

Интернет-журнал «Науковедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-5>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/214TVN515.pdf>

DOI: 10.15862/214TVN515 (<http://dx.doi.org/10.15862/214TVN515>)

УДК 622.276.6

Литвин Владимир Тарасович

ФГБОУ ВПО «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»»

Россия, Санкт-Петербург¹

Аспирант

E-mail: LitvinVT@bk.ru

РИНЦ: http://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=694893

Фарманзаде Анар Рабил оглы

ФГБОУ ВПО «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»»

Россия, Санкт-Петербург

Аспирант

E-mail: AnarFarmanzade@gmail.com

РИНЦ: http://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=820115

Орлов Максим Сергеевич

ФГБОУ ВПО «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»»

Россия, Санкт-Петербург

Инженер 1 категории

E-mail: OrlovMSw@gmail.com

РИНЦ: http://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=799074

Подбор кислотного состава для низкопроницаемых высокоглинистых пластов баженовской свиты (часть 1)

¹ 199106, г. Санкт-Петербург, 21-линия В.О., 2

Аннотация. Баженовская свита, распространённая на территории свыше 1 млн. км², содержит в себе колоссальные ресурсы нефти. Промышленная разработка данного объекта, в отличие от сланцевых формаций США, была начата относительно недавно, это связано со сложными геолого-физическими условиями залегания свиты. Однако, ежегодное повышение спроса на энергоресурсы и снижение «традиционных» запасов нефти возобновило интерес нефтедобывающих компаний к нетрадиционным ресурсам углеводородов. Высокие пластовые температуры и давления, отсутствие «традиционных» коллекторов, низкие значения фильтрационно-емкостных свойств – это часть проблем, с которыми приходится сталкиваться специалистам при освоении запасов баженовской свиты. Применение методов интенсификации притока нефти из пластов баженовской свиты требует тщательного подхода к проведению лабораторных экспериментов, подбору химических реактивов и технологий, которые повысят вероятность улучшения фильтрационно-емкостных свойств призабойной зоны и не навредят нефтепромысловому оборудованию и технике.

В работе представлен анализ результатов подбора основы кислотной композиции с учетом особенностей минералогического состава и пластовой температуры баженовской свиты Пальяновского месторождения. Рассмотрено влияние воздействия различными кислотами на глинистую и карбонатную составляющие продуктивного интервала пласта. Проведен ионный анализ отработанных составов. Обосновано использование смеси минеральной и органической кислот для повышения эффективности интенсификации притока нефти.

Ключевые слова: Баженовская свита; трудноизвлекаемые запасы; кислотная обработка; сланцевая нефть; алюмосиликаты; карбонаты; скорость реакции; осадкообразование; высокая пластовая температура; Пальяновское месторождение.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Литвин В.Т., Фарманзаде Анар Рабил оглы, Орлов М.С. Подбор кислотного состава для низкопроницаемых высокоглинистых пластов баженовской свиты (часть 1) // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/214TVN515.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/214TVN515

Введение

Нефтедобывающие компании, имеющие в своих активах лицензионные участки с запасами на баженовской свите, по-прежнему заняты разработкой эффективной технологии извлечения сланцевой нефти. Несмотря на это, необходимость в интенсификации притока из существующих дебитных скважин представляет не меньший интерес. Поскольку одной из отличительных черт баженовской свиты является быстрое снижение пластового давления и, соответственно, дебитов по нефти, необходимость таких работ возрастает в разы.

В этой связи, актуальным вопросом является разработка технологий интенсификации притока нефти к эксплуатационным скважинам и рабочих жидкостей для этих технологий.

Из числа мероприятий, применяемых на баженовской свите [1, 8, 14] и в целом нацеленных на повышение производительности скважин, сравнительно высокой эффективностью отмечается у кислотных обработок призабойной и удаленной зон пласта. Однако, количество неуспешных операций, особенно на баженовской свите, по сей день является значительным. Именно поэтому появилась необходимость подобрать компоненты для кислотного состава (КС) с учетом специфики минералогического состава и высокой пластовой температуры баженовских отложений.

Обобщение мнений многих специалистов [5, 6, 10] позволяет выделить следующие факторы, влияющие на успешность проведения кислотной обработки (КО):

- 1) отсутствие осадкообразования, особенно ионов железа, в процессе реакции кислоты с минералами пласта-коллектора и на всех этапах движения кислоты в ходе операции;
- 2) использование пролонгировано реагирующих с горной породой кислотных составов при высоких значениях пластовых температур;
- 3) низкое межфазное натяжение на границе раздела фаз нефти и КС при закачке, а также отработанного раствора при освоении;
- 4) охват воздействием низкопроницаемых участков и матрицы продуктивной части залежи;
- 5) низкая коррозионная активность КС;
- 6) совместимость КС с пластовыми флюидами.

