



УДК 622

**АСФАЛЬТЕНЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН****ASPHALTENES IN THE CONSTRUCTION OF OIL AND GAS WELLS****Мойса Юрий Николаевич**

кандидат химических наук, директор,  
ООО «Научно-производственное объединение  
«Химбурнефть»

**Иванов Дмитрий Юрьевич**

старший преподаватель кафедры нефтегазового дела,  
Кубанский государственный технологический университет

**Марусов Марк Анатольевич**

кандидат химических наук,  
зам. главного инженера – начальник службы  
буровых растворов,  
ООО «Сервис Пром Комплектация»

**Усов Сергей Васильевич**

кандидат технических наук,  
доцент кафедры нефтегазового дела,  
Кубанский государственный технологический университет

**Яремко Артем Владимирович**

директор,  
ТОО «Азия