



УДК 553.98.001.

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОФОБИЗИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

LABORATORY STUDY OF THE HYDROPHOBIC ABILITY OF ORGANOSILICON COMPOUNDS

Юлдашев Руслан Ильдарович

магистрант кафедры ХТПНГ,
Казанский национальный исследовательский
технологический университет
Ruslan8695@mail.ru

Мингазов Рифат Радисович

кандидат технических наук,
Казанский национальный исследовательский
технологический университет
rifat18@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются гидрофобизирующие свойства кремнийорганических соединений. Так же оценивается устойчивость образованной на поверхности песка гидрофобизационной пленки к размытию водой. В дальнейшем вещества показавшие хорошие свойства гидрофобизации будут использоваться в составе комбинированного гидрофобизатора, основной задачей которого будет снижение обводненности призабойной зоны добывающей скважины.

Ключевые слова: гидрофобизатор, смываемость, силоксаны, снижение обводненности, кремнийорганических соединений.

Yuldashev Ruslan Il'darovich

master of the department
Chemical technologies
of oil and gas production,
Kazan National Research
Technological University,
Ruslan8695@mail.ru

Mingazov Rifat Radisovich

Candidate of Technical Sciences,
Chemical technologies
of oil and gas production,
Kazan National Research
Technological University
rifat18@mail.ru

Annotation. The article discusses the hydrophobic properties of organosilicon compounds. The stability of the hydrophobization film formed on the sand surface to water smearing is also evaluated. In the future, substances that have shown good hydrophobization properties will be used as part of a combined water-repellent agent, whose main task will be to reduce the water-cut of the bottomhole zone of the production well.

Keywords: water repellent, washability, siloxanes, reduction of watering, organosilicon compounds.

Введение

Проблема обводненности на данный момент является актуальной, так как она приводит к снижению нефтеотдачи пласта и мешает разработке месторождений нефти в целом.

Большое количество скважин на месторождениях поздней разработки требуют капитального ремонта из-за высокой обводненности. А разработка некоторых и вовсе считается не рентабельной, что приводит к их остановке.

На многих месторождениях имеется проблема высокой обводненности призабойной зоны пласта. Это пагубно сказывается на добычи нефти [1].

При добыче нефти вместе с ней из пласта так же добывается большое количество воды. Что в дальнейшем сильно сказывается на себестоимости. Так как на удаление воды требуются большие производственные мощности (энергоресурсы, оборудование, реагенты), возможности утилизации, переработки и дальнейшего использования пластовой воды.

Вторичные методы добычи нефти, в частности метод поддержания пластового давления при помощи закачки в пласт воды, приводит к увеличению содержания воды в пласте и как следствие в призабойной зоне пласта добывающей скважины. Это приводит к ухудшению фильтруемости нефти при ее одновременной фильтруемости с водой, что негативно сказывается на нефтеотдачи скважины. Так же появляются кинжальные прорывы (вода находит кратчайший путь к добывающей скважине и многие нефтесодержащие участки оказываются не доступными) [2].

Экспериментальная часть

В качестве метода для сравнительной оценки гидрофобизирующей способности был использован метод капиллярной пропитки.

Схема установки измерения кинетики пропитки приведена на рисунке 1. Оценка гидрофобизирующей способности реагентов осуществляется на обработанном гидрофобизирующими составами



кварцевом песке, помещенном в стеклянные трубочки диаметром 6 мм, длиной 190–200 мм, и состоит из следующих этапов проведения эксперимента:

а) *подготовка пористой среды*: 10 г кварцевого песка фракции 50–100 меш пропитывается 1,5 мл, заранее приготовленным гидрофобизирующим раствором. Растворы представляют собой, растворенные в толуоле гидрофобизаторы при концентрации 5 % масс., 1 % масс., 0,1 % масс. Помещается в сушильный шкаф на 3 часа, затем еще 24 часа находится на открытом воздухе при комнатной температуре, до полного высыхания. Обработанный и высушенный кварцевый песок помещается с помощью воронки в две стеклянные трубочки 1, на нижнем конце которых установлены сетки-башмачки 4. Высота слоя песка в трубочках должна составлять 170 мм.

Пористая среда уплотняется легким постукиванием равномерно по всей длине трубочки в течение одной минуты, добиваясь уплотнения кварцевого песка до постоянного объема;

б) *оценка смачиваемости кварцевого песка*: в колбу Эйленмейера 3 заливается 100 мл дистиллированной воды. Производится погружение концов стеклянных трубочек в дистиллированную воду на глубину 19 мм и их фиксация в данном положении с помощью резиновых пробок 2, имеющих отверстия, диаметры которых соответствуют внешним диаметрам стеклянных трубочек. Засекается время погружения [1].