Наличие осадков, как известно, приводит к блокированию путей фильтрации. Вследствие чего снижается как проникающая способность рабочего агента в пласт, так и проницаемость каналов для пластового флюида. Оптимальным решением данной проблемы является добавка к кислотному составу стабилизатора выпадения железа, предотвращающего вероятность образования нерастворимых соединений. Пролонгированное действие кислот необходимо для увеличения времени реакции с карбонатной составляющей. Для этого используют эмульгированные кислоты, пенные системы, загеленные кислотные составы, кислотогенерирующие реагенты, органические кислоты и др. Снижение величины поверхностного натяжения на границе «кислотный состав-нефть» обеспечит повышенную приемистость, быстрое извлечение продуктов реакции из пласта и пуск скважины в эксплуатацию [6]. Также, уменьшается вероятность образования эмульсий при контакте кислот с нефтью.

В залежах, сложенных карбонатами, первоначальная задача КО - создать разветвленную сеть проводящих каналов. В терригенных коллекторах, как и в баженовской свите, в кислоте может раствориться лишь незначительная часть компонентов породы.

Поэтому задачей КО в случае с баженовской свитой является увеличение проницаемости пласта за счет растворения различных частиц породы, закупоривающих имеющиеся каналы фильтрации, а также создание новых путей притока нефти из матрицы к трещинам.

Проведение лабораторных экспериментов

В первую очередь при подборе составляющих для КС необходимо обратить внимание на минералогический состав пород. Результаты рентгенофазового анализа керна из продуктивного интервала одной из скважин Пальяновского месторождения, пробуренной на баженовской свите, представлены в таблице 1. Данные были получены специалистами ЗАО «МиМГО» при определении литолого-минералогических и других характеристик кернового материала [9].

Таблица 1

Результаты рентгенофазового анализа керна баженовской свиты (составлено авторами)

Минерал		Среднее содержание, %	
Кварц		40,98	
Карбонаты	Кальцит	28,54	36,57
	Доломит	4,88	
	Анкерит	2,35	
	Сидерит	0,80	
Полевые шпаты	Альбит	5,48	8,73
	Микроклин	3,25	
Слюды, гидрослюды, глинистые минералы	Мусковит	7,24	19,11
	Иллит	5,55	
	Глауконит	0,60	
	Каолинит	5,71	
Пирит		6,29	

Из таблицы видно, что продуктивный интервал представлен породами с обширным минералогическим составом. Ввиду высокого содержания карбонатов применение стандартных глинокислотных обработок приведет к ухудшению проницаемости каналов фильтрации. В работе [2] отмечается негативное влияние кислотных составов, содержащих HF, на проницаемость терригенных кернов с минимальным содержанием карбонатов (<10%). В то же время применение индивидуального 6% раствора соляной кислоты привело к значительному восстановлению проницаемости кернов (в среднем на 111,3%). В монографии [5] обобщен большой опыт применения кислотных обработок на терригенных коллекторах, где отмечается, что большое количество специалистов в этой области считают более эффективным при кислотных обработках использовать индивидуальный раствор HCl с приданием ему высокой проникающей способности по простиранию пласта и последующему незатруднённому выносу продуктов реакции. Поэтому в качестве основного компонента КС была выбрана соляная кислота, позволяющая воздействовать как на карбонатную, так и на глинистую составляющие пород баженовской свиты в отличие от органических кислот, которые взаимодействуют только с карбонатами.

В свою очередь высокая пластовая температура (105°C) и большое количество глинистого материала в составе пород осложняют задачу подбора КС. Результаты исследований [3] показали, что при взаимодействии минеральной кислоты и алюмосиликатов происходит разрушение их структуры с выпадением в осадок кремнекислоты, либо алюмокремниевой кислоты. В работе [13] так же говорится об образовании осадка водного

кристаллического кремнезема при взаимодействии кислот с высококремнистыми силикатами. В таком случае необходимо подобрать состав, обеспечивающий отсутствие осадков при взаимодействии с алюмосиликатами и низкую скорость реакции кислоты с карбонатными минералами.

Для этого по методике, описанной в работе [12], было изучено взаимодействие смеси соляной кислоты с уксусной, муравьиной кислотами и другими добавками с навеской пород, приготовленной путем дробления зерна продуктивного интервала до размера частиц менее 100 микрон. Результаты были разделены на два графика. В первый из них (рис. 1) помещены те смеси с соляной кислотой, которые в результате растворения породы характеризовались выпадением осадка. Во втором графике (рис. 2) – без осадка.

