Интернет-журнал «Науковедение» ISSN 2223-5167 http://naukovedenie.ru/
Том 7, №3 (2015) http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-3
URL статьи: http://naukovedenie.ru/PDF/39TVN315.pdf
DOI: 10.15862/39TVN315 (http://dx.doi.org/10.15862/39TVN315)

УДК 622.276[1]

Шангараева Лилия Альбертовна
ФГБОУ ВПО «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»
Россия, Санкт-Петербург
Ассистент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»
Кандидат технических наук
E-mail: l.shangaraeva@mail.ru
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=721142

Подопригора Дмитрий Георгиевич
ФГБОУ ВПО «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»
Россия, Санкт-Петербург
Аспирант кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»
E-mail: podoprigora-1990@mail.ru

Исследование основных параметров полимерной технологической жидкости и ее влияние на коллекторские характеристики полимиктовых песчанников

[1] 199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, д. 2.

Аннотация. Сохранение коллекторских свойств флюидов вмещающих резервуаров при их вовлечении в разработку является важной на сегодняшний день задачей. Это связано с уменьшением ресурсной базы углеводородов, относительно легких для извлечения и усиленным вовлечением в разработку пластов, отличающихся сложным литологическим составом горных пород, низкими фильтрационными и емкостными свойствами, большими глубинами залегания, а также жесткими термобарическими условиями (высокие температуры и давления в продуктивном пласте). Таким образом, перед тем, как использовать ту или иную технологическую жидкость для какого-либо мероприятия, необходимо проводить ее исследования в специализированных лабораториях, для исключения или минимизации риска неудачного геолого-технического мероприятия. В представленной статье изучены основные свойства полимерной технологической жидкости на основе ксантана, используемой при первичном вскрытии, перфорационных работах, глушении и т.д. Проведен фильтрационный эксперимент по моделированию первичного вскрытия на образце полимиктового песчаника, отобранного на Вынгапуровском нефтегазоконденсатном месторождении, расположенном в Западной Сибири, с помощью установки, позволяющей проводить оценку степени повреждения продуктивных горизонтов FDES-645 (CoretestSystems). Оценена величина изменения фильтрационных характеристик образца керна после воздействия на него полимерной технологической жидкостью, при моделировании процесса первичного вскрытия продуктивного пласта.

Ключевые слова: ксантан; полимерная технологическая жидкость; фильтрационный эксперимент; полимиктовый песчаник; Вынгапуровское месторождение; фильтрационные характеристики; псевдопластичная жидкость; повышение нефтеотдачи.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Шангараева Л.А., Подопригора Д.Г. Исследование основных параметров полимерной технологической жидкости и ее влияние на коллекторские характеристики полимиктовых песчанников // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №3 (2015) http://naukovedenie.ru/PDF/39TVN315.pdf (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/39TVN315

Введение

На сегодняшний день в России динамично развивается нефтегазовая промышленность и проблема сохранения достигнутого уровня добычи нефти является наиболее актуальной. Если в предыдущие годы она решалась, главным образом, за счет увеличения объемов бурения и ввода в эксплуатацию большого количества новых добывающих скважин, то в настоящее время, при сокращении объемов финансирования буровых работ, стабилизировать уровень добычи нефти возможно лишь посредством интенсификации работы старых эксплуатационных скважин на месторождениях, которые, в большинстве случаев, вступили в позднюю стадии разработки.

По этой причине получают развитие современныетехнологии, которые направлены на повышение качества различных геолого-технических мероприятий, таких как освоение скважин, увеличение нефтеотдачи пластов и т.д.

