



УДК 622.24.063

ПРОФИЛАКТИКА ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ БУРЕНИИ В НЕУСТОЙЧИВЫХ ГОРНЫХ ПОРОДАХ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУЛЬФИРОВАННОГО БИТУМА В СОСТАВЕ БУРОВОГО РАСТВОРА

PREVENTION OF COMPLICATIONS DURING DRILLING OF UNSTABLE ROCKS BY USING SULFONATED BITUMEN AS PART OF THE DRILLING FLUID

Мамаева Оксана Георгиевна

кандидат технических наук,
доцент кафедры бурения нефтяных и газовых скважин,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
oxana.mamaeva2013@mail.ru

Халиков Артур Русланович

магистрант,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет,
turkin98@mail.ru

Аннотация. Рассмотрен процесс колюматации растворов при добавлении реагента сульфированного битума при различных концентрациях, проведен сравнительный анализ ингибирующей способности исследуемого образца с другими марками асфальтенов, часто применяемых при бурении. Была изучена фильтрация и пропитывающая способность раствора с реагентом, а также представлена графическая зависимость ее проницаемости сквозь песчаную породу с истечением времени.

Ключевые слова: колюматация, нестабильность ствола, буровой раствор, сульфированный битум, осыпание горных пород, пептизация глин, ингибирование глин.

Mamaeva Oksana Georgievna

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of oil and gas wells
drilling department,
Ufa State Petroleum Technological University
oxana.mamaeva2013@mail.ru

Khalikov Artur Ruslanovich

MSc student,
Ufa State Petroleum Technological University
turkin98@mail.ru

Annotation. The process of colmatation of solutions with the addition of a sulfonated bitumen reagent at various concentrations is considered, a comparative analysis of the inhibitory ability of the test sample with other brands of asphaltenes often used in drilling is carried out. The filtration and impregnating ability of the solution with the reagent were explored, and the graphical dependence of its permeability through the sand rock after a while was presented.

Keywords: colmatation, wellbore instability, drilling fluid, sulfonated bitumen, rock shedding, inhibiting swelling of clay, clay dispersion.

В процессе бурения скважин возникает большое количество непредвиденных осложнений и аварийных ситуаций. Одними из самых встречающихся проблем являются нарушение устойчивости стенок скважины в результате механического воздействия, а также взаимодействия горной породы с буровой промывочной жидкостью. К числу таких осложнений относят: обваливание крупных и осыпание мелких частей породы, образование каверн и трещин от малых до больших размеров, набухание и выпучивание глин.

Составление правильной рецептуры бурового раствора является неотъемлемой частью для инженеров при прохождении неустойчивых горных пород. Простого решения проблем нет, но правильный режим бурения в сочетании с определенными свойствами бурового раствора являются оптимальным методом. При бурении в зонах низкопроницаемых пород, фильтрат применяемой жидкости проходит в поры породы, тем самым увеличивая поровое давление и как следствие происходит обрушение стенок. Поэтому известно, что в составе буровых растворов применяют колюматационные реагенты, которые создают тонкую и прочную фильтрационную корку, блокирующую проникновение фильтрата бурового раствора и дальнейшего распространения трещин и деформаций в горной породе [1, 2].

Многие компании широко применяют в составе растворов сульфированные битумы или асфальтены, которые выступают в роли колюматантов. За счет ингибирующей способности водорастворимой части реагента и закупоривания пор нерастворимой частью [3], битумы не допускают рост порового давления и неплохо показывают себя с точки зрения стабилизаторов стенок скважин. Данное изобилие свойств позволяет своевременно останавливать развитие трещин и образование каверн во вскрываемых пластах.

В качестве объекта исследования был выбран колюматирующий реагент асфальтен от производителя ООО «Клото» «BaraFLC W-490», который используется в растворах на водной основе для стабилизации глинистых сланцев, ингибирования измельченной породы, а также для понижения показателя фильтрации.