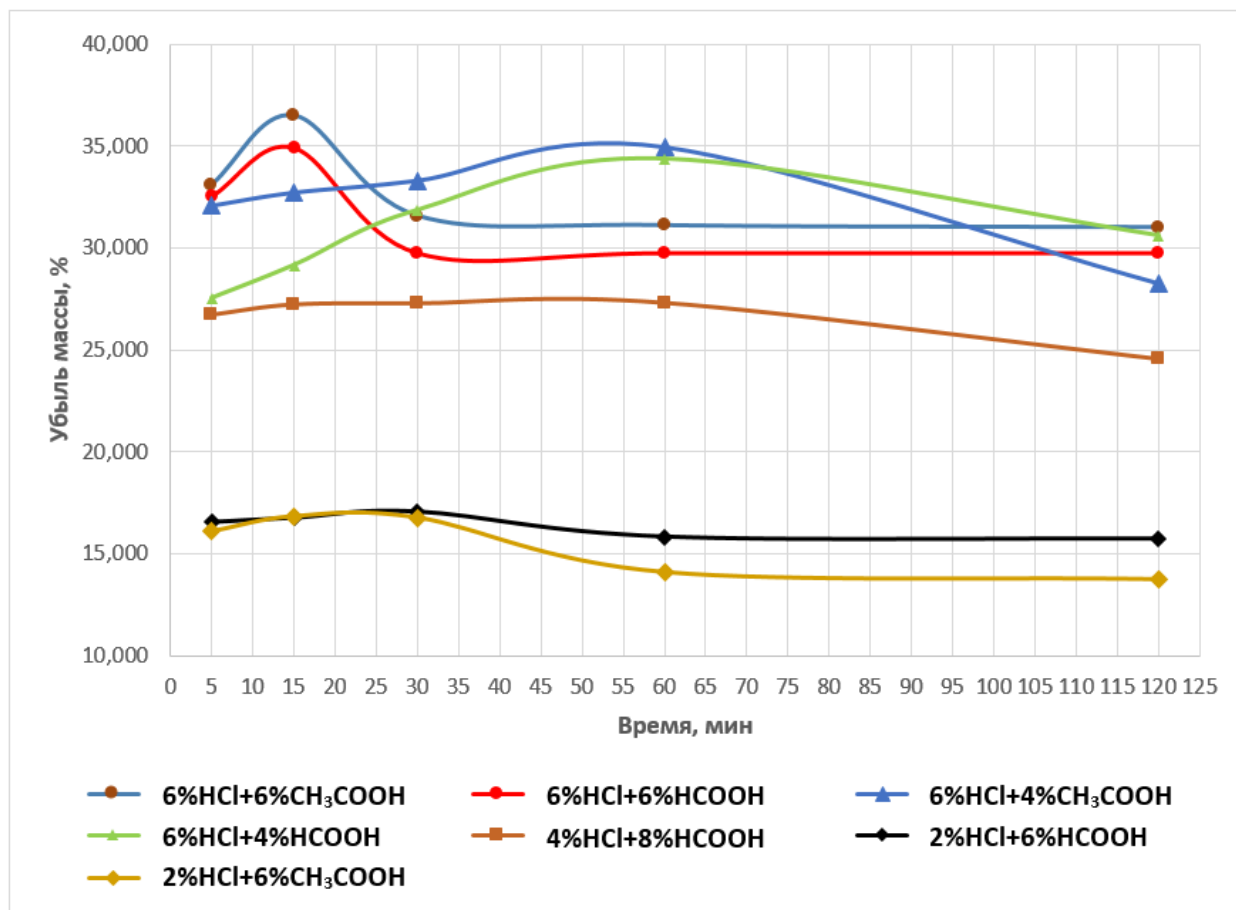


Рисунок 1. Зависимость убыли массы навески породы от времени. Наличие осадкообразования (составлено авторами)

