ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИНТЕЗИРОВАННОГО РАСТВОРА СТАБИЛИЗАТОРА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТЕРМОСТАБИЛЬНОСТИ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ

Халилов Музаффар Нурмаматович

PhD.,старщий преподаватель,Ташкент химико технологический институт Янгиерского филиал, Республики Узбекистан, г.Янгиер.

E-mail: muzaffarxalilov88@gmail.com

Аннотация. Вязкость буровых растворов является ключевым параметром, определяющим эффективность бурения и качество очистки скважины. Различные условия синтеза, такие как температура, время реакции, концентрация реагентов и наличие модифицирующих добавок, могут значительно влиять на реологические свойства получаемых полимеров. Цель данного исследования – определить оптимальные условия синтеза, обеспечивающие максимальную стабильность и предсказуемость вязкостных характеристик растворов стабилизаторов. Экспериментальные данные позволят выявить взаимосвязь между параметрами синтеза и конечными реологическими свойствами полимерных стабилизаторов, что важно для разработки эффективных буровых растворов, способных работать в экстремальных условиях.

Ключевые слова: полиакриламид, целлюлоза, нанокомпозит, сорбент, бентонит, полиакрилонитрил, факторы, нано-SiO_2.

Abstract. The viscosity of drilling fluids is a key parameter that determines drilling efficiency and the quality of well cleaning. Various synthesis conditions, such as temperature, reaction time, concentration of reagents and the presence of modifying additives, can significantly affect the rheological properties of the resulting polymers. The aim of this study is to determine the optimal synthesis conditions that ensure maximum stability and predictability of the viscosity characteristics of stabilizer solutions. Experimental data will help to identify the relationship between the synthesis parameters and the final rheological properties of polymer stabilizers, which is important for the development of effective drilling fluids capable of operating under extreme conditions.

Keywords: polyacrylamide, cellulose, nanocomposite, sorbent, bentonite, polyacrylonitrile, factors, nano-SiO_2.

Annotatsiya. Burg'ulash suyuqliklarining yopishqoqligi burg'ulash samaradorligi va quduqni tozalash sifatini belgilaydigan asosiy parametrdir. Harorat, reaktsiya vaqti, reaktivlarning kontsentratsiyasi va o'zgartiruvchi qo'shimchalarning mavjudligi kabi turli xil sintez sharoitlari hosil bo'lgan polimerlarning reologik xususiyatlariga sezilarli ta'sir ko'rsatishi mumkin. Ushbu tadqiqotning maqsadi

ISSN 3030-3907

stabilizator eritmalarining yopishqoqlik xususiyatlarining maksimal barqarorligi va bashorat qilinishini ta'minlaydigan optimal sintez sharoitlarini aniqlashdir. Eksperimental ma'lumotlar sintez parametrlari va polimer stabilizatorlarining yakuniy reologik xususiyatlari o'rtasidagi bog'liqlikni ochib beradi, bu ekstremal sharoitlarda ishlashga qodir samarali burg'ulash suyuqliklarini ishlab chiqish uchun muhimdir.

Kalit so'zlar: poliakrilamid, tsellyuloza, nanokompozit, sorbent, bentonit, poliakrilonitril, omillar, nano-SiO2.

Введение

Во всем мире нефтегазовая промышленность сталкивается с серьезной проблемой, связанной с разработкой трудно извлекаемых ресурсов, таких как сланцевый газ и геотермальные источники, в условиях высоких температур и давлений.Традиционные буровые растворы, как на водной, так и на нефтяной основе, часто не справляются с задачей поддержания своих свойств в экстремальных условиях. Водные растворы теряют свою эффективность при высоких температурах, а нефтяные растворы сталкиваются с проблемами биоразлагаемости и токсичности. В связи с этим, проводятся исследования по созданию термоустойчивых реагентов для улучшения характеристик буровых растворов. Они выполняют множество функций, включая удаление шлама из скважины, охлаждение и смазку бурового инструмента, создание гидростатического давления, предотвращающего выбросы пластовых флюидов, и стабилизацию стенок скважины. За последние десятилетия технология разработки буровых растворов претерпела значительные изменения, что позволило существенно улучшить качество и эффективность буровых работ.