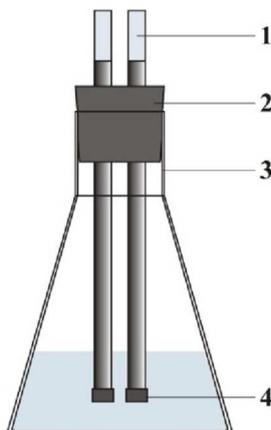


Рисунок 1 – Схема установки измерения кинетики впитывания

Эксперимент проводится в течение пяти часов и сопровождается замерами высоты поднятия уровня воды через 1, 3, 5, 10, 30 и 60 минут. Полученные результаты обрабатываются и анализируются, строятся графики кинетики впитывания, делаются выводы.

Так же проводилось моделирование вымывания гидрофобизатора с поверхности песка.

Гидрофобизатор смешивался с песком фракции 50–100 меш, затем песок высушивался и подвергался моделированию вымывания при помощи магнитной мешалки. В емкость с песком заливалась 100 мл дистиллированной воды, помещалась мешалка, емкость закрывалась крышкой, и ставилась на магнитную мешалку при 450 обр/мин. Вымывание гидрофобизатора происходило в 3 цикла. При первом цикле смывание происходило в течении 1 часа. При втором 24 часа. При проведении третьего цикла, песок продолжал перемешиваться с водой в течении 72 часов. После каждого этапа вода из емкости сливалась, песок высушивался и производился замер водоотталкивающих свойств гидрофобизатора. После чего вновь в емкость заливалась 100 мл дистиллированной воды и начинался следующий этап вымывания.

Ниже перечислены кремнийорганические соединения у которые проверялась гидрофобизирующая способность.

Кремнийорганические соединения: TEGOTEXCS 8080 (Evonik), Protectosil 80SK (Evonik), Dynasylan 4148 (Evonik), ГСЖ-94М (ООО «ТД «Джей Эл Эс Кемикал»), метилтриметоксисилан (МТМС)(ООО «ТД «Джей Эл Эс Кемикал»), ПМС-100 (Русхимсеть), ПМС-350 (Русхимсеть), ПМС-1000 (Русхимсеть), ПМС-12500 (Русхимсеть), ПМС-60000 (Русхимсеть).

Ниже представлены растворители в которых были растворены силоксаны.

Растворители: гексан, толуол, керосин.

Обсуждение результатов

К образцам ставились такие требования, чтобы они обеспечивали наибольшую гидрофобизирующую способность при наименьшей концентрации и гидрофобизирующие свойства не пропадали со временем, при смачивании кварцевого песка водой.

Экспериментальным путем было выявлено, что наиболее подходящим растворителем является толуол, так как он испаряется полностью в процессе сушки кварцевого песка в следствие чего не про-



являет собственной гидрофобизирующей способности при проведении метода самопроизвольного впитывания воды.

Применение силоксанов основано на том, что они обладают свойством изменять смачиваемость коллектора. Так же повышать подвижность нефти, и снижать ее вязкость, что благоприятно сказывается на увеличении нефтеотдачи пласта.

В результате проведения исследования были получены следующие экспериментальные данные, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследования гидрофобизирующей способности кремнийорганических соединений с толуолом

Время, мин	Высота поднятия жидкости в капиллярах, %														
	ГСЖ-94М			Dynasytan 4148			Protectosil 80SK			TEGOTEX CS 8080			Метилтриметоксисилан		
	5 мас. %	1 мас. %	0,1 мас. %	5 мас. %	1 мас. %	0,1 мас. %	5 мас. %	1 мас. %	0,1 мас. %	5 мас. %	1 мас. %	0,1 мас. %	5 мас. %	1 мас. %	0,1 мас. %
1	0	0	0	0	17,1	26,3	0	0	0	0	0	0	0	0	14,4
3	0	0	0	0	21,1	35,5	0	0	0	0	0	1,3	0	0	17,1
5	0	0	0	1,3	26,3	35,5	0	0	0	0	0	1,3	0	0	18,4
10	0	0	0	2,65	28,95	38,4	0	0	0	0	0	5,25	0	0	19,2
30	0	0	0	2,65	30,25	46,05	0	0	0	0	2,15	7,9	0	0	19,7
60	0	0	0	7,9	36,8	51,35	0	0	0	1,55	7,4	10,55	0	0	21

Было проведено исследование с использованием: TEGOTEX CS 8080, Protectosil 80SK, Dynasytan 4148, ГСЖ-94М, МТМС.

Наилучшими свойствами гидрофобизации обладают Protectosil 80SK и ГСЖ-94М.