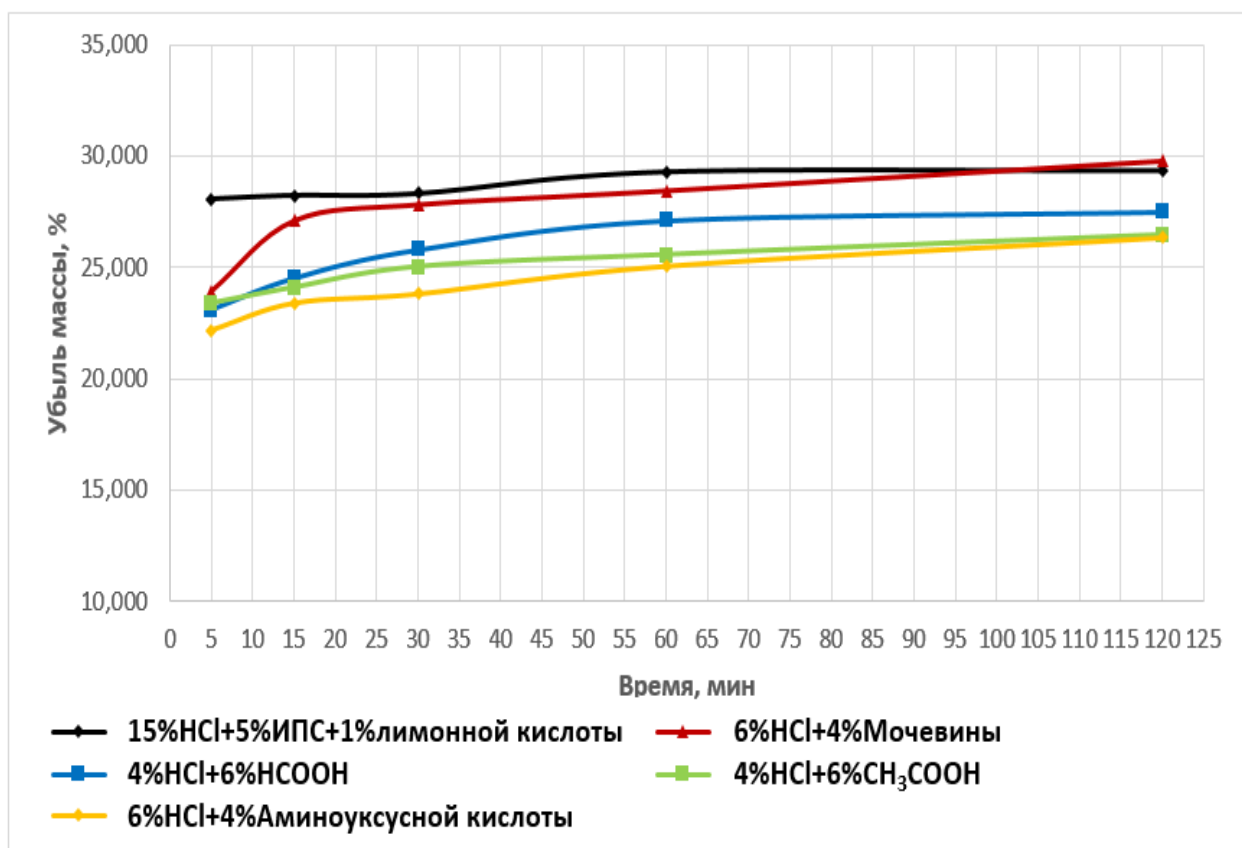


Рисунок 2. Зависимость убыли массы навески породы от времени. Отсутствие процессов осадкообразования (составлено авторами)

Также был изучен ионный состав некоторых отработанных растворов после 15, 30, 60 и 120 минут реакции с породой (табл. 2).

Таблица 2

Результаты ионного анализа отработанных растворов (составлено авторами)

Состав	Время реакции с породой, мин.	Относительное содержание иона в растворе, %			
		Fe	Ca	Mg	Al
4% HCl+6% CH ₃ COOH	15	0,006	2,804	0,064	0,028
	30	0,008	3,028	0,092	0,064
	60	0,009	2,82	0,094	0,073
	120	0,013	3,092	0,101	0,135
4% HCl+6% CH ₃ COOH	15	0,007	2,954	0,077	0,107
	30	0,008	3,077	0,075	0,107
	60	0,01	3,09	0,103	0,141
	120	0,014	3,11	0,109	0,149
15% HCl+5% Изопропилового спирта+1% Лимонной кислоты	15	0,006	1,991	0,069	0,213
	30	0,008	2,187	0,073	0,332
	60	0,011	2,23	0,103	0,44
	120	0,015	2,322	0,14	0,573

Состав	Время реакции с породой, мин.	Относительное содержание иона в растворе, %			
		Fe	Ca	Mg	Al
6% HCl+4% СНООН	15	0,008	2,753	0,065	0,115
	30	0,008	2,884	0,076	0,127
	60	0,01	3,007	0,077	0,134
	120	0,013	3,083	0,077	0,218
6% HCl+4% CH ₃ COOH	15	0,008	3,217	0,082	0,138
	30	0,009	3,134	0,036	0,159
	60	0,011	2,889	0,098	0,188
	120	0,013	2,939	0,092	0,213
6% HCl+6% CH ₃ COOH	15	0,007	3,779	0,077	0,131
	30	0,009	3,796	0,047	0,186
	60	0,01	3,899	0,093	0,244
	120	0,014	3,923	0,108	0,289
8% CH ₃ COOH	15	0,004	2,921	0,022	0
	30	0,004	3,058	0,052	0
	60	0,005	2,935	0,061	0
	120	0,004	3,264	0,03	0
6% HCl+4% Аминоуксусной кислоты	15	0,006	2,49	0,051	0,043
	30	0,007	2,795	0,056	0,107
	60	0,009	2,813	0,067	0,115
	120	0,012	2,935	0,068	0,117
6% HCl+4% Мочевины	15	0,007	3,044	0,021	0,103
	30	0,008	3,205	0,071	0,126
	60	0,009	3,081	0,076	0,126
	120	0,012	3,389	0,056	0,144

Из ионного анализа и графиков видно, что составы с отсутствием осадков в процессе растворения породы, характеризуются менее активным растворением глинистых минералов и, соответственно, выделением в свободном виде ионов Al³⁺. Все составы, которые отмечаются выпадением осадков (рис. 1), это смеси минеральной и органической кислот в различных пропорциях. В литературе [5, 7] говорится об увеличении растворимости глиносодержащих образцов при добавке к соляной кислоте небольшого количества щавелевой или лимонной кислот. Учитывая данный факт и полученные результаты можно сделать вывод, что наличие органической кислоты в смеси с минеральной ускоряет не только растворение глин, но и процессы осадкообразования при взаимодействии с ними. Поэтому при выборе тех или иных составляющих для КС необходимо проведение лабораторных экспериментов, направленных на оценку процессов осадкообразования после взаимодействия исследуемых растворов с минералами продуктивного пласта.