Представлены основные сведения о буровых растворах, химических добавках и глинах, а также их функции и требования к растворам, включая ключевые свойства [12; С. 23-34]. В [13; С. 24-43] приведены инженерные расчеты для обоснования параметров операций по углублению ствола скважины.

Роль химических реагентов и материалов для буровых растворов можно разделить на следующие:

1. Бентонит, высоковязкая полианионная целлюлоза (PAC HV) и камедь тамаринда. Эти компоненты используются для сохранения проницаемости коллектора. Сочетание камеди тамаринда, PAC и бентонитовой глины обеспечивает благоприятные реологические свойства и оптимальные показатели потери жидкости при очень низких концентрациях. Это сочетание также оказывает меньшее влияние на повреждение пласта по

ISSN 3030-3907

сравнению с буровыми растворами на основе гуаровой камеди [82; С. 123-128].

2. Полиакриламид/глинистый нанокомпозит, KCl, ксантановая камедь (XG), предварительно желатинизированный крахмал, частично гидролизованный полиакриламид (PHPA). Эти компоненты применяются для ингибирования глинистых пород во время бурения и сохранения стенок скважины. Разработанные буровые растворы обладают высокой устойчивостью к солям и способствуют лучшему ингибированию сланцевых формаций с высоким потенциалом набухания. Тесты показали, что нанокомпозит может более эффективно ингибировать набухание и дисперсию сланцев [83; С. 612-621].

3. Бентонит, PAC, целлюлозные наночастицы (CNPs), включая целлюлозные нанокристаллы (CNCs) и целлюлозные нановолокна (CNFs). Целлюлозные наночастицы используются для улучшения качества буровых растворов. Низкосолидные жидкости успешно приготовлены с использованием CNPs для замена части бентонита в системе жидкости. Как CNC, так и CNF растворы проявляют псевдопластическое поведение, что обусловлено отличными характеристиками сдвига. Реологические и фильтрационные свойства CNP растворов могут быть оптимизированы путем настройки распределения размеров, концентрации и поверхностной функциональности CNPs [84; С. 1403-1411].

4. Для бурения в осадках с природными газовыми гидратами применяются компоненты, такие как морская вода, наночастицы SiO2, бентонит, Na-CMC, SMP-2, PVP K90 и KCl. Буровой раствор на основе Nano SiO_2 обладает хорошими реологическими свойствами, ингибирует гидратацию сланцев, снижает потерю жидкости и имеет оптимальное соотношение пластичности и плотности при низких температурах. Это способствует образованию ламинарного потока, поддержанию стабильного давления и устойчивости стенок скважины [66; С. 934-941].

Материалы и методы

В данной главе будет рассмотрен процесс синтеза многослойных сшитых полимеров (СП) на основе акриламида, акриловой кислоты, а также их структурные и функциональные характеристики. Основное внимание уделено методам синтеза, влиянию различных параметров на процесс сшивки, и оценке полученных полимеров. Важность этих исследований обусловлена их потенциальным применением в области буровых растворов, где такие полимеры могут значительно улучшить термостойкость и стабильность жидкостей при высоких температурах и давлениях.