В ходе работы проводились следующие исследования:

- кольматация проницаемой породы (кварц, песок) на установке при разных концентрациях асфальтена: 4 г/л, 6 г/л, 16 г/л;
- исследование ингибирующей способности реагента на приборе Жигача-Ярова в сравнении с водой;
- фильтрация раствора при возникновении перепада давления и пропитка фильтрата при отсутствии перепада давления;
- построена графическая зависимость проницаемости горной породы с использованием кольматанта от времени.

К основным положительным качествам сульфированных битумов (асфальтов) относят:

- формирование на стенках прочной фильтрационной корки, которая блокирует деформации и микротрещины;
- эффективное снижение показателя фильтрации;
- снижение степени гидратации и набухания глин за счет ингибирования гуматами, гликолями, находящимися в фильтрате раствора;
- увеличение рабочего ресурса бурового инструмента (снижение коэффициента трения);
- термическая стабильность при высоких температурах;
- возможность использования в любом типе водной и углеводородной базовой основы.

Цель работы: оценить эффективность применения сульфированных битумов в составе буровых растворов.

Так как сульфированный битум в первую очередь является кольматантом, было решено изучить кольматацию песчаной горной породы. Установка, на которой изучался данный процесс, представлена на рисунке 1. Принцип работы данной установки основан на законе Дарси-фильтрации жидкости с исследуемым сульфированным битумом через проницаемую породу под действием перепада давления.

Установка состоит из стеклянного сосуда с градуированной шкалой, сетки и двух пробок (первая пробка для сдерживания породы с раствором, вторая пробка для создания перепада давления в системе), а также предусматривается использование фильтровальной бумаги перед сеткой для того, чтобы порода не подвергалась осыпанию сквозь отверстия в сетке.

Описание процесса исследования: в ходе выполнения экспериментальной работы, в градуированный шкалой стеклянный сосуд насыпалась горная порода до такой глубины, чтобы создать давление исследуемой промывочной жидкостью в $P = 0,1$ атм.

После заливания в сосуд исследуемой жидкости засекалось время, в течение которого фиксировалось три параметра:

- время, затрачиваемое на процесс возникновения полной кольматации (время, когда раствор переставал уходить сквозь породу);
- глубина капиллярной пропитки до возникновения перепада давления;
- фильтрация раствора при возникновении перепада давления, фиксируя показания, основываясь на градуировочную шкалу.