Помимо отсутствия осадков с алюмосиликатами, как говорилось ранее, кислоты должны обладать пролонгированным действием при реакции с карбонатной составляющей пород при пластовой температуре. Эксперименты проводились по методике [11]. Результаты представлены на рис. 3 и 4.

Состав 15% HCl + 5% Изопропилового спирта (ИПС) + 1% Лимонной кислоты был использован при успешной обработке одной из скважин Средне-Назымского месторождения [8]. Воздействие высококонцентрированными кислотами может привести к углублению

существующих макроканалов и при каждой последующей обработке они будут принимать на себя основную часть гидродинамического потока, что не способствует вовлечению в разработку всей вскрытой толщины продуктивного интервала [5]. Из рисунка 3 видно, что состав на основе 15% соляной кислоты теряет свою растворяющую способность уже после 15 минут реакции с мрамором, так же, как и составы с использованием аминоксусной кислоты и мочевины.

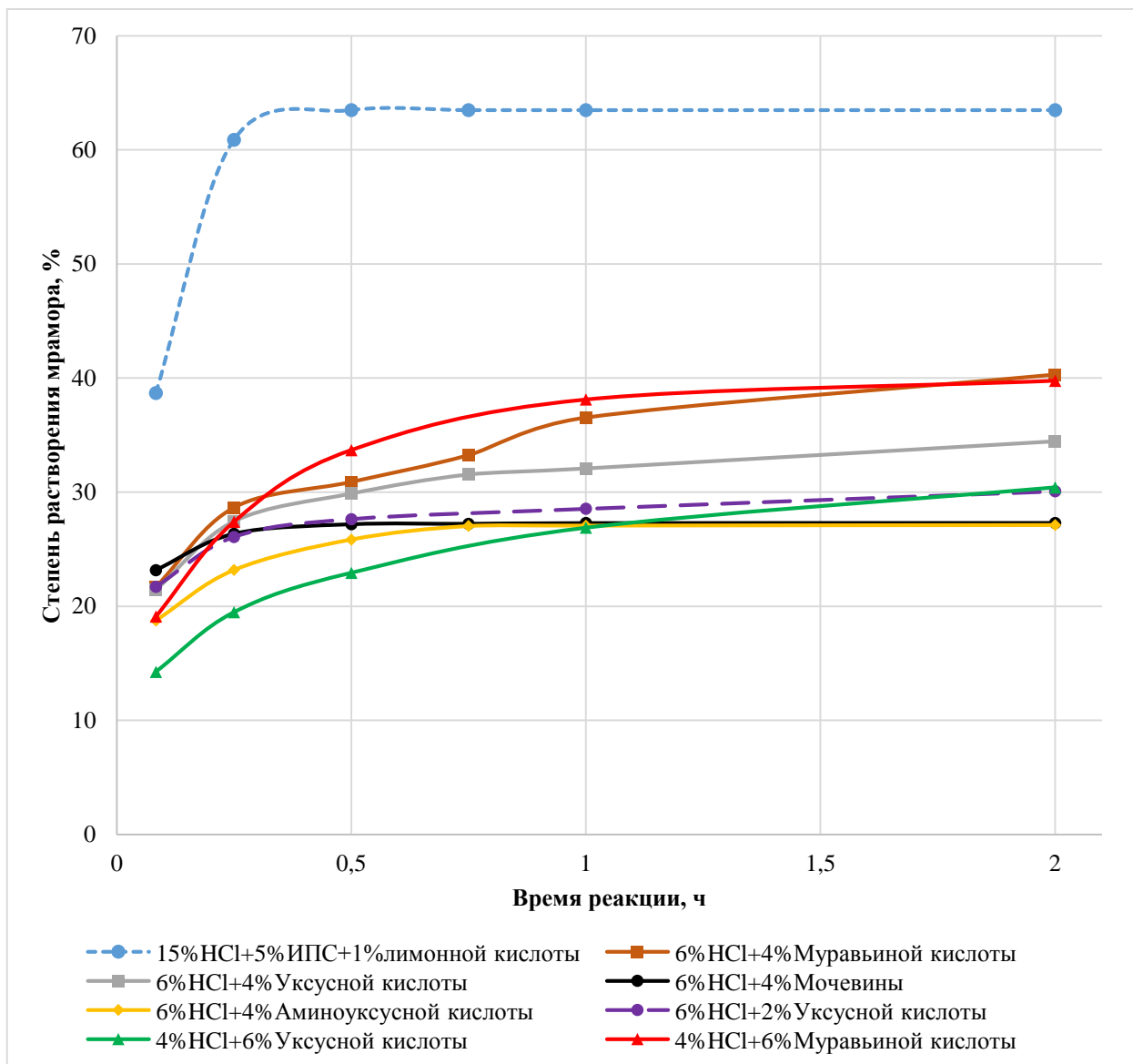


Рисунок 3. Зависимость убыли массы чистого мрамора от времени (составлено авторами)

