



УДК: 622.276

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СШИТОГО ПОЛИМЕРНОГО СОСТАВА

RESULTS OF LABORATORY RESEARCH OF RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE CROSSLINKED POLYMER COMPOSITION

Оприкова Валерия Евгеньевна

студент,
Санкт-Петербургский горный университет
valerieoprikova@mail.ru

Раупов Инзир Рамилевич

кандидат технических наук,
ассистент кафедры разработки
и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений,
Санкт-Петербургский горный университет
inzirrr@yandex.ru

Аннотация. В данной статье авторами предложена методика исследования реологических характеристик сшитого полимерного состава, применяемого в качестве блокирующей пачки для конкретных геолого-физических условий пласта. По данной методике исследованы реологические характеристики сшитого полимерного состава с целью дальнейшего выбора оптимального технологического режима его закачки в скважину.

Ключевые слова: блокирующий состав, сшитый полимерный состав, реологические характеристики, эффективная вязкость, статический предел текучести, напряжение сдвига, скорость сдвига.

Oprikova Valeriya Evgenyevna

Student,
Saint Petersburg Mining University
valerieoprikova@mail.ru

Raupov Inzir Ramilevich

Candidate of Technical Sciences,
Assistant of department of oil and gas
field development and operation,
Saint Petersburg Mining University
inzirrr@yandex.ru

Annotation. In this paper, the rheological characteristics of the crosslinked polymer composition are investigated in order to select the appropriate technological mode for its injection. Also, a technique was proposed for investigating the rheological characteristics of the polymer composition, which is applicable for different reservoir conditions and allows further optimization of the CPC composition.

Keywords: blocking composition, crosslinked polymer composition (CPC), rheological characteristics, effective viscosity, static yield strength, shear stress, shear rate.

Актуальность, цель и задачи исследований

В настоящий момент в России большая часть месторождений углеводородов, в том числе уникальных и крупных месторождений, находится на завершающей стадии разработки. С целью сохранения добычи нефти и газа на прежнем уровне необходимо разрабатывать месторождения с трудноизвлекаемыми запасами (ТриЗ) [8]. Добыча углеводородов из коллекторов, содержащих ТриЗ, может быть осложнена следующими проблемами: аномально низкое пластовое давление (АНПД), высокий газовый фактор, высокая трещиноватость и др. Перечисленные проблемы осложняют проведение глушения скважины перед капитальным ремонтом. Чаще всего для глушения подобных скважин применяют блокирующие пачки (БП) [3, 4, 7]. К ним относят полимерные и эмульсионные составы, которые могут дополнительно содержать антифильтрационные и коагулирующие присадки. В качестве полимерных составов применяют линейные и нелинейные (сшитые) гели.

В рамках данной работы был исследован сшитый полимерный состав (СПС), применяемый в том числе и для глушения скважин. Одной из главных задач в использовании СПС является правильный выбор технологических параметров режима закачки, для решения которой необходимо:

- провести лабораторные исследования реологических характеристик полимерных составов в условиях наиболее близких к закачке их в скважину;
- провести расчеты забойных давлений при различных режимах закачки полимерных составов в скважину;
- подобрать оптимальные режимы закачки полимерного состава в скважину.

В данной работе предложена методика лабораторного исследования сшитого полимерного состава, описывающая изменения реологических характеристик СПС в процессе закачки в скважину, и представлены результаты реологических исследований СПС.



Методика исследования реологических характеристик полимерного состава

Определение реологических характеристик сшитого полимерного состава проводилось согласно [1] с использованием ротационного вискозиметра Rheotest RN 4.1 с цилиндрической измерительной системой H2.

Лабораторные реологические исследования сшитого полимерного состава включают следующие этапы, характеризующие процесс закачки композиции в скважину:

1. Моделирование состояния сшитого полимерного состава сразу после приготовления на устье скважины для оценки фильтруемости полимерного состава в межколонное пространство или в колонну насосно-компрессорных труб (НКТ). Определяется эффективная вязкость геля при различной скорости сдвига путем снятия «кривой вязкости» [6, 11].

2. Моделирование процесса закачки полимерного состава по межколонному пространству или по колонне НКТ с учетом равномерного изменения температуры по стволу скважины. Определяется время гелеобразования и состояние геля при постоянной скорости сдвига [5].

3. Моделирование процесса закачки полимерного состава в открытый ствол скважины при пластовой температуре. Определяется время гелеобразования и состояние геля при постоянной скорости сдвига.

4. Моделирование процесса оставления полимерного состава на время реагирования (окончания процесса сшивки) при пластовой температуре. Определяется время гелеобразования СПС в статическом режиме осциллирующих напряжений [10].

5. Моделирование процесса разрушения СПС. Определяется статический предел текучести путем построения зависимости напряжения сдвига от скорости сдвига в режиме контролируемого напряжения сдвига [2, 9]. Статический предел текучести характеризует начальный градиент давления, при котором происходит разрушение композиции и ее движение.