На поздней и завершающей стадиях разработки нефтяных месторождений поддержание скважин в работоспособном состоянии и осуществление мероприятий по управлению разработкой нефтяных месторождений производится путем проведения комплекса работ по капитальному ремонту скважин. Проведение определенных видов этих работ обусловлено процессом разработки месторождений: отключением выработанных и обводнившихся пластов и отдельных их пропластков, ликвидацией скважин согласно проектному решению в связи с обводнением пластов. Другие направлены на устранение дефектов в конструкции скважин: ликвидации негерметичности эксплуатационных колонн и восстановления цементного кольца за ними, доподъем цементного кольца (вторичное цементирование) за эксплуатационной колонной и кондуктором, ликвидацией скважин по техническим причинам.

Из относительно новых технологий, относящихся к бурению, можно выделить рассмотренную в трудах [2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10] технологию первичного вскрытия пластов на депрессии, а также применение при обычном бурении безглинистых полимерных технологических жидкостей.

Полимерные системы в зависимости от типа применяемого полимера могут быть тиксотропными и нетиксотропными. Нетиксотропные технолгиченские жидкости обладают повышенной вязкостью, но не способны к гелеобразованию. Их применение ограничено лишь необходимостью повысить выносящую способность жидкости при циркуляции. Тиксотропные технологические жидкости характеризуются значительной вязкостью и структурированностью, что позволяет им удерживать во взвешенном состоянии твердые частицы длительное время после прекращения циркуляции жидкости.

Целью данной статьи является изучение свойств полимерной технологической жидкости (ТЖ) на основе ксантана, применяющейся при бурении добывающих скважин во многих регионах страны, а также влияния данной ТЖ на фильтрационные характеристики полимиктовых песчаников, на примере образца керна Вынгапуровского нефтегазоконденсатного месторождения (НГКМ). В идеале полимер должен создавать, в процессе вскрытия, на границе между скважиной и продуктивным горизонтом защитную корку, препятствующую попаданию полимерной составляющей и утяжелителя ТЖ в пласт, сохраняя тем самым фильтрационные свойства призабойной зоны скважины (ПЗС), но как показывает практика такой результат редко когда достигается.

Проведение лабораторных экспериментов

Исследованная в лаборатории повышения нефтеотдачи пласта (ПНП) Горного университета полимерная ТЖ представляет собой комбинацию следующих веществ:

- ксантановая камедь – 0,5 %;
- крахмальный полисахарид – 2 %;
- KCl – 5 %;
- NaCl – 20 %;
- мраморная крошка – 10 %;
- вода – остальное.

Экспериментальные исследования проводились в лаборатории «Повышения нефтеотдачи пластов» Национального минерально-сырьевого университета «Горный». Комплекс физико-химических исследований включал в себя измерение следующих параметров технологических жидкостей: плотность, вязкость, температура застывания, водоотдача, коррозионная активность.

Для начала на плотномере DE-40, компании Mettler Toledo, была замерена плотность ТЖ, величина которой составила 1,164 г/см^3.

Термостабильность полимерной ТЖ в пластовых условиях измерялась при помощи термошкафа с выставленной температурой 82°С (температура в пласте $БВ_8$ Вынгапуровского НГКМ), состав объемом 50 мл выдерживался в этой температуре в течении 24 часов. Как показал эксперимент, растворявляется термостабильным.

Измерение статического напряжения сдвига было произведено на приборе СНС-2 [7]. В результате эксперимента, были получены следующие значения

θ_1=9,95 Па(мг/см^2)

θ_{10}=13,68 Па(мг/см^2)

Затем был вычислен коэффициент тиксотропии ТЖ $\kappa_т = \theta_{10}/\theta_1$, который отражает реологические свойства ТЖ ($\kappa_т$=1÷1,5) [7].

$\kappa_т = 1{,}38$

Полученная величина показателя $\kappa_т$=1,375 входит в требуемые пределы.

Измерение условной вязкости ТЖ было произведено с помощью воронки Марша. Условная вязкость для ТЖ на которых вскрывают песчаные пласты должна входить в интервал 45-65 секунд.

$$\left.\begin{array}{l} t_1 = 47\ \text{с} \\ t_2 = 46\ \text{с} \\ t_3 = 45\ \text{с} \end{array}\right| t_{\text{ср}} = 46\ \text{с}$$

Как мы видим для исследуемой ТЖ значение условной вязкости соответствует требуемой величине.