ISSN 3030-3907

Для синтеза полимерных реагентов использовали акриламид с чистотой 99%, который широко применяется как основной мономер для стабилизаторов. Также в реакцию были включены акриловая кислота и акрилонитрил, оба с чистотой 99%. В качестве вспомогательного реагента выбран N-гидроксиэтилакриламид, производное акриламида, с чистотой 97%. Эти мономеры были выбраны из-за своей доступности и простоты синтеза по сравнению с другими реагентами, что обеспечивает быстрое и эффективное образование полимерных цепей, делая их предпочтительными для создания функциональных полимеров. Кроме того, их химические свойства позволяют легко вводить необходимые функциональные группы. В качестве таких групп особенно актуальны те, которые бы способствовали повышению или поддерживанию необходимых реологических и фильтрационных характеристик при температурной агрессии. Использование этих мономеров также связано с их способностью образовывать стабильные полимерные структуры при относительно простых условиях реакции, что делает процесс более экономичным и технологически удобным. В качестве инициатора был использован персульфат аммония (99%). Все реагенты были получены у Sigmaaldrich. Дополнительно гидроксид натрия был промышленного класса и приобретены у ООО СП «Кунградский содовый завод». Все реагенты использовались без дополнительной очистки, а для экспериментов использовалась деионизированная вода.

Значения вязкости растворов образцов полимеров определялась с использованием вискозиметра Оствальда (время истечения воды 58 сек, диаметр капилляра-0,56 мм) при температуре 25ºС в зависимости от концентрации [105]. Для этого готовились соответствующие растворы с различной концентрацией (0,50-0,01 г/100 мл) разбавлением водой или 0,1 Н раствором KCl.

Полиакриламид (ПАА) обычно имеет молекулярную массу в диапазоне от 1 до 15 миллионов г/моль. Полиакрилонитрил (ПАН) может достигать молекулярной массы до 100 кДа, что эквивалентно 1 млн г/моль. Как правило, молекулярные массы полиакриловой кислоты (ПАК) варьируются от 100,000 до 250,000 г/моль. Из этих данных следует, что полиакриламид обычно имеет наибольшие значения молекулярной массы по сравнению с полиакрилонитрилом и полиакриловой кислотой. Поэтому во всех случаях синтеза количество акриламида (АА) значительно превышало остальные компоненты. Общее количество растворенных веществ в растворе не превышало 30 г на 330 г раствора (включая 1 г октадецилтриметиламмоний

ISSN 3030-3907

бромида (ОДТМАБ), 1 г нано-SiO_2 и 28 г мономеров). Масса инициатора составляла 0,1-0,2% от массы мономеров.

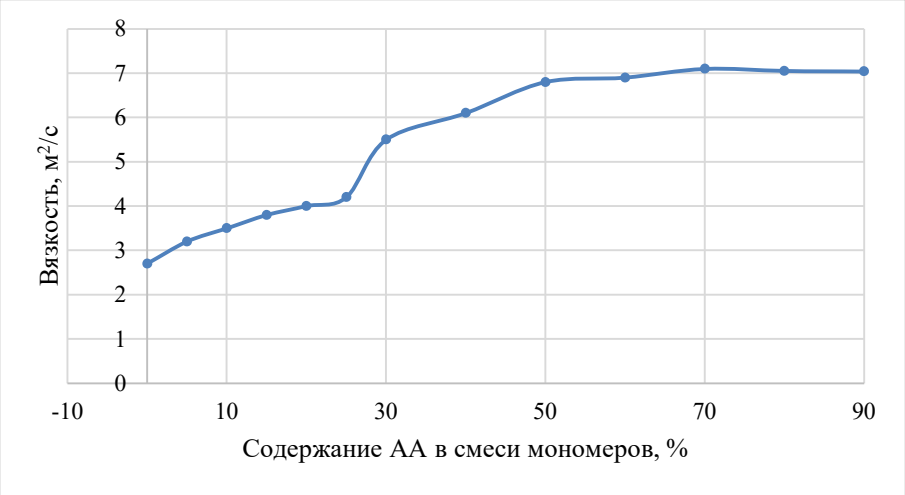


Рис. 1. Изменение кинематической вязкости 0,5% раствора синтезированного полимера в зависимости от содержания АА в смеси мономеров (АН:АК:ГЭАА=10:10:1). (70ºС, продолжительность 5 ч, расход инициатора 0,1%).