6. Моделирование состояния сшитого полимерного состава после закачки в скважину для оценки изменения эффективной вязкости СПС при пластовой температуре. Определяется эффективная вязкость состава при различной скорости сдвига путем снятия «кривой вязкости».

Результаты исследования реологических характеристик полимерного состава

По результатам реологических исследований полимерного состава построены:

- «кривые вязкости» до (рис. 1) закачки его в скважину;
- графики зависимости эффективной и комплексной вязкости полимерного состава от времени с целью определения времени гелеобразования;
- графики зависимости частоты вращения ротора от напряжения сдвига полимерного состава с целью определения статического предела текучести или СНС (рис. 2).

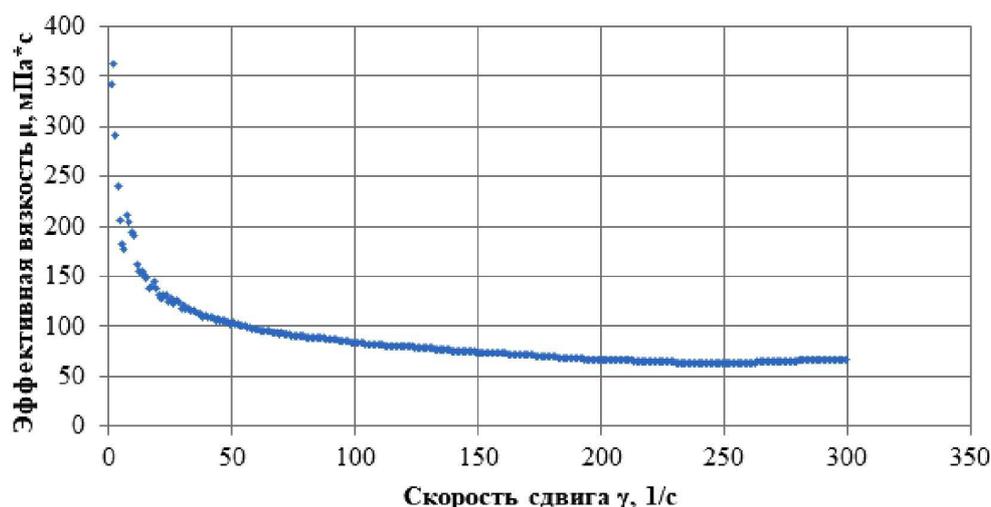


Рисунок 1 – Кривая вязкости полимерного состава после приготовления

При закачке полимерного состава с течением времени его вязкость постепенно увеличивается, наблюдается резкое её повышение при выходе. При достижении геля забоя скважины отмечается медленное возрастание комплексной вязкости, т.е. на забое СПС достигает состояния упругого тела.

Разрушение сшитого полимерного состава после окончания процесса гелеобразования происходит при напряжении сдвига $\tau_0 = 53,4$ Па (рис. 2), при превышении указанного значения напряжения сдвига СПС приобретает подвижность и теряет блокирующие свойства.

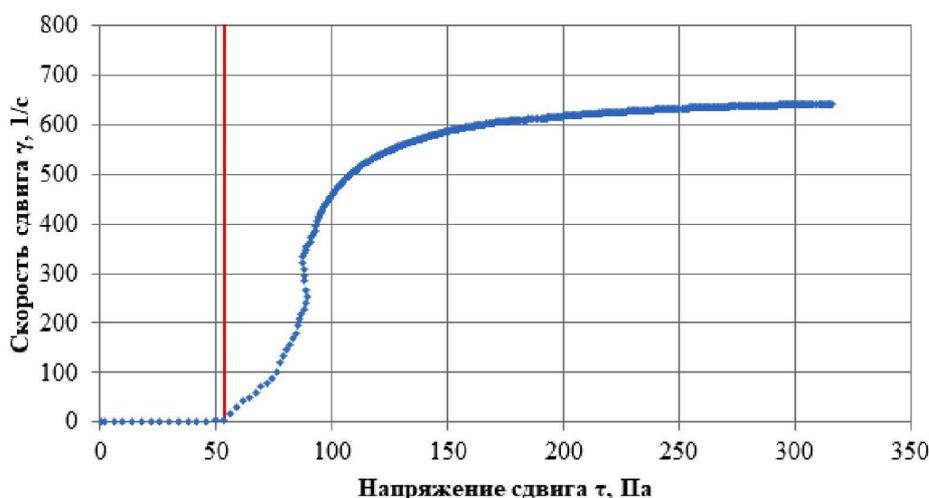


Рисунок 2 – Зависимость частоты вращения ротора от напряжения сдвига полимерного состава (определение статического предела текучести или СНС полимерного состава)

В качестве исходных параметров для расчетов и исследований использовались данные «средней» скважины. Данную методику можно применять и тиражировать для других пластовых условий, учитывающих пластовую температуру, глубину залегания пласта и технологических параметров, учитывающих диаметры ЭК и НКТ, глубину спуска НКТ, объемный расход закачки СПС, способ подачи полимерного состава: центральный или кольцевой (межколонный). Предложенная методика исследования реологических характеристик сшитых полимерных составов в дальнейшем позволит оптимизировать состав применяемых и разрабатываемых сшитых полимерных составов, в том числе блокирующих пачек на их основе, корректно рассчитать технологические параметры закачки, что позволит наиболее эффективно производить технологические операции по работе со скважинами в осложненных условиях нефтегазодобычи. Указанные выше исследования и расчеты будут представлены в следующих научных трудах.