Водоотдача ТЖ определялась на фильтр-прессе ФЛР-1, который используется при вычислении этого показателя у ТЖ, применяемых при первичном вскрытии [7]. По результатам эксперимента можно заключить, что исследуемая ТЖ обладает водоотдачей, равной 14,4 см^3/30 мин и образует фильтрационную корку толщиной 0,4 мм.

Реологические характеристики ТЖ изучались на ротационном вискозиметре RheotestRN 4.1. В процессе испытаний были сняты зависимости напряжения сдвига и эффективной вязкости ТЖ от скорости сдвига, при её увеличении от 1 $с^{-1}$ до 300 $с^{-1}$ при следующих значениях температуры: 20 ^{0}C, 40 ^{0}C, 60 ^{0}C, 80 ^{0}C (рисунок 1, 2).

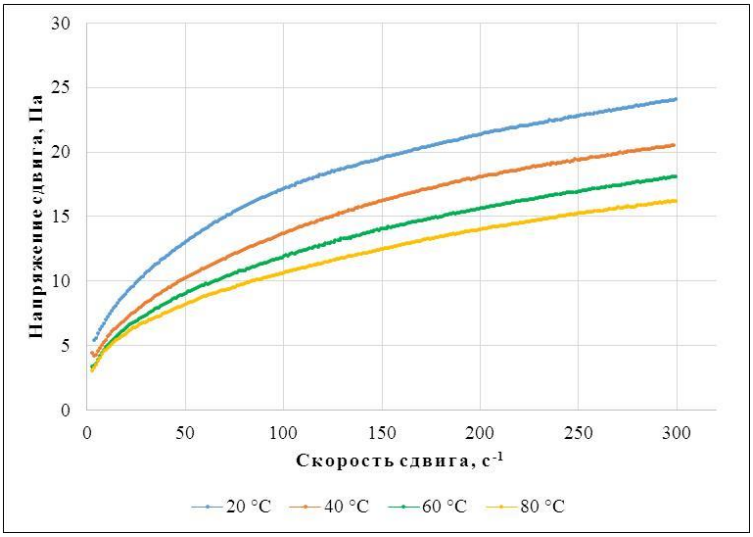

Рисунок 1. *Зависимость напряжения сдвига ТЖ от скорости сдвига (составлено автором)*

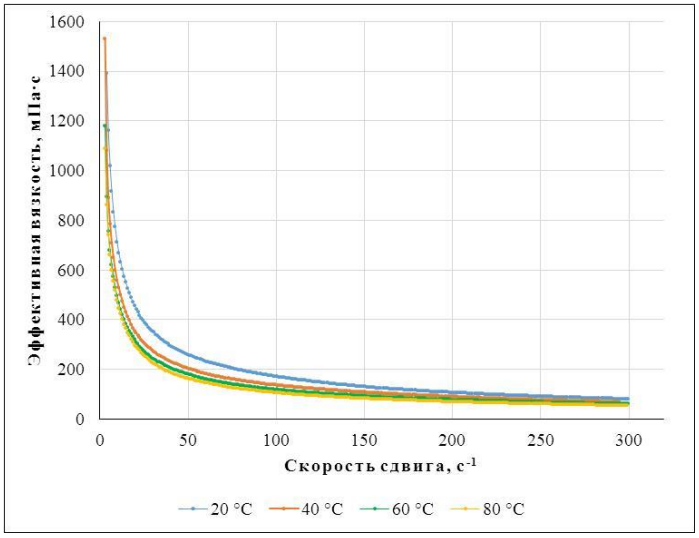

Рисунок 2. *Зависимость эффективной вязкости ТЖ от скорости сдвига (составлено автором)*

