УДК 622.276

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ РАСТВОРОВ

RHEOLOGICAL RESEARCHES OF POLYMERIC COMPOSITIONS

Байрачный Даниил Владимирович
студент,
Санкт-Петербургский горный университет
bairachny.daniil@yandex.ru

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

Bayrachny Daniil Vladimirovich
Student,
St. Petersburg Mining University
bairachny.daniil@yandex.ru

Raupov Inzir Ramilevich
Candidate of Technical Sciences,
assistant to department of development
and operation oil and gas fields,
St. Petersburg Mining University
inzirrr@yandex.ru

Аннотация. В работе представлены результаты реологических исследований полимерных составов. Установлены зависимости реологических характеристик полимерного состава от концентрации полимера, температуры, скорости сдвига, толщины полимерного слоя.

Ключевые слова: реологические исследования, вязкость, полимерный состав, трудноизвлекаемые запасы нефти.

Annotation. We presented results of rheological researches of polymeric compositions in the paper. We established dependences of the rheological characteristic properties of the polymeric composition and the polymer concentration, temperature, shear rate and thickness of the polymer.

Keywords: rheological researches, viscosity, polymeric composition, hard to recover oil reservoirs.

Общеизвестно, что в настоящее время неуклонно растет доля трудноизвлекаемых запасов (ТрИЗ) нефти в остаточных запасах, это связано с активной выработкой подвижных запасов нефти, с ухудшением свойств нефти и геологического строения продуктивного пласта. В работе [3] профессор Р.Х. Муслимов по данным анализа запасов нефти по республике Татарстан (РТ) с учетом применения современных методов нефтеотдачи отмечает, что на долю ТрИЗ нефти приходится 7,7 % и 61,4 % на долю неподвижных запасов нефти от геологических запасов нефти. В целом по Российской Федерации доля ТрИЗ нефти по состоянию на 01.01.2013 составляет 78,7 % [3]. Вопрос об эффективной разработки ТрИЗ нефти на сегодняшний день остается открытым и требующим развития и новых подходов в разработке и внедрении новых технологий. При этом необходимо учитывать многолетний опыт в создании технологий и химических составов для повышения нефтеотдачи пластов российских научно-проектных, научно-исследовательских и академических институтов, в том числе ТатНИПИнефть, УфаНИПИнефть, БашНИПИнефть, Гипровостокнефть, институт химии нефти СО РАН, институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова, институт нефтехимии и катализа АН РБ и УНЦ РАН, РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, Горный университет и т.д.

Разработка химических реагентов для объектов нефтедобычи, в частности для конкретных геолого-физических условий, осуществляется путем проведения комплексных лабораторных исследований, включающих физико-химические, реологические и фильтрационные [1, 3, 4, 6]. В данной работе представлены результаты теоретических и практических реологических исследований полимерных растворов и составов, применяемых для полимерного заводнения и внутрипластовой водоизоляции [2, 7, 8].

Анализируя кривые течения и вязкости (зависимость напряжения сдвига и эффективной вязкости от скорости сдвига), полимерные растворы (например, 0,1 %-ный водный раствор гидролизованного полиакрилонитрила и полиметакрилата), согласно [7, 8] относятся к псевдопластичным жидкостям с пределом текучести.

Подобное поведение кривой течения и аномалии вязкости обусловлено строением макромолекул и типом надмолекулярных образований. Для растворов полимеров характерно неодинаковое изменение вязкости при различных скоростях сдвига (рис. 2).

Из рисунка 2 видно, что полимерные растворы характеризуются как псевдопластичные жидкости с двумя ньютоновскими областями.

Параметр вязкости (μ) полимерных растворов может зависеть минимум от 6 величин, тогда μ можно представить в виде функции:

$$\mu = f(S,T,P,D,t,EF),$$

где S – физико-химическая природа полимера (молекулярная масса (M), степень гидролиза (h) и т.д.); T – температура; P – давление; D – скорость сдвига; t – время; EF – внешние факторы (минерализация пластовой воды, химический состав горной породы, толщины полимерного слоя и т.д.).

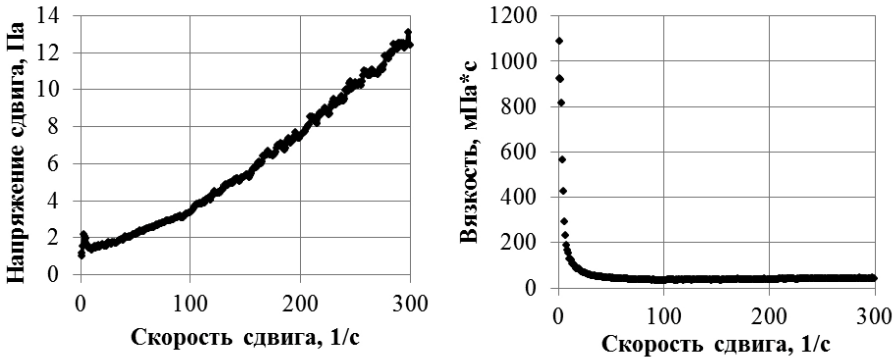

Рисунок 1 – Кривые течения (слева) и вязкости (справа) 0,1 %-ного водного раствора гидролизованного полиакрилонитрила и полиметакрилата