МТМС проявил хорошие свойства гидрофобизации при концентрации 5 % масс. и 1 % масс., но при концентрации 0,1 % масс. жидкость начала подниматься по стволу стеклянной трубки и достигла отметки 21 % от общей высоты.

Данные полученные о гидрофобизирующей способности Dynasytan 4148 показывают, что 5 % раствора хорошо проявил свойства гидрофобизации (7,9 % поднятия по стволу стеклянной трубки). Уровень поднятия жидкости при концентрации 1 % мас. равен 36,8 %, а при 0,1 % мас. равен 51,35 %.

TEGOTEX CS 8080 проявил хорошие свойства гидрофобизации при концентрации 5 % мас. и 1 % мас. поднятия жидкости было равно 0 в течении 50 минут. Но при концентрации 0,1 % мас. поднятие было 10,55 %.

Данные полученные о гидрофобизирующей способности TEGOTEX CS 8080, Dynasytan 4148, МТМС показывают, что данные реагенты обладают не лучшими показателями водоталкивания и не подходят для дальнейшего применения.

Так же на свойства гидрофобизации была проверена группа полиметилсилоксанов: ПМС-100, ПМС-350, ПМС-1000, ПМС-12500, ПМС-60000.

ПМС-1000, ПМС-12500, ПМС-6000 обладают хорошим показателем гидрофобизации при концентрации 5 % масс., 1 % масс., 0,1 % масс. Высота поднятия жидкости по стволу стеклянной трубки равна 0.

В таблице 2 приведены показатели гидрофобизации полиметилсилоксанов ПМС-100, ПМС-350.

Таблица 2 – Результаты исследования гидрофобизирующей способности полиметилсилоксанов

Время, мин	Высота поднятия жидкости в капиллярах, %					
	ПМС-100			ПМС-350		
	5 мас. %	1 мас. %	0,1 мас. %	5 мас. %	1 мас. %	0,1 мас. %
1	0	0	10,5	0	0	8,7
3	0	0	14,5	0	0	12,3
5	0	0	17,1	0	0	14,1
10	0,52	0,52	17,1	0	0	17
30	0,52	0,52	19,7	0	0	18,5
60	0,52	0,52	20	0	0	21,3

ПМС-100 обладает средними показателями гидрофобизации по сравнению со всем списком исследуемых гидрофобизаторов. И худшими показателями по сравнению с группой полиметилсилоксанов.



ПМС-350 хорошо проявляет свойства гидрофобизации при концентрации 5 % масс. и 1 % масс. Но при концентрации 0,1 % масс. поднятие воды по трубке составляет 21,3 %.

Можно сделать вывод что лучшими показателем гидрофобизации обладают такие вещества как: ПМС-1000, ПМС-12500, ПМС-6000, Protectosil 80SK, ГСЖ-94М.

Проверка стойкости к смыванию проводилась у таких гидрофобизаторов как: ПМС-1000, ПМС-12500, ПМС-6000, Protectosil 80SK, ГСЖ-94М.

В результате проверки стойкости гидрофобизаторы проявили одинаковые свойства в течении всех 3 циклов. Высота поднятия жидкости во всех 3 циклах у всех гидрофобизаторов не менялась и была равна 0 при всех концентрациях.

Вывод

Образцы ПМС-1000, ПМС-12500, ПМС-6000, Protectosil 80SK, ГСЖ-94М показали лучшие свойства гидрофобизации из всех проверяемых образцов. Поднятие жидкости по стволу стеклянной трубки, наполненной песком ровно 0 при всех концентрациях (0,1 % мас., 1 % масс., 5 % мас.). это говорит о высокой гидрофобизационной способности исследуемых реагентов. Так же они показали высокую стойкость к смыванию дистиллированной водой. Именно их целесообразно использовать в рецептуре комбинированного гидрофобизатора для технологии гидрофобизации призабойной зоны пласта.

Литература:

1. Григулецкий В. Обводнение месторождений – коренной вопрос современности российской нефтегазовой отрасли.
2. Сурков И.В. Проблема обводненности в добывающих скважинах // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сб. ст. по мат. LIII междунар. студ. науч.-практ. конф. – № 5 (52). – URL : [https://sibac.info/archive/technic/5\(52\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/5(52).pdf) (дата обращения: 13.02.2019).

Literature:

1. Griguletsky V. Watering the fields is a fundamental question of the present Russian oil and gas industry.
2. Surkov I.V. The problem of watering in the extracting wells // Scientific community of students of the XXI century. Technical sciences: Sat. Art. on mat. LIII Intern. stud scientific-practical conf. – № 5 (52). – URL : [https://sibac.info/archive/technic/5\(52\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/5(52).pdf) (access date: 13.02.2019).