Как видно из представленных на рисунках графиков, полимерная ТЖ обладает неньютоновскими свойствами и является псевдопластичной жидкостью, т.к. с ростом скорости сдвига эффективная вязкость уменьшается. На графиках также заметно, что эффективная вязкость и напряжение сдвига значительно уменьшаются с ростом температуры, таким образомпри возрастанииглубины скважины будет понижаться вязкость ТЖ и уменьшаться гидравлические сопротивления. Снижение вязкости ТЖ в условиях повышенных температур позволит снизитьамплитуду пульсаций давления при запусках насосов, используемых в процессе бурения скважин и проведении спуско-подъемных мероприятий, а также минимизации вероятности образования застойных зон внутри скважины с накоплением в них выбуренной породы [1].

По итогам лабораторных испытаний ТЖ было выявленно, что исследуемая жидкость удовлетворяет необходимым требованиям предъявляемым к ТЖ, используемым при бурении нефтяных или газовых скважин.

Далее для выявления влияния полимерной ТЖ на фильтрационные свойства песчаников был выполнен фильтрационный эксперимент по моделированию первичного вскрытия на установке FDES-645 CoretestSystems.

Фильтрационная установка FDES-645 CoretestSystems предназначена для измерения фазовой и относительной проницаемости цилиндрических образцов керна, а так же относительной проницаемости при двухфазной фильтрации (жидкость и газ). Поровое и горное давление могут задаваться вплоть до 70 МПа. Температура во время эксперимента может достигать 150 °С за счет циркуляции и нагрева воздуха.

Данная установка также помогает решать задачи, касающиеся методов повышения нефтеотдачи пластов и интенсификации добычи нефти, в частности, позволяет определять степень воздействия технологических жидкостей на фильтрационные характеристики и определять коэффициент вытеснения нефти.

Подготовка кернового материала и флюидов, а также проведение фильтрационных исследований осуществлялись в соответствии со следующими нормативными документами: ГОСТ 26450.0-85 «Породы горные. Общие требования к отбору и подготовке проб для определения коллекторских свойств», ОСТ 39-195-86 «Нефть. Метод определения коэффициента вытеснения нефти водой в лабораторных условиях» и ГОСТ 26450.2-85 «Породы горные. Метод определения коэффициента абсолютной газопроницаемости при стационарной и нестационарной фильтрации». Для этого эксперимента был выбран образец керна Вынгапуровского НГКМ, абсолютная проницаемость которого до эксперимента составляла $130 \cdot 10^{-3}$ мкм^2. Опыт проводился в условиях максимально приближенных к пластовым (по пласту $БВ_8$ – $T_{пл}$= 82 ^oC, $P_{пл}$= 28 МПа).

На первом этапе моделирования первичного вскрытия производилась циркуляция ТЖ по торцу керна с постоянным расходом 1 мл/мин и переменным давлением, так называемый динамический режим фильтрации, который длился 4 часа.

На втором этапе производилась фильтрация с поддержанием постоянного эффективного давления ТЖ на торец керна, равного 2,8 Мпа (разность давления столба БР на глубине 2700 м и пластового давления) и переменным расходом. Второй этап также длился 4 часа. На рисунке 3 представлена зависимость изменения давления от времени, полученная в ходе эксперимента. Данная зависимость показывает, что в процессе прокачки ТЖ в динамическом режиме наблюдаются повторяющиеся циклы нарастания и падения давления. Участки на которых происходит увеличение давления соответствуют процессу нарастания корки фильтрации на торце керна. И наоборот, участки резкого падения давления соответствуют процессу прорыва ТЖ и разрушения корки фильтрации. Стоит отметить, что пики давлений при фильтрации ТЖ в динамическом режиме фильтрации становятся выше в процессе эксперимента, это объясняется увеличением толщины корки фильтрации со временем. Затем установка переводилась на статический режим, при котором на торце керна поддерживалось постоянное давление.

