,000	194	232	166	73

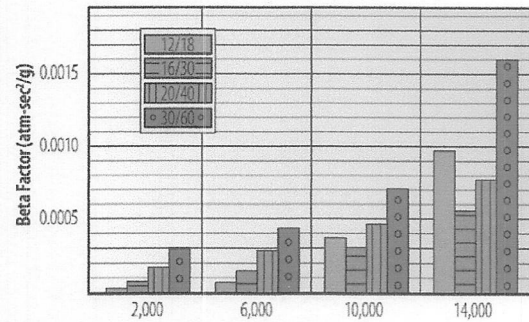
Beta Factors

Closure Stress [psi]	12/18	16/30	20/40	30/60
2,000	0.00003	0.00008	0.00018	0.00030
4,000	0.00004	0.00011	0.00023	0.00036
6,000	0.00007	0.00015	0.00029	0.00043
8,000	0.00014	0.00022	0.00037	0.00053
10,000	0.00038	0.00030	0.00047	0.00071
12,000	0.00060	0.00041	0.00060	0.00106
14,000	0.00097	0.00055	0.00077	0.00160

2 lb/ft², 250°F, with 2% KCl | Between Ohio sandstone



2 lb/ft², 250°F, with 2% KCl | Between Ohio sandstone, Young's modulus of 5x10⁶ psi | No gel damage included



Ориентир проводимости и проницаемости измеряются однофазной жидкостью в условиях ламинарного потока согласно ISO 13503-5. В актуальном разрушении, эффективная проводимость будет ниже из-за несоответствия закону Дарси и многофазного воздействия потока. Для получения большей информации, пожалуйста, обращайтесь к SPE Письмо №106301