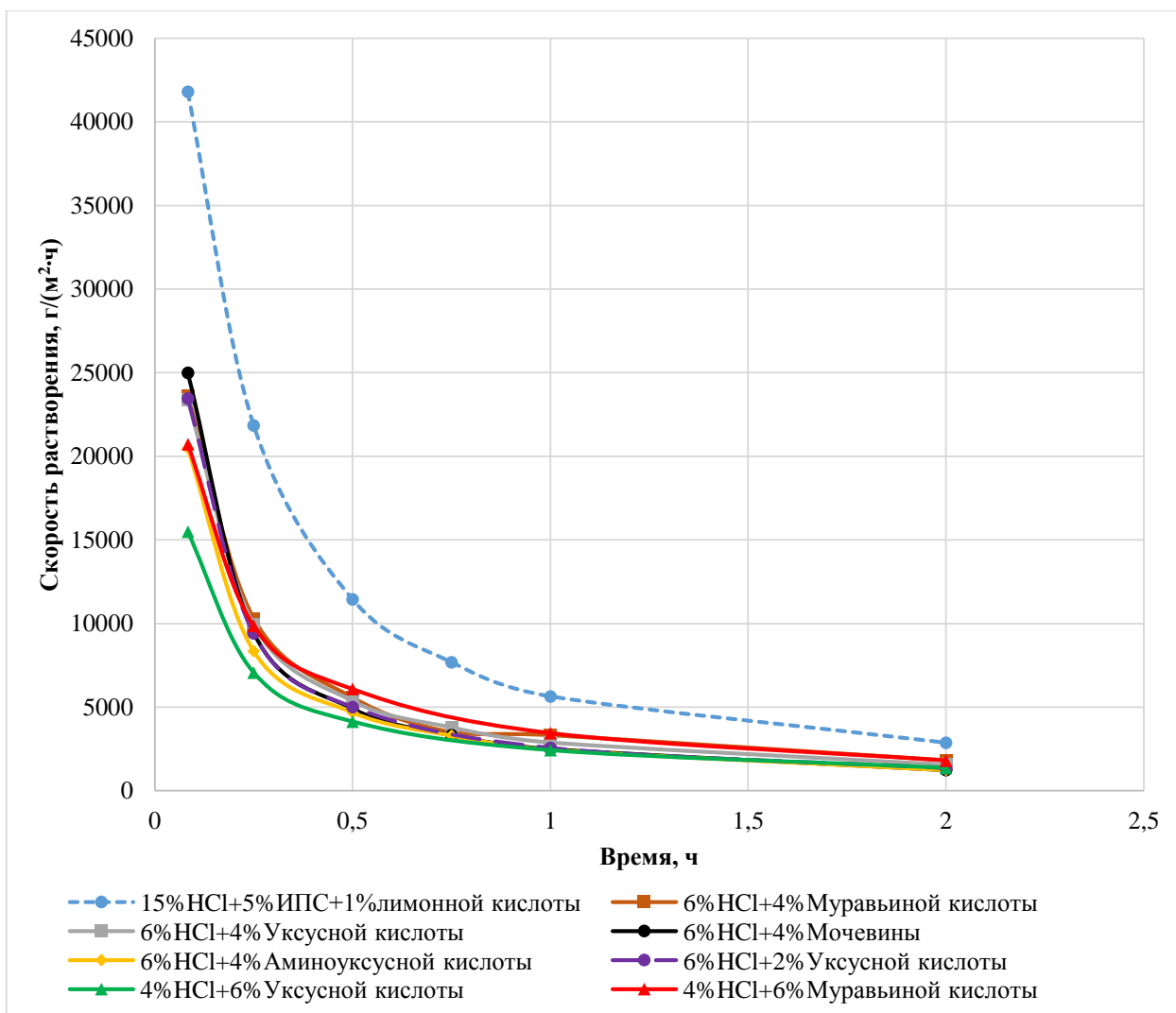


Рисунок 4. Зависимость скорости растворения чистого мрамора от времени (составлено авторами)

Заключение

Обобщая полученные результаты взаимодействия кислот с минералами, слагающими породы баженовской свиты и чистым мрамором можно выделить составы 4%HCl+6%СНООН и 4%HCl+6%СН₃СООН. Данные смеси кислот не образуют осадков с глинистой составляющей пород баженовской свиты, а также обладают низкими скоростями реакции с карбонатами, что позволит увеличить охват пласта по простирацию при его КО.