На рис. 1. представлена зависимость кинематической вязкости 0,5% раствора синтезированного полимера от содержания акриламида (АА) в смеси мономеров при фиксированном соотношении акрилонитрила (АН), акриламид (АК) и гидроксиэтил акриламид (ГЭАА) 10:10:1.

При отсутствии АА в смеси мономеров, кинематическая вязкость составляет 2.7 м²/с. По мере увеличения содержания АА до 50%, вязкость значительно возрастает. Наиболее заметное увеличение наблюдается при содержании АА от 25 до 50%. При содержании АА в диапазоне от 50 до 70% вязкость стабилизируется, достигая максимального значения 7.1 м²/с. При дальнейшем увеличении содержания АА до 90%, вязкость немного снижается до 7.04 м²/с, однако остается близкой к максимальным значениям.

Таким образом, полиакриламид, имея наибольшую молекулярную массу, обеспечивает высокую вязкость системы. Добавление акриловой кислоты в определенных количествах способствует улучшению структурообразования за счет электростатических взаимодействий карбоксильных групп. Однако при высокой концентрации акриламида наблюдается снижение межмолекулярных сил, что приводит к незначительному снижению вязкости раствора.

Было исследовано влияние расхода инициатора на вязкостные характеристики растворов синтезированных стабилизаторов, результаты которых приводятся на рис. 2. (70ºС, продолжительность 5 ч).

ISSN 3030-3907

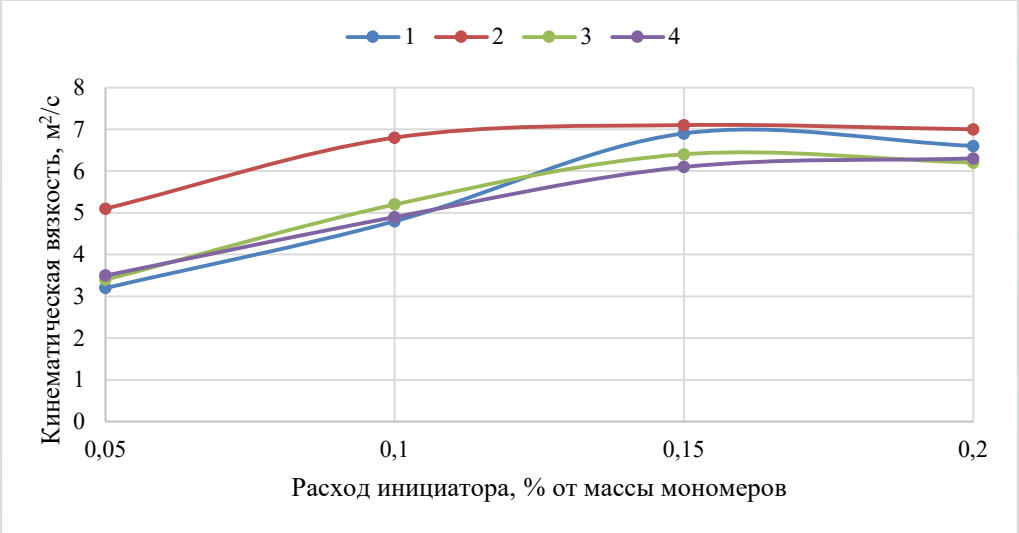


Рис. 2. Изменение вязкости растворов при изменение расхода персульфата аммония при соотношении АА:АН:АК:ГЭАА: 1) 50:10:10:1; 2) 60:10:10:1; 3) 50:20:10:1; 4) 50:10:5:1.

На рис. 2. представлена зависимость вязкости 0,05% растворов стабилизаторов от расхода инициатора при различных соотношениях мономеров. Анализ графика показывает закономерности влияния увеличения концентрации инициатора. Вязкость растворов стабилизаторов увеличивается с увеличением расхода инициатора до определенного предела (0,15% от массы мономеров). Это связано с увеличением количества активных центров полимеризatsii при разложении молекул инициатора, что повышает скорость реакции полимеризации и молекулярную массу полимеров. Однако при дальнейшем увеличении концентрации инициатора (до 0,2%) вязкость начинает снижаться. Это связано с повышением числа свободных радикалов, что приводит к рекомбинации и обрыву растущих цепей, снижая молекулярную массу полимеров.