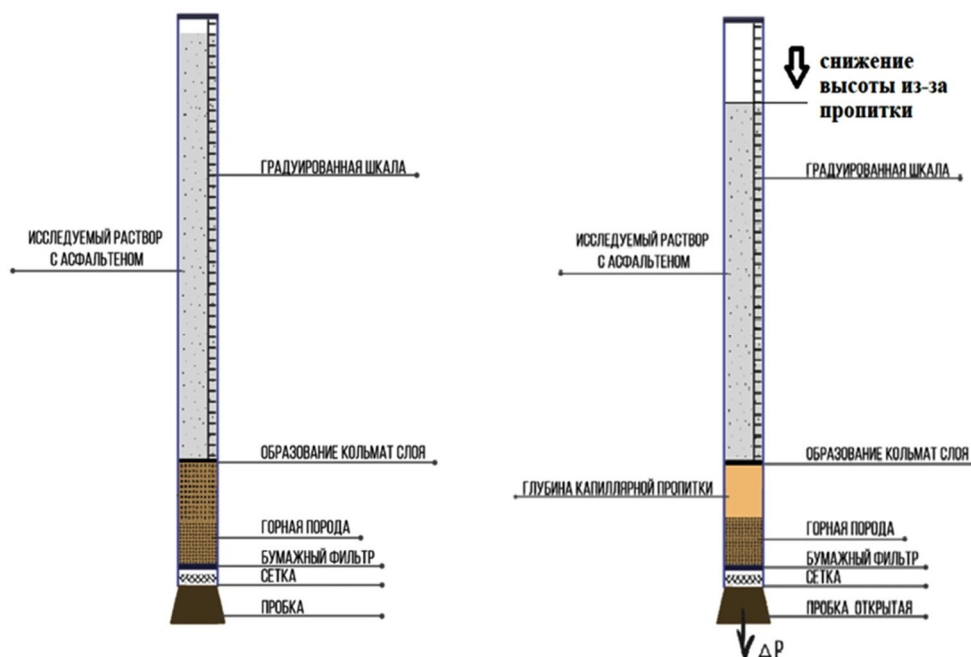


Рисунок 1 – Принципиальная схема установки для изучения процесса кольматации



В таблице 1 представлены зафиксированные параметры – глубина пропитки фильтрата раствора в породе до возникновения перепада давления, фильтрация бурового раствора при возникновении перепада давления при разных концентрациях реагента, а также время возникновения полной кольматации.

В результате проделанной работы было установлено, что полная кольматация реагентом «VaraFLC W-490» происходит при всех испытуемых концентрациях, но наиболее быстро происходит при максимальной концентрации реагента (17 г/л) – уже через 4 минуты (табл. 1).

Таблица 1 – Результаты экспериментального изучения процесса кольматации

Концентрация сульфированного битума, г/л	4	6	17
Пропитка при отсутствии перепада P, см	11,5	9,5	6,5
Фильтрация раствора при перепаде P, см	21,5	15,2	5,9
Время, за которое происходит кольматация, мин	15	10	4

Результат пропитки и увлажнения горной породы фильтратом изучаемого раствора представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Результат пропитки горной породы исследуемым раствором

Таким образом, необходимо некоторое время до полного закупоривания горной породы. Этого времени достаточно для того, чтобы фильтрат раствора успел проникнуть в поры горной породы и взаимодействовать с ней. Поэтому было решено рассмотреть, как фильтрат раствора с битумом будет влиять на глинистую породу с точки зрения ингибирования. Процесс рассматривался на приборе Жигача-Ярова. Результаты оценки набухания глинистой составляющей под воздействием раствора с асфальтеном сравнивались с реагентами различных марок, а также с водой [4].

Сравниваемые реагенты различных марок представлены в таблице 2. Реагенты выбирались из числа наиболее распространенных в применении различными компаниями и сервисами. Некоторые марки производят сульфированные битумы на территории России (ООО «Химпром», АО «Химпартнеры»), а другая часть производится в Китае (ООО «Единая торговая система» и ООО «Архим»).

График оценки ингибирующей способности кольматантов представлен на рисунке 3.

Таблица 2– Образцы сульфированных битумов (асфальтов), подвергшихся испытанию

Номер образца	Образец	Производитель
1	Сульфированный битум АМ	ООО «Архим»
2	Сульфированный Na асфальт FT-1А	ООО «Единая торговая система»
3	Сульфированный натриевый битум	ООО «Единая торговая система»
4	Сульфированный Na асфальт FT-35	ООО «Единая торговая система»
5	Сульфированный битум	ЗАО «Химпартнеры»
6	Асфасол	ООО «Химпром»
7	Сульфированный асфальт VaraFLC W-490 (BDF-490)	ООО «Клото»

Изученные сульфированные битумы практически все на 70 % растворяются в воде, поэтому это в большей степени гидрофильный реагент, нежели гидрофобный. Поэтому было рассмотрено влияние фильтрата, в котором растворился сульфированный битум, на глинистую составляющую.