Таким образом в данной работе были рассмотрены два фактора из шести, обеспечивающие проведение успешной КО продуктивной части залежи. В следующей публикации будут рассмотрены результаты подбора поверхностно-активного вещества, подбора ингибитора коррозии, тестов на совместимость с пластовым флюидом и будут даны рекомендации по охвату низкопроницаемых зон пласта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахметов Р.Р., Лицкий В.П., Тепляков Е.А. Работы по интенсификации притоков в процессе ГРП по Территориальной программе на нераспределенном фонде недр ХМАО // Вестник Недропользователя. – 2001. – №7.
2. Бабаян Э.В., Шурыгин М.Н., Яковенко В.Н. Повышение эффективности выбора рабочего агента для обработки призабойной зоны пласта // Нефтяное хозяйство. – 1999. – №3. – С. 30-32.
3. Васильев Н.Г., Бунтова М.А., Овчаренко Ф.Д. О механизме разрушения и процесса старения Н-форм глинистых минералов. Коллоидн. журн., 1975, т.37, Л I, с. 16-22.
4. Гладков Е.А. Анализ эффективности применяемых методов интенсификации притока нефти // Бурение & нефть. – 2010. – №12. – С. 29-31.
5. Глуценко В.Н., Силин М.А. Нефтепромысловая химия: Изд. в 5-ти томах. – Т.4. Кислотная обработка скважин / Под ред. проф. И.Т. Мищенко. – М.: Интерконтакт Наука, 2010. – 703 с.
6. Зайцев Ю.В. Кислотная обработка песчаных коллекторов. – Москва: Недра, 1972. – 173 с.
7. Качмар Ю.Д., Касянчук В.Г., Лисовская Г.Ф., Сидоровский В.А. Опыт применения различных методов обработки призабойной зоны скважин. – М.: ВНИИОЭНГ, 1972. – 93 с.
8. Литвин В.Т., Рязанов А.А., Фарманзаде А.Р. Теоретические аспекты и опыт проведения работ по интенсификации притока нефти на коллекторах баженовской свиты // Нефтепромысловое дело. – 2015. – №5. – С. 24-29.
9. Литвин В.Т., Стрижнев К.В., Рошин П.В. Особенности строения и интенсификации притоков нефти в сложных коллекторах баженовской свиты Пальяновского месторождения // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2015. – Т.10. – №3. – http://www.ngtp.ru/rub/11/36_2015.pdf.
10. Сергиенко В.Н. Технологии воздействия на призабойную зону пластов юрских отложений Западной Сибири. – Санкт-Петербург: Недра, 2005. – 205 с.
11. Силин М.А., Магадова Л.А., Цыганков В.А., Мухин М.М., Давлетшина Л.Ф. Кислотные обработки пластов и методики испытания кислотных составов: Учеб. пособие для студентов вузов. – М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2011. – 120 с.
12. Фарманзаде А.Р., Литвин В.Т., Рошин П.В., Подбор основы кислотного состава и специальных добавок для обработки призабойной зоны пласта Баженовской свиты. Международный научно-исследовательский журнал. 2015. №3-4 (34). с. 68-72.
13. Челищев Н.Ф. Влияние кислотности-щелочности на характер взаимодействия алюмосиликатов с водными растворами // Кислотно-основные свойства химических элементов, минералов, горных пород и природных растворов: Сб. ст. - М.: Недра, 1982. - С. 113 - 117.
14. Шатровский А.Г., Табаков В.П., Степанов В.П. и др. Основные итоги и перспективы разработки баженовской свиты Салымского месторождения // Геофизика. – 2007. – №4. – С. 211-218.

Рецензент: Рошин Павел Валерьевич, к.т.н., ассистент кафедры «Разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений», «Нефтегазовый» факультет, ФГБОУ «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»».

Litvin Vladimir Tarasovich

National mineral resources university (Mining university)
Russian Federation, Saint Petersburg
E-mail: LitvinVT@bk.ru

Farmanzade Anar Rabil

National mineral resources university (Mining university)
Russian Federation, Saint Petersburg
E-mail: AnarFarmanzade@gmail.com

Orlov Maksim Sergeevich

National mineral resources university (Mining university)
Russian Federation, Saint Petersburg
E-mail: OrlovMSw@gmail.com

Selection of components acid composition for the low-permeability clay layers high Bazhenov Formation (part 1)

Abstract. Bazhenov Formation, widespread in the territory of more than 1 million km², contains vast resources of oil. Industrial development of the object, as opposed to oil shale formations USA, was launched recently, is due to complicated geological and physical conditions of occurrence suite. However, the annual increase in energy demand and the decline in "traditional" oil renewed interest in oil companies to unconventional hydrocarbon resources. High reservoir pressure and temperature, the absence of "traditional" collectors, low values of reservoir properties - it is part of the problems faced by those skilled in the development of the Bazhenov Formation reserves. Application of methods of stimulation of oil reservoirs Bazhenov formation requires careful approach to conducting laboratory experiments, selection of chemicals and technologies that will enhance the probability of improving the permeability and porosity of the bottom-hole zone and will not harm the oil-field equipment and machinery.