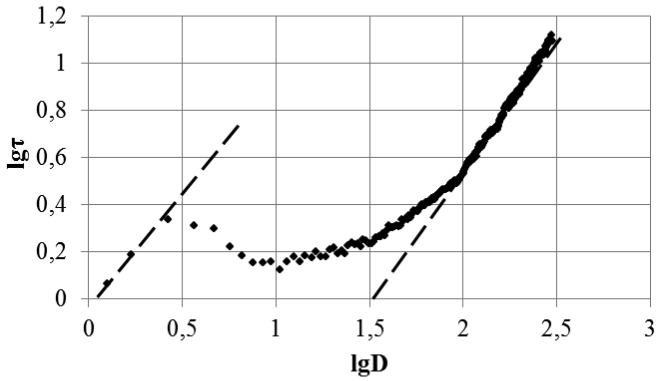

Рисунок 2 – Кривая течения 0,1 %-ного водного раствора гидролизованного полиакрилонитрила и полиметакрилата в логарифмических координатах

По результатам лабораторных исследований установлены:

– квадратичные зависимости параметров вязкоупругости водного раствора гидролизованного полиакрилонитрила и полиметакрилата от его концентрации и температуры;

– линейная зависимость времени гелеобразования гидролизованного полиакрилонитрила и полиметакрилата от скорости сдвига;

– время гелеобразования гидролизованного полиакрилонитрила и полиметакрилата от толщины полимерного слоя увеличивается линейно в динамическом режиме и логарифмически в статическом режиме;

– процессе гелеобразования гидролизованного полиакрилонитрила и полиметакрилата происходит в основном за счет увеличения упругой компоненты вязкости.

Научно обоснованный подход при разработке и совершенствовании гелеобразующих композиций для полимерного заводнения и внутрипластовой водоизоляции позволит создать химические составы для конкретных геолого-физических условий.

Литература:

1. Алтунина Л.К. Увеличение нефтеотдачи композициями ПАВ / Л.К. Алтунина, В.А. Кувшинов. – Новосибирск : Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1995. – 198 с.

2. Виноградов Г.В. Реология полимеров / Г.В. Виноградов, А.Я. Малкин. – М. : Химия, 1977. – 440 с.

3. Мирчинк М.Ф. Физико-геологические проблемы повышения нефтегазоотдачи пластов / М.Ф. Мирчинк, А.Х. Мирзаджанзаде, Ю.В. Желтов и др. – М. : Недра, 1975. – 232 с.

4. Муслимов Р.Х. Трудноизвлекаемые и нетрадиционные запасы углеводородов: опыт и прогнозы : мат. междунар. науч.-практ. конф. / Р.Х. Муслимов. – Казань : Изд-во "ФЭН" АН РТ, 2014. – 424 с.

5. Стрижнев К.В. Ремонтно-изоляционные работы в скважинах: теория и практика. – СПб. : Недра, 2010. – 560 с.

6. Раупов И.Р. Технология внутрипластовой водоизоляции терригенных коллекторов с применением полимерных составов и оптического метода контроля за процессом : дисс. … канд. техн. наук. Санкт-Петербургский горный университет. – СПб., 2016. –143 с.

7. Реология нефти и нефтепродуктов : учебное пособие / М.К. Рогачев, Н.К. Кондрашева. – Уфа : Изд-во УГНТУ, 2000. – 89 с.

8. Шрамм Г. Основы практической реологии и реометрии / Перевод с английского кандидата химических наук И.А. Лавыгина; Под редакцией чл.-корр. РАН профессора В.Г. Куличихина. – М. : КолосС, 2003. – 312 с.

References:

1. Altunina L.K. Increase in oil recovery by SAW compositions / L.K. Altunina, V.A. Kuvshinov. – Novosibirsk : Science. Siberian Publishing Company RAS, 1995. – 198 p.

2. Vinogradov G.V. Rheology of polymers / G.V. Vinogradov, A.Ya. Malkin. – M. : Chemistry, 1977. – 440 p.

3. Mirchink M.F. Physico-geological problems of increasing oil and gas recovery of seams / M.F. Mirchink, A.Kh. Mirzajandzadeh, Yu.V. Zheltov and others. – M. : Nedra, 1975. – 232 p.

4. Muslimov R.Kh. Hardly and unconventional hydrocarbon reserves: experience and forecasts : materials of the international scientific and practical conference / R.Kh. Muslimov. – Kazan : Publishing house "FEN" AN RT, 2014. – 424 p.

5. Strizhnev K.V. Repair and insulation work in wells: theory and practice. – SPb. : Nedra, 2010. – 560 p.

6. Raupov I.R. Technology of in-situ water shut off of terrigenous reservoirs using polymeric compositions and optical method for process control : thesis research … of Doctor of Science: 25.00.17 / Raupov Inzir Ramilevich. – SaintPetersburg, 2016. – 143 p.

7. Rheology of oil and petroleum products : textbook / M.K. Rogachev, N.K. Kondrashev. – Ufa : Publishing house UG NTU, 2000. – 89 p.

8. Shramm G. Fundamentals of Practical Rheology and Rheometry / Translated from English by Candidate of Chemical Sciences I.A. Lavygina; Edited by Corr. RAS professor V.G. Kulichikhina. – M. : KolosS, 2003. – 312 p.