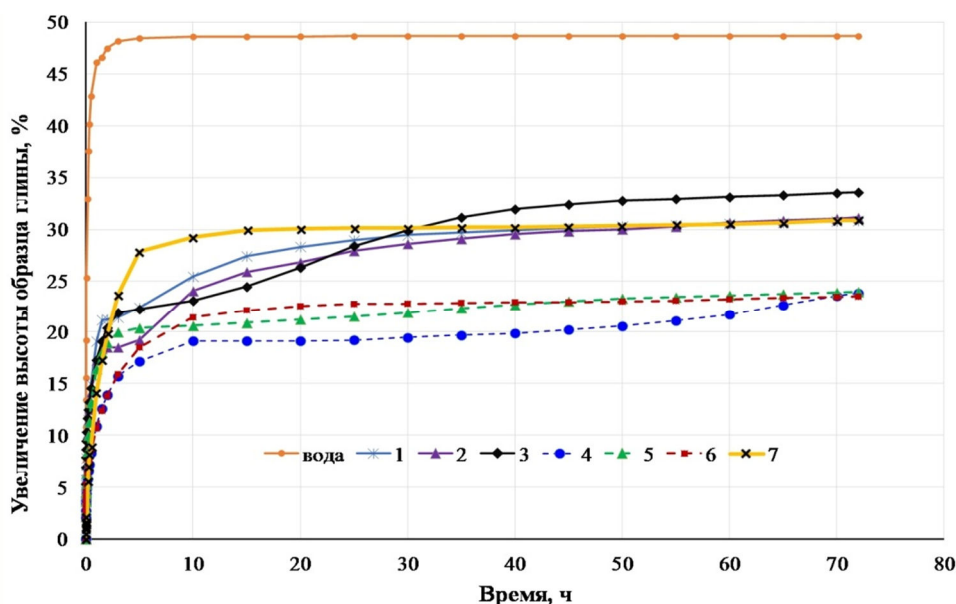


Рисунок 3 – Оценка ингибирующей способности реагентов

По данным седиментационного анализа в статье [4], образцы 1, 2 и 3 уменьшают размер частиц глины по сравнению с первоначальным размером – за счет раздвижения слоев глины, поэтому глина набухает в большей степени. В свою очередь образцы 4, 5 и 6, наоборот, увеличивают размер глинистых частиц, что может свидетельствовать о наличии коагулянтов в составе битумов – вода не способна проникнуть между слоями глины, поэтому глина набухает меньше. Опираясь на исследования в работе [4] выявлено, что существует 2 типа битумов ингибирующего и пептизирующего действия. При сравнении образца асфальтена 7 «BaraFLC W-490» с реагентами двух различных типов было выяснено, что он относится к реагентам-пептизаторам.

На основании полученных результатов было интересно рассмотреть на сколько проницаемость горной породы в одинаковых условиях зависит от концентрации изучаемого сульфированного битума от времени (рис. 4).