Экспериментальная част

Состав исходных реагентов и продуктов их полимераналогичных превращений устанавливался определением кислотного числа, содержания азота, а также снятием их ИК и ЯМР спектров. ИК-спектры синтезированных материалов снимались на спектрометре Avatar 360 FT-IR Nicolet iS50 Thermo Fisher Scientific с Фурье преобразованием в области частот 400-4000 $см^{-1}$. Для этого высушенные образцы полимеров измельчались и использовались для приготовления таблеток с KBr.

Термогравиметрический и дифференциально-термический анализ проводился на дериватографе марки Q-1500 D в интервале 20-1000°C в атмосфере воздуха со скоростью нагрева 5°/мин.

ISSN 3030-3907

Для дальнейших исследований были выбраны полимеры, показавшие наибольшие вязкостные характеристики их растворов. Это полимер с соотношением АА:АН:АК:ГЭАА, равным 60:10:10:1, и тот же полимер с добавлением нано-SiO_2. Для сравнения был также взят полимер без возможного сшивания в составе макромолекулы (линейный полимер) на основе смеси АА:АН:АК=60:10:10. Условные обозначения для этих полимеров следующие: АНКГ для полимера с соотношением АА:АН:АК:ГЭАА=60:10:10:1, АНКГК для этого же полимера с добавлением нано-SiO_2 и АНК для линейного полимера без N-гидроксиэтилакриламида.

Молекулярные структуры трех полимеров были охарактеризованы с использованием ИК-Фурье спектроскопии, и результаты представлены на рис. 3

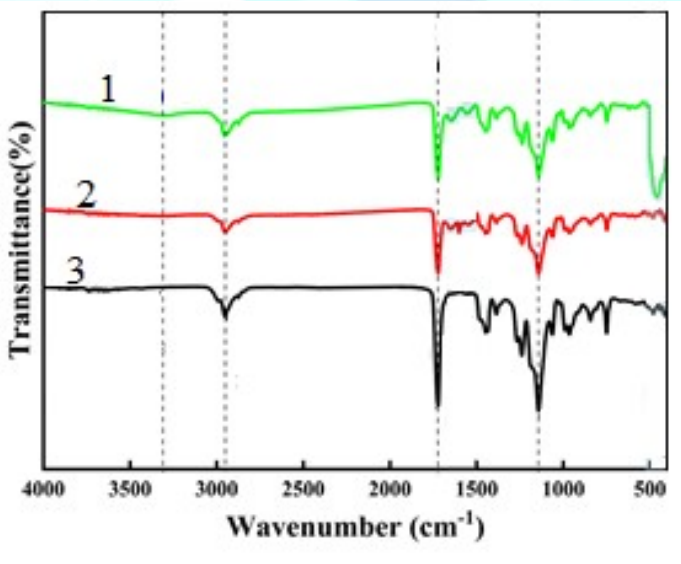


Рис. 3. ИК-спектры образцов: 1) АНКГК; 2) АНКГ; 3) АНК.

Без агента ГЭАА, частично участвующих при сшивке макромолекул, АНК (черная кривая) имеет пик при 2950,6 $см^{-1}$ соответствует растягивающим колебаниям С-Н в метильных и метиленовых группах. Пики при 1722,2 $см^{-1}$ и 1143,1 $см^{-1}$ характерны для С=О и С-О-С групп сложных эфиров, что подтверждает, что АНК являются полиакрилатными полимерами.