Литература:

1. Полимеры. Метод определения вязкости ротационным вискозиметром при определенной скорости сдвига : ГОСТ 25276-82.
2. Кондрашев А.О. Обоснование технологии регулирования фильтрационных потоков в низкопроницаемых нефтяных коллекторах с использованием гидрофобизированного полимерного состава : диссертация ... кандидата технических наук: 25.00.17. – СПб., 2014. – 124 с.
3. Орлов Г.А., Кендис М.Ш., Глуценко В.Н. Применение обратных эмульсий в нефтедобыче. – М. : Недра, 1991. – 224 с.
4. Петров Н.А. Эмульсионные растворы в нефтегазовых процессах. – М. : Химия, 2008. – 440 с.
5. Раупов И.Р. Технология внутрипластовой водоизоляции терригенных коллекторов с применением полимерных составов и оптического метода контроля за процессом : диссертация ... кандидата технических наук: 25.00.17. – СПб., 2016. – 143 с.
6. Рогачев М.К., Кондрашева Н.К. Реология нефти : учебное пособие. – Уфа : УГНТУ, 2000. – 89 с.
7. Рябоконе С.А. Технологические жидкости для заканчивания и ремонта скважин. – Краснодар, 2016. – 382 с.
8. Стратегия развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2030 года // Федеральное агентство по недропользованию – Роснедра. – URL : <http://www.msu.ru/entrance/> (Дата обращения: 12.12.2017).
9. Стрижнев К.В. Ремонтно-изоляционные работы в скважинах : Теория и практика. – СПб. : Недра, 2010. – 560 с.
10. Телин А., Хлебникова М., Сингизова В., Калимуллина Г., Хакимов А., Кольчугин И., Исмагилов Т. Регулирование реологических и фильтрационных свойств сшитых полимерных систем с целью повышения эффективности воздействия на пласт // Вестник инженерингового центра ЮКОС. – 2002. – № 4. – С. 41–45.
11. Тетельмин В.В., Язев В.А. Реология нефти : учебное пособие. – Долгопрудный : Интеллект, 2015. – 2-е изд., доп. – 248 с.
12. Шрамм Г. Основы практической реологии и реометрии. – М. : КолосС, 2003. – 312.

References:

1. Polymers. A method of determination of viscosity the rotational viscometer at a certain speed of shift : GOST 25276-82.
2. Kondrashev A.O. Justification of technology of regulation of filtrational streams in low-permeability oil collectors with use of gidrofobizirovanny polymeric structure : thesis ... Candidate of Technical Sciences: 25.00.17. – SPb., 2014. – 124 p.



3. Orlov G.A., Candice M.Sh., Glushchenko V.N. Application of the return emulsions in oil production. – M. : Nedra, 1991. – 224 p.
4. Petrov N.A. Emulsion solutions in oil and gas processes. – M. : Chemistry, 2008. – 440 p.
5. Раупов I.R. Technology of intra bedded water isolation of terrigenous collectors with use of polymeric structures and an optical control method of process : thesis ... Candidate of Technical Sciences: 25.00.17. – SPb., 2016. – 143 p.
6. Rogachyov M.K., Kondrasheva of N.K. Reologiya of oil : manual. – Ufa : UGNTU, 2000. – 89 p.
7. Ryabokon S.A. Technological liquids for completion and repair of wells. – Krasnodar, 2016. – 382 p.
8. The strategy of development for mineral resources of the Russian Federation till 2030 // Federal Agency for Subsoil Management – Rosnedra. – URL : <http://www.msu.ru/entrance/> (Date of the address: 12/12/2017).
9. Strizhnev K.V. Repair and insulating works in wells : Theory and practice. – SPb. : Nedra, 2010. – 560 p.
10. Telin A., Khlebnikov M., Singizova V., Kalimullina G., Hakimov A., Kolchugin I., Ismagilov T. Regulation of rheological and filtrational properties of the sewed polymeric systems for the purpose of increase in efficiency of impact on layer // the Bulletin of the engineering center Yukos. – 2002. – No. 4. – P. 41–45.
11. Tetelmin V.V., Yazev V.A. Reologiya of oil : manual. – Dolgoprudny : Intelligence, 2015. – 2nd prod., additional – 248 p.
12. Shramm G. Bases of a practical rheology and reometriya. – M. : Colossus, 2003. – 312.