The paper presents an analysis of the results of the selection of the basics acid composition allowing for the mineralogical composition and reservoir temperature Bazhenov suite Palyanovskoye field. The effect of the impact of different acids on the clay and carbonate components of the productive reservoir interval. An analysis of the ion composition of waste. Justify use of a mixture of mineral and organic acids to improve the efficiency of the stimulation of oil.

Keywords: Bazhenov formation; unconventional resources; acidizing; shale oil; alumino silicates; carbonates; reaction rate; precipitation; high reservoir temperature; Palyanovskoye oil field.

REFERENCES

1. Akhmetov R.R., Litskiy V.P., Teplyakov E.A. Raboty po intensivatsii pritokov v protsesse GRR po Territorial'noy programme na neraspredelennom fonde nedr KhMAO // Vestnik Nedropol'zovatelya. – 2001. – №7.
2. Babayan E.V., Shurygin M.N., Yakovenko V.N. Povyshenie effektivnosti vybora rabocheho agenta dlya obrabotki prizaboynoy zony plasta // Neftyanoe khozyaystvo. – 1999. – №3. – S. 30-32.
3. Vasil'ev N.G., Buntova M.A., Ovcharenko F.D. O mekhanizme razrusheniya i protsessa stareniya N-form glinistyykh mineralov. Kolloidn. zhurn., 1975, t.37, L I, s. 16-22.
4. Gladkov E.A. Analiz effektivnosti primenyaemykh metodov intensivatsii pritoka nefti // Burenie & nef't'. – 2010. – №12. – S. 29-31.
5. Glushchenko V.N., Silin M.A. Neftepromyslovaya khimiya: Izd. v 5-ti tomakh. – T.4. Kislotnaya obrabotka skvazhin / Pod red. prof. I.T. Mishchenko. – M.: Interkontakt Nauka, 2010. – 703 s.
6. Zaytsev Yu.V. Kislotnaya obrabotka peschanykh kollektorov. – Moskva: Nedra, 1972. – 173 s.
7. Kachmar Yu.D., Kasyanchuk V.G., Lisovskaya G.F., Sidorovskiy V.A. Opyt primeneniya razlichnykh metodov obrabotki prizaboynoy zony skvazhin. – M.: VNIIOENG, 1972. – 93 s.
8. Litvin V.T., Ryazanov A.A., Farmanzade A.R. Teoreticheskie aspekty i opyt provedeniya rabot po intensivatsii pritoka nefti na kollektorakh bazhenovskoy svity // Neftepromyslovoe delo. – 2015. – №5. – S. 24-29.
9. Litvin V.T., Strizhnev K.V., Roshchin P.V. Osobennosti stroeniya i intensivatsii pritokov nefti v slozhnykh kollektorakh bazhenovskoy svity Pal'yanovskogo mestorozhdeniya // Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika. – 2015. – T.10. – №3. – http://www.ngtp.ru/rub/11/36_2015.pdf.
10. Sergienko V.N. Tekhnologii vozdeystviya na prizaboynuyu zonu plastov yurskikh otlozheniy Zapadnoy Sibiri. – Sankt-Peterburg: Nedra, 2005. – 205 s.
11. Silin M.A., Magadova L.A., Tsygankov V.A., Mukhin M.M., Davletshina L.F. Kislotnye obrabotki plastov i metodiki ispytaniya kislotnykh sostavov: Ucheb. posobie dlya studentov vuzov. – M.: RGU nef'ti i gaza imeni I.M. Gubkina, 2011. – 120 s.
12. Farmanzade A.R., Litvin V.T., Roshchin P.V., Podbor osnovy kislotnogo sostava i spetsial'nykh dobavok dlya obrabotki prizaboynoy zony plasta Bazhenovskoy svity. Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. 2015. №3-4 (34). s. 68-72.
13. Chelishchev N.F. Vliyanie kislotnosti-shchelochnosti na kharakter vzaimodeystviya alyumosilikatov s vodnymi rastvorami // Kislотно-osnovnye svoystva khimicheskikh elementov, mineralov, gornykh porod i prirodnykh rastvorov: Sb. st. - M.: Nedra, 1982. - S. 113 - 117.
14. Shatrovskiy A.G., Tabakov V.P., Stepanov V.P. i dr. Osnovnye itogi i perspektivy razrabotki bazhenovskoy svity Salym'skogo mestorozhdeniya // Geofizika. – 2007. – №4. – S. 211-218.