ИК-спектры АНКГ (красная кривая) характеризуются пиками при 3304,9 $см^{-1}$ и 2952,1 $см^{-1}$ свидетельствуют о присутствии гидроксильных (О-Н) и амидных (N-H) групп. Пики поглощения стандартного амидного I диапазона (С=О) при 1641,3 $см^{-1}$ и амидного II диапазона (С-N, N-H) при 1553,8 $см^{-1}$ подтверждают перекрестную связь ГЭАА с АНК.

ИК-спектры АНКГК (зеленая кривая) характеризуются следующими интенсивными пиками. Пик при 3305,8 $см^{-1}$ соответствует растягивающим колебаниям С-Н в метильных и метиленовых группах. Пики при 1640,6 $см^{-1}$

ISSN 3030-3907

и 1549,8 $см^{-1}$ соответствуют поглощению C=O и C-N, N-H в амидных группах, что подтверждает наличие амидных связей. Пик при 451,0 $см^{-1}$ указывает на присутствие Si-O, что свидетельствует об успешной прививке нано-SiO_2 к полимеру.

Эти данные подтверждают успешное синтезирование и структуру трех различных сшитых полимеров, где АНКГ и АНКГК имеют дополнительные точки сшивания благодаря амидным и гидроксильным группам, а также прививке нано-SiO_2, что должно обеспечить улучшенные физико-химические свойства стабилизаторов.

Выводы

Синтез сшитых полимеров был выполнен методом эмульсионной полимеризации. Были установлены оптимальные условия синтеза, включая соотношение мономеров, расход инициатора и содержание нано-SiO_2.

Анализ показал, что увеличение содержания акриловой кислоты (АК) в смеси мономеров способствует повышению вязкости растворов за счет электростатического взаимодействия карбоксильных групп. Однако при концентрациях АК выше 70-80% наблюдается снижение вязкости, что связано с уменьшением межмолекулярных сил и снижением доли структурообразования между макромолекулами.

Установлено, что введение нано-SiO_2 в состав полимера значительно улучшает его физико-химические характеристики, включая термическую стабильность и вязкость. Таким образом, полимер АНКГК, обладая комплексными сшивающими связями, демонстрирует наилучшие результаты среди исследованных образцов и представляет значительный интерес для применения в качестве стабилизатора буровых растворов при высоких температурах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Shettigar, R.R., Misra, N.M., Patel, K. CTAB grafted PAM gel and its application in drilling fluid.J. Pet. Ence Eng.2018, S0920410517308197.
2. Morenov, V., Leusheva, E., Martel, A. Investigation of the fractional composition effect of the carbonate weighting agents on the rheology of clayless drilling mud. Int.J. Eng. 2018, 31, 1152-1158.
3. Grigoriev, B.S., Eliseev, A.A., Pogarskaya, T.A., Toropov, E.E. Mathematical modeling of rock crushing and multiphase flow of drilling fluid in well dilling.J. Min. Inst. 2019, 235, 16-23.
4. Dardir, M.M. Ibrahime, S., Soliman, M., Desouky, S.D., Hafiz, A.A. Preparation and evaluation of esteramides as drilling fluidsand evaluation of some esteramides as synthetic based drilling fluids. Egypt.J. Petrol. 2014, 23, 34-43.

ISSN 3030-3907

5. L. B. Yakimova, D. V. Kyivitskaya, Journal of the Belarusian State University. Chemistry 1, 76-82 (2018)
6. Dongzhong Chen, Charles Q. Yang, Xiaoqun Qiu, Aqueous Polymerization of Maleic Acid and Cross-Linking of Cotton Cellulose by Poly (maleic acid) Ind. Eng. Chem. Res.44, 7921-7927 (2005)
7. R. M. Usmanov, I. D. Eshmetov, R. J. Eshmetov, A. I. Sharipova, S. Kuldasheva, Journal of Critical Reviews 7(12), 128-135 (2020)
8. S. Kuldasheva, B. Jumabaev, A. Agzamkhodjayev, L. Aymirzaeva, K. Shomurodov, Journal of Chemical Technology and Metallurgythis link is disabled 50(3), 314-320 (2015)

ISSN 3030-3907