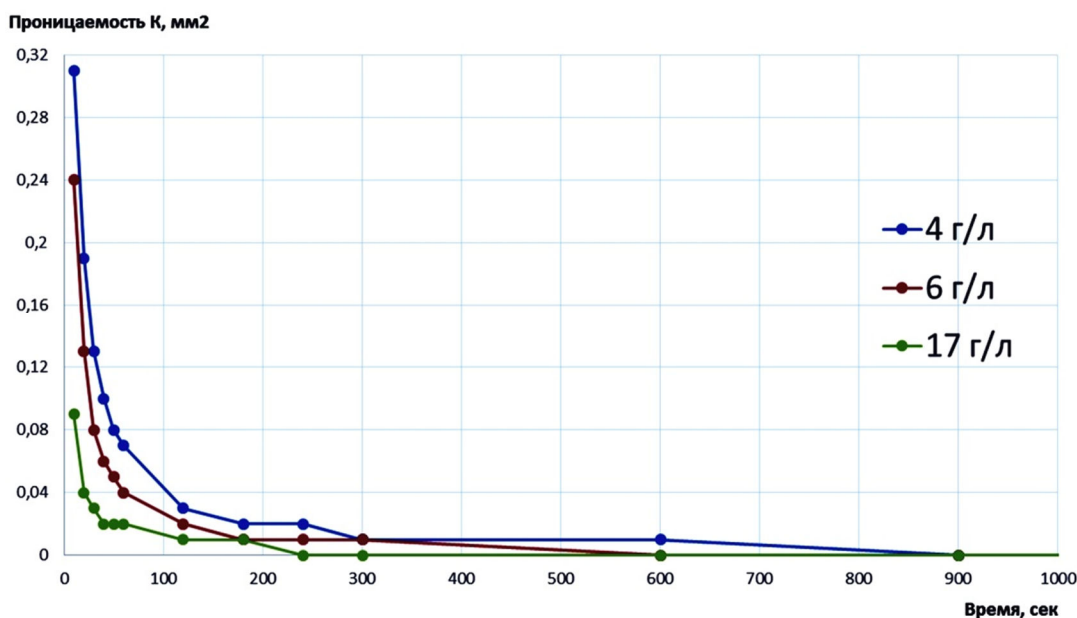


Рисунок 4 – Проницаемость асфальтена «BaraFLC W-490» при различных концентрациях

Способность проницаемой породы пропускать через себя жидкость была посчитана по формуле Дарси:

$$K_{пр} = \frac{V_{\mu}\Delta L}{F\Delta P}, \tag{1}$$



где $F = \pi \frac{d^2}{4}$ – площадь сечения фильтруемой зоны; V – скорость фильтрации, см³/с; μ – вязкость флюида, сПз; ΔL – длина фильтруемой породы, см; ΔP – перепад давления, кгс/см².

Таким образом, по полученным данным, можно сделать несколько выводов:

1. Была изучена кольматационная способность реагента на проницаемую породу, и проведенные исследования показывают, что концентрация кольматанта значительно влияет на проницаемость горной породы.
2. С увеличением концентрации битума уменьшается степень пропитки, фильтрация раствора в пласт, а также время, необходимое для кольматации пласта.
3. Был проведен сравнительный анализ ингибирующей способности реагента «BaraFLC W-490» с сульфированными битумами двух типов- пептизаторами (дефлокулянтами) и ингибиторами. И выяснено, что изучаемый образец относится к первой группе реагентов и не обладает ингибирующим действием.

Список литературы:

1. Кузьмин В.Н., Трефилова Т.В. Ингибирование буровых растворов с целью безаварийной проходки интервалов неустойчивых глинистых пород // Нефтяная провинция. – 2020. – Т. 1. – Вып. 21. – С. 73–82.
2. Guancheng Jiang, Yinbo He and others, inventors; China University of Petroleum, assignee. Drilling fluid additive composition and water-based drilling fluid suitable for horizontal shale gas wells. United States patent US 9,783,725. 2017 Oct. 10.
3. Рябцев П.Л. Компания «АКРОС»: инновационные системы буровых растворов и эффективные решения для бурения // Бурение и нефть. – 2015. – № 3. – С. 36–38.
4. Investigation of the impact of sulfonated refinery products on the properties of water-based drilling fluids / I.N. Kulyashova [et al.] // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. Инжиниринг георесурсов. – 2023. – Т. 334. – № 1. – С. 156–164.

List of references:

1. Kuzmin V.N., Trefilova T.V. Inhibition of drilling muds for trouble-free sinking intervals of unstable clayey rocks // Neftyanaya provinciya. – 2020. – V. 1. – Issue. 21. – P. 73–82.
2. Guancheng Jiang, Yinbo He and others, inventors; China University of Petroleum, assignee. Drilling fluid additive composition and water-based drilling fluid suitable for horizontal shale gas wells. United States patent US 9,783,725. 2017 Oct. 10.
3. Ryabtsev P.L. AKROS Company: innovative drilling fluid systems and efficient solutions for drilling // Drilling and Oil. – 2015. – № 3. – P. 36–38.
4. Investigation of the impact of sulfonated refinery products on the properties of water-based drilling fluids / I.N. Kulyashova [et al.] // Proceedings of the Tomsk Polytechnic University [Proceedings of TPU]. Engineering of georesources. – 2023. – V. 334. – № 1. – P. 156–164.