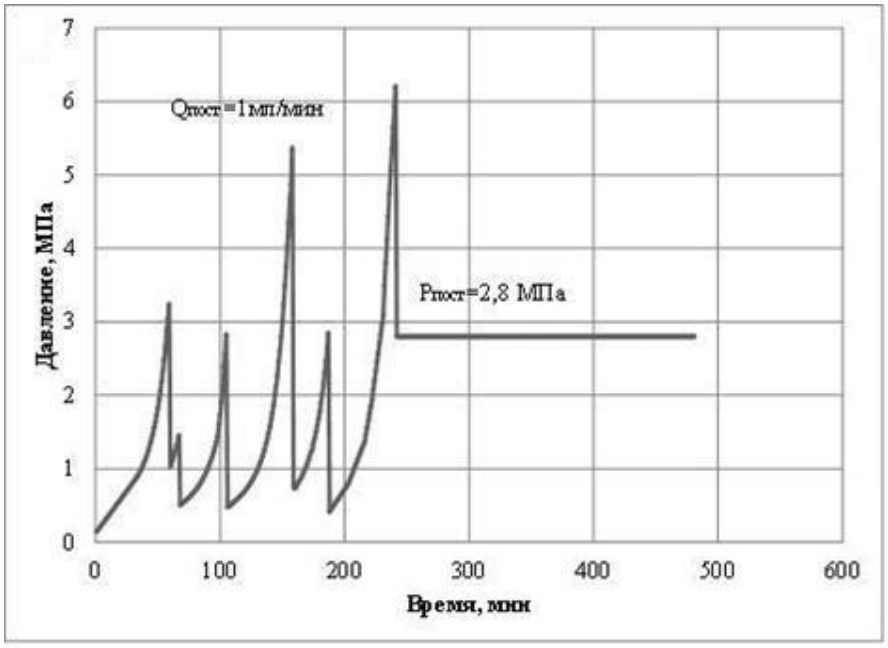

Рисунок 3. *Зависимость давления от времени, полученная при прокачке ТЖ в динамическом и статическом режимах через образец керна Вынгапуровского НГКМ на установке FDES-645 (составлено автором)*

Заключение

После фильтрационного эксперимента производилось удаление фильтрационной корки с торца керна металлическим скребком и замерялась абсолютная проницаемость этого полимиктового песчаника после воздействия на него ТЖ. Таким образом были получены значения абсолютной проницаемости керна до проведения фильтрационного эксперимента с использованием ТЖ и после, равные соответственно $130 \cdot 10^{-3}$ мкм^2 и $64 \cdot 10^{-3}$ мкм^2.

Такое 2-х кратное снижение абсолютной проницаемости керна можно объяснить проникновением полимерной составляющей и частиц утяжелителя ТЖ в породу. Также было установлено, что фильтрат ТЖ при повышенных температурах образует твердую полимерную пленку, которая негативно влияет на проницаемость.

В заключении необходимо отметить, что несмотря на развитие современных технологий в нефтегазовой промышленности и в бурении в частности, есть куда их улучшать и дорабатывать.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буровые технологические жидкости: Методические указания к лабораторным работам для студентов направления 131000 "Нефтегазовое дело" профиль "Бурение нефтяных и газовых скважин" / Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». Сост. Леушева Е.Л., Турицына М.В., Страупник И.А., Блинов П.А., Николаев Н.И. СПб, 2014. 65 с.
2. Гибадулин Н.З. Особенности геолого-технологического контроля проводки скважин на депрессии с применением колтюбинговой технологии / Н.З. Гибадулин, М.Г. Лугуманов, И.И. Иконников // НТВ "Каротажник – 2003. – вып.102.
3. Подопригора Д.Г. Современные технологии вскрытия трещиноватых карбонатных пород-коллекторов на депрессии при бурении горизонтальных скважин / Д.Г. Подопригора, А.В. Петухов, Д.В. Мардашов, Л.А. Шангараева, П.В. Рощин // Нефть Газ Промышленность. – 2014. – №51. – с. 20-24.
4. Дияшев Р.Н. Бурение скважин со вскрытием продуктивных пластов на депрессии: опыт ОАО «РИТЭК» в Татарстане / Р.Н. Дияшев (ОАО «Татнефтегеофизика»), А.С. Якимов (ОАО «РИТЭК») // Нефтяное хозяйство. – 2005. - №11. – с. 28-34.
5. Ибрагимов Н.Г. Оценка технологической эффективности вскрытия пластов в условиях депрессии / Ибрагимов Н.Г. (ОАО «Татнефть»), Ибатуллин Р.Р., Иктисанов В.А., Ахмадишин Ф.Ф. (ТатНИПИнефть) // Нефтяное хозяйство. – 2005. - №4.
6. Мерзлякин В.Ф. Технология сохранения естественной продуктивности пласта при первичном и вторичном вскрытии / Мерзлякин В.Ф. (НГДУ «Аксаковнефть») // Нефтяное хозяйство. – 2003. - №6.
7. Петухов А.В. Современные технологии разработки трещинных карбонатных нефтегазоносных коллекторов с использованием горизонтальных скважин и вскрытия продуктивных пластов на депрессии / Петухов А.В., Подопригора Д.Г., Шангараева Л.А. // Материалы международного семинара «Рассохинские чтения» - 2014.
8. Проблемы и перспективы вскрытия продуктивных пластов при отрицательном дифференциальном давлении в системе «скважина – пласт» / Р.Г. Салихов, А.П. Пермяков, Т.Н. Крапивина и др. – Пермь: Пермское книжное изд-во, 2003. – 200 с.
9. Крапивина Т.В. Основные направления повышения качества заканчивания скважин на месторождениях и площадях Пермского края / Т.В. Крапивина, Н.И. Крысин (Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИнефть» в г. Перми), С.Е. Чернышов, А.А. Куницких (Пермский национальный исследовательский политехнический университет) // Нефтяное хозяйство. – 2014. - №8. – с. 26-28.
10. Шангараева, Л.А. Кинетика формирования солеотложений сульфата бария при самопроизвольном его осаждении в пересыщенных водных растворах / Л.А. Шангараева, А.В. Петухов // Нефтегазовое дело. – 2012. – Выпуск 10. – №1. – С. 22-27.

Рецензент: Петухов Александр Витальевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор каф. РНГМ Национального минерально-сырьевого университета «Горный».

Shangaraeva Liliya Albertovna
National mineral resources university (Mining university)
Saint Petersburg, Russian Federation
E-mail: l.shangaraeva@mail.ru

Podoprigora Dmitry Georgiyevich
National mineral resources university (Mining university)
Saint Petersburg, Russian Federation
E-mail: podoprigora-1990@mail.ru

Investigation of the basic parameters of the polymer process liquid and its effect on reservoir characteristics polymictic sandstone

Abstract. Keeping the reservoir properties of the reservoir fluids during their involvement in the development is an important task for today. This is due to a decrease in hydrocarbon resource base, relatively easy to extract and increased involvement in the development of layers with different complex lithological composition of formations, low filtration and capacitive properties, greater depths of occurrence, as well as hard thermobaric conditions (high temperature and pressure in the reservoir). Thus, before you use a particular process fluid for any event, it is necessary to carry out its investigation in specialized laboratories, to eliminate or minimize the risk of failure of geological and technical measures. In the present study the basic properties of the paper processing liquid polymer based on xanthan used in the primary opening, perforating, jam etc. An experiment on modeling the filtration primary opening the sample polymictic sandstone, selected in the Vyngapurovskoye oil and gas condensate field located in Western Siberia, by setting to allow evaluation of the degree of damage to the productive horizons FDES-645 (CoretestSystems). Estimated amount of change in the filtration characteristics of the core sample after exposure to polymer process fluid in the simulation process, the primary completion fluids.

Keywords: xanthan; polymer process fluid; filtration experiment; polymictic sandstone; Vyngapurovskoye field; filtration characteristics; pseudoplastic liquid; enhanced oil recovery.

REFERENCES

1. Burovye tekhnologicheskie zhidkosti: Metodicheskie ukazaniya k laboratornym rabotam dlya studentov napravleniya 131000 "Neftegazovoe delo" profil' "Burenie neftyanykh i gazovykh skvazhin" / Natsional'nyy mineral'no-syr'evoy universitet «Gornyy». Sost. Leusheva E.L., Turitsyna M.V., Straupnik I.A., Blinov P.A., Nikolaev N.I. SPb, 2014. 65 s.
2. Gibadulin N.Z. Osobennosti geologo-tekhnologicheskogo kontrolya provodki skvazhin na depressii s primeneniem koltyubingovoy tekhnologii / N.Z. Gibadulin, M.G. Lugumanov, I.I. Ikonnikov // NTV "Karotazhnik – 2003. – vyp.102.
3. Podoprigora D.G. Sovremennye tekhnologii vskrytiya treshchinovatykh karbonatnykh porod-kollektorov na depressii pri burenii gorizontal'nykh skvazhin / D.G. Podoprigora, A.V. Petukhov, D.V. Mardashov, L.A. Shangaraeva, P.V. Roshchin // Neft' Gaz Promyshlennost'. – 2014. – №51. – s. 20-24.
4. Diyashev R.N. Burenie skvazhin so vskrytiem produktivnykh plastov na depressii: opyt OAO «RITEK» v Tatarstane / R.N. Diyashev (OAO «Tatneftegeofizika»), A.S. Yakimov (OAO «RITEK») // Neftyanoe khozyaystvo. – 2005. - №11. – s. 28-34.
5. Ibragimov N.G. Otsenka tekhnologicheskoy effektivnosti vskrytiya plastov v usloviyakh depressii / Ibragimov N.G. (OAO «Tatneft'»), Ibatullin R.R., Iktisanov V.A., Akhmadishin F.F. (TatNIPIneft') // Neftyanoe khozyaystvo. – 2005. - №4.
6. Merzlyakin V.F. Tekhnologiya sokhraneniya estestvennoy produktivnosti plasta pri pervichnom i vtorichnom vskrytii / Merzlyakin V.F. (NGDU «Aksakovneft'») // Neftyanoe khozyaystvo. – 2003. - №6.
7. Petukhov A.V. Sovremennye tekhnologii razrabotki treshchinnykh karbonatnykh neftegazonosnykh kollektorov s ispol'zovaniem gorizontal'nykh skvazhin i vskrytiya produktivnykh plastov na depressii / Petukhov A.V., Podoprigora D.G., Shangaraeva L.A. // Materialy mezhdunarodnogo seminara «Rassokhinskie chteniya» - 2014.
8. Problemy i perspektivy vskrytiya produktivnykh plastov pri otritsatel'nom differentsial'nom davlenii v sisteme «skvazhina – plast» / R.G. Salikhov, A.P. Permyakov, T.N. Krapivina i dr. – Perm': Permskoe knizhnoe izd-vo, 2003. – 200 s.
9. Krapivina T.V. Osnovnye napravleniya povysheniya kachestva zakanchivaniya skvazhin na mestorozhdeniyakh i ploshchadyakh Permskogo kraya / T.V. Krapivina, N.I. Krysin (Filial OOO «LUKOYL-Inzhiniring» «PermNIPIneft'» v g. Permi), S.E. Chernyshov, A.A. Kunitskikh (Permskiy natsional'nyy issledovatel'skiy politekhnicheskiy universitet) // Neftyanoe khozyaystvo. – 2014. - №8. – s. 26-28.
10. Shangaraeva, L.A. Kinetika formirovaniya soleotlozheniy sul'fata bariya pri samoproizvol'nom ego osazhdenii v peresyshchennykh vodnykh rastvorakh / L.A. Shangaraeva, A.V. Petukhov // Neftegazovoe delo. – 2012. – Vypusk 10. – №1. – S. 22-27.