

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ГРАНУЛИРОВАННЫХ ГЕЛЕЙ PPG НА НИЗКОПРОНИЦАЕМЫЕ ПОРОДЫ

¹Али Г.Х., ¹Сохошко С.К., ¹Саранча А.В.

¹ФГБОУ ВО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», Тюмень, Россия (625000, Тюмень, ул. Володарского, 38), e-mail: sarantcha@mail.ru

Целью данной работы является разработка метода блокирования, с использованием гранулированных гелей PPG (гели с приготовлением на поверхности). Данные гели относятся к химическим технологиям и используются в высокопроницаемых обводненных пропластках на длительно разрабатываемых нефтяных месторождениях, для последующей их блокировки и вытеснения нефти из низкопроницаемых пропластков. Были проведены экспериментальные исследования влияния различных типов гелей PPG (марок Daqing DQ и LiquiBlock™ 40к) на приемистость образцов низкопроницаемых пород. При этом производились замеры проницаемости образцов пород до и после закачки гелей (марок Daqing DQ и LiquiBlock™ 40к). Закачка велась при различных давлениях и при различной концентрации соли в рассоле. Кроме того, проведены исследования влияния содержания соли в рассоле на набухание и прочность гелей.

Ключевые слова: гранулированный гель, блокировка техногенных трещин.

STUDY THE EFFECT OF DIFFERENT TYPES OF PPG GEL ON LOW-PERMEABILITY ROCKS

¹Ali G.H., ¹Sohoshko S.K., ¹Sarancha A.V.

¹Federal Budget Educational Institution of Higher Education "Tyumen State Oil and Gas University", Tyumen, Russia (625000 Russia, Tyumen, street Volodarskogo, 38), e-mail: sarantcha@mail.ru

The ultimate goal of this paper is to develop a method which be used in mature oil fields to plug the high-permeable layers and filter the brine into the low-permeable layers to produce remaining oil from the low-permeable zone and decrease water production. The experimental study describes the processes and phenomena that determine or influence the injectivity of different type of PPGs gel (Daqing DQ and LiquiBlock™ 40K) on low-permeable formations of the sandstone rocks. The permeability of various samples will be measured before and after gel treatment. The work used various injection pressures and various concentrations of brine are be used as injection fluids to determine the influence of concentration on gel strength and swelling, as well as on the formation.

Keywords: granular gel, the lock of fracture.

Существует два стандартных теста на образцах керна для оценки эффекта от гранулированного геля. Тест статической фильтрации и тест динамической фильтрации. Тест статической фильтрации предназначен для тестирования закачки в матрицу породы, тогда как тест динамической фильтрации подходит для оценки закачки в трещину. Тест фильтрации позволяет прояснить процессы и явления, которые определяют или влияют на приемистость PPG в низкопроницаемых пластах. В качестве нагнетательной жидкости будет использоваться рассол различной концентрации.

Проницаемость различных образцов песчаника будет измеряться до и после воздействия гелем, так же будет измеряться проницаемость самого геля. Давление закачки будет изменяться. Будет изменяться концентрация рассола для определения ее влияния на прочность геля и на продуктивный пласт. Эта работа позволит определить, дает ли гель усадку при взаимодействии с образцами песчаника низкой проницаемости. Частицы геля

должны блокировать зону с высокой проницаемостью и позволить закачиваемой воде войти в зону с низкой проницаемостью и, таким образом, повысить охват пласта заводнением. Перепад давления будет измеряться над образцом песчаника для расчета проницаемости как геля, так и образца керна после обработки гелем [1-5].

Основными компонентами PPG являются: сшитые солью калия полиакриловая кислота или сополимер полиакриламида. PPG может поглощать большое количество воды, за счет водородной связи с молекулой воды. Два вида PPG были использованы для наших экспериментов фильтрации: Дацин (DQ) и Liquiblock™ 40К. Размеры частиц геля находятся в диапазоне от 30 до 80 меш. Частицы геля DQ жесткие с модулем упругости более 8000 Па после полного набухания, а частицы геля Liquiblock™ 40К мягкие с модулем упругости около 800 Па. Оба PPG при набухании увеличиваются в размере до 10 ~ 100 раз. Концентрации рассола значительно влияет на набухание PPG. Высокая соленость рассола приводит к снижению коэффициента набухания, но прочность набухшего частиц выше. Для приготовления набухшего PPG были использованы три значения концентрации солевого раствора (0,05%, 1% и 10%).

В таблице 1 показано снижение проницаемости образцов керна для каждого эксперимента с использованием геля Liquiblock™ 40К. В таблице 1 $K_б$ - проницаемость породы до закачки геля, а $K_а$ - проницаемость после закачки геля. Видно, что проницаемость породы уменьшается от 40 до 60%.

Таблица 1

Проницаемость образцов до и после закачки геля Liquiblock™ 40К

Номер	d / см	L / см	S / см ²	μ/ сп	$K_б$ / МД	$K_а$ / МД	Уменьшение проницаемости (%)
Опыт 1 (0,05% NaCl)	3.7	3.8	10.74	1	13	7.8	40
Опыт 2 (1% NaCl)	3.7	4.1	10.74	1	27	14.45	46
Опыт 3 (0,05% NaCl)	3.7	4.1	10.74	1	29	4.80	48
Опыт4 (10% NaCl)	3.7	3.8	10.74	1	56	22,4	60

Рисунок 1 показывает совокупный объем фильтрации в зависимости от времени для опыта 2. Из рисунка видно, что все линии являются прямыми, за исключением линии для первых 0.345 МПа. На рисунке 2 показаны кривые фильтрации на каждые 0.069 МПа. Видно, что все кривые, кроме первой накладываются друг на друга, это указывает на то, что PPG слегка повредило керн только тогда, когда мы вначале закачаем воду при давлении 0.345 МПа, и в дальнейшем повреждений не произойдет, даже если давление закачки увеличится.

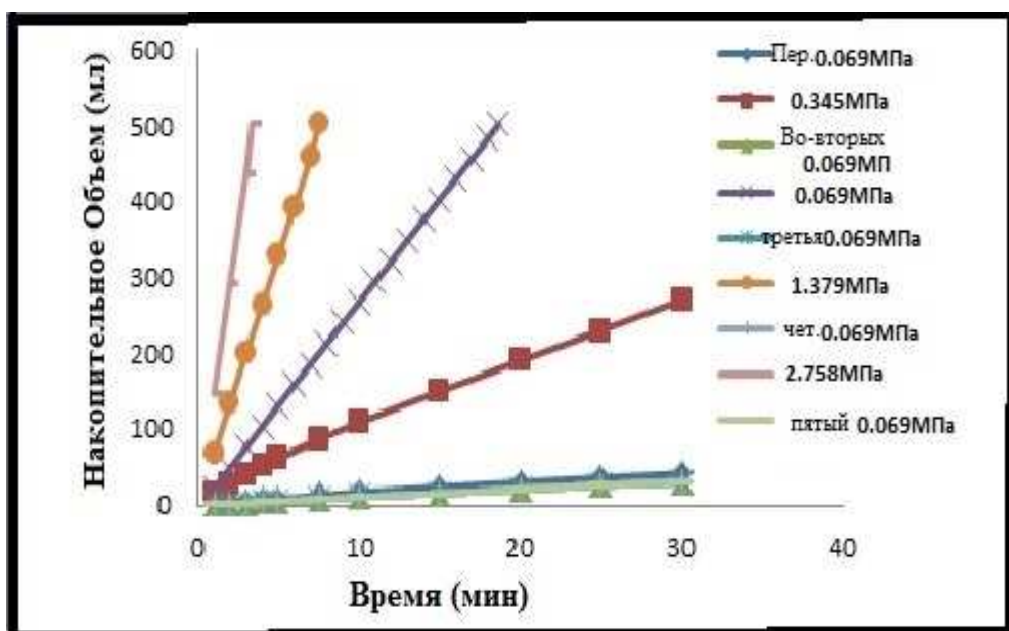


Рисунок 1. Результаты закачки геля *Liqiblock*TM 40К на 1% солевом растворе

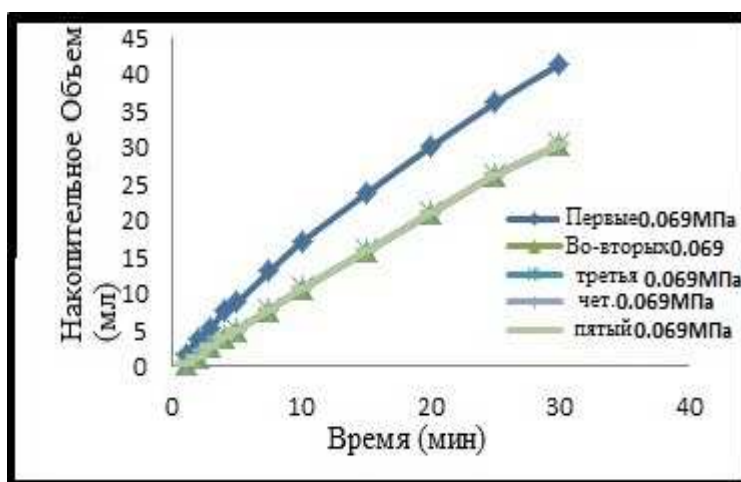


Рисунок 2. *Liqiblock*TM 40К. Результаты для каждого 0.069 МПа

В таблице 2 показано снижение проницаемости образцов керн для каждого эксперимента с использованием геля DQ. Здесь можно наблюдать, что проницаемость образцов не изменяется, что указывает на то, что DQ не повреждает керн. Рисунки 3 и 4 показывают, что не было никаких повреждений образцов керн, при использовании этого PPG.

Таблица 2

Проницаемость образцов до и после закачки геля DQ

Номер	d / см	L / см	S / см ²	μ/ сп	K _б / Мд	K _а / Мд	Уменьшение проницаемости (%)
Опыт1 (0,05%NaCl)	3.7	3.7	10.74	1	10	10	0
Опыт2 (1% NaCl)	3.7	3.9	10.74	1	13	13	0
Опыт3 (10%NaCl)	3.7	4.1	10.74	1	8	8	0

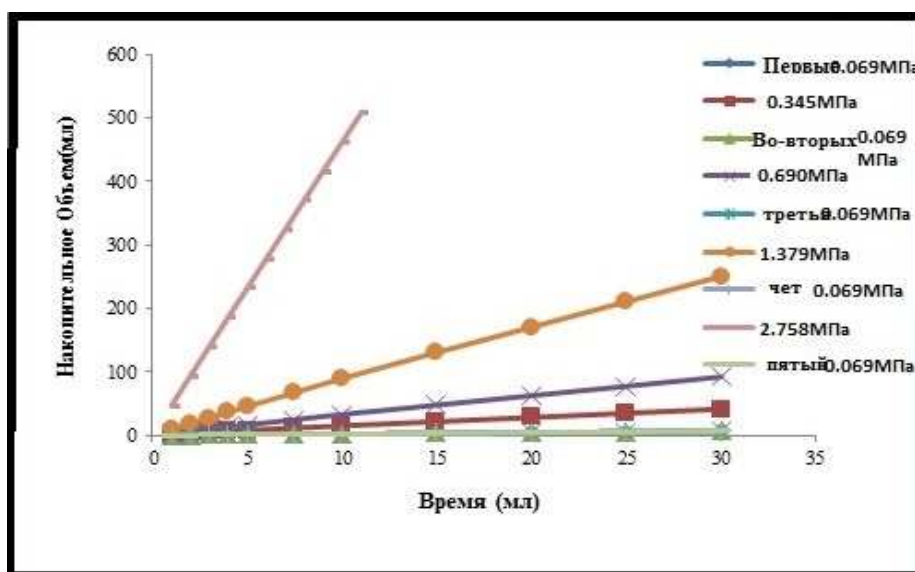


Рисунок 3. Результаты закачки геля DQ на 1% соевым растворе

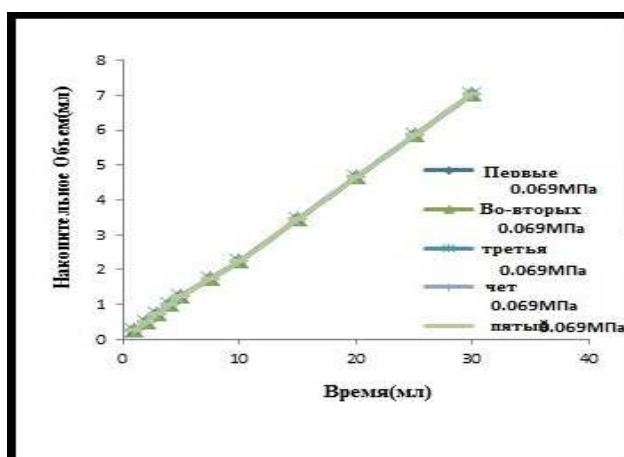


Рисунок 4. Результаты для каждого 0.069 МПа

Также был рассчитан эффект влияния проникновения геля в глубину на снижение проницаемости керна, используя для этого опыт 1 из таблицы 1. Уравнения 1 и 2 были использованы для вычисления снижения проницаемости.

$$K_a = \frac{K}{F_{rr}} \quad (1)$$

$$K_{avg} = \frac{L}{\sum_{j=1}^n \frac{L_j}{K_j}}, \quad (2)$$

где Frr - коэффициент сопротивления, L - длина образца керна, k_{avg} - средняя проницаемость поврежденной части керна плюс неповрежденной части.

Рисунки 5 и 6 показывают результаты расчетов. Видно, что снижение проницаемости породы увеличивается от 69,9% до 99,9%, хотя слабый блокирующий агент (Frr = 10) лишь слегка проник в образец керна. Очень часто бывает, что Frr блокирующего агента составляет более 1000 и можно увидеть, что проницаемость породы уменьшается более чем на 95%, при проникновении геля всего лишь на 1 мм. Хотя гель Liquiblock™ 40К снижает проницаемость породы до 60%, он все равно гораздо лучше, чем традиционные «in-situ» гели.

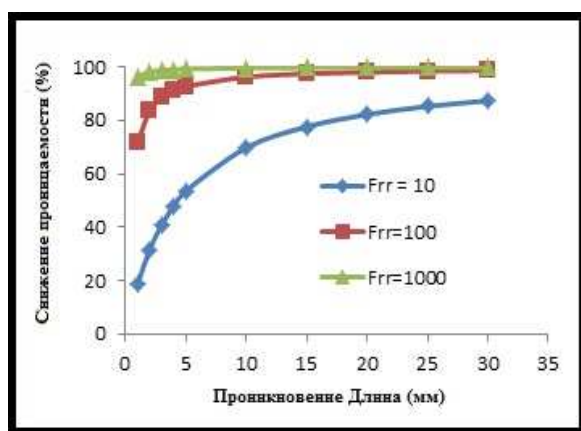


Рисунок 5. Уменьшение проницаемости в зависимости от глубины проникновения геля

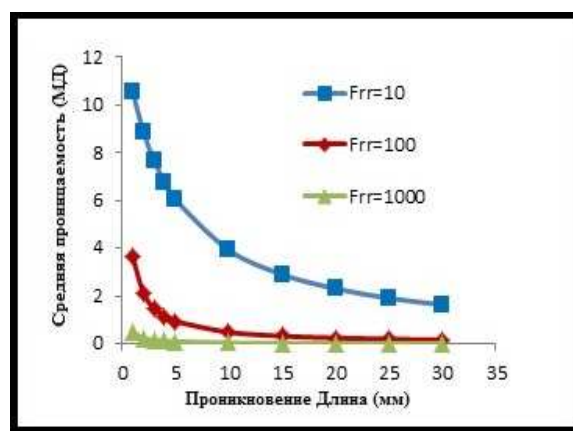


Рисунок 6. Средняя проницаемость образца в зависимости от глубины проникновения геля

Выводы:

1. Прочный гель (DQ) не повреждает керн. PPG не проникает в керн и не формирует слои на поверхности керна.
2. Liquiblock™ 40 К образует проницаемые слои на поверхности керна и уменьшает их проницаемость от 40% до 60%.
3. Ущерб от PPG для низкопроницаемых, богатых нефтью зон может быть эффективно предотвращен путем регулирования прочности применяемого геля.

Список литературы

1. Al-Anaza and Sharma M.: "Use of a pH Sensitive Polymer for Conformance Control," paper SPE 73782 presented at 2009 International Symposium and Exhibition on Formation Damage Control, 20-21 February, Lafayette, Louisiana.

2. Chauveteau G., Tabary R., Bon C., Renard M., Feng Y., and Omari, A. 2003. In-Depth Permeability Control by Adsorption of Softsize-Controlled Microgels. Paper SPE 82228 presented at the SPE European Formation Damage Conference, The Hague, The Netherlands, 13-14 May.
3. Du Y. and Gong J. P. in Surface Friction and Lubrication of Polymer Gels, ed. G. Biresaw and K. L.Mittal, CRC Press, Boca Raton, Florida, May 2008, ch. 11, pp.223-246.
4. Ganguly S., Willhite G.P., Green D.W., and McCool C.S. 2001. The Effect of Fluid Leakoff on Gel Placement and Gel Stability in Fractures. Paper SPE 64987 presented at SPE International Symposium on Oilfield Chemistry, Houston, Texas, 13-16 February 2001.
5. Larkin R. and Creel P. Methodologies and Solutions to Remediate Inter-well Communication Problems on the SACROC CO2 EOR Project-A Case Study. paper SPE 113305 presented at 2008 SPE/DOE Improved Oil Recovery Symposium held in Tulsa, OK, 19-23 April 2008.

Рецензенты:

Грачев С.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», Институт геологии и нефтегазодобычи, ФГБОУ ТюмГНГУ, г. Тюмень;

Стрекалов А.В., д.т.н., профессор кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», Институт геологии и нефтегазодобычи, ФГБОУ ТюмГНГУ, г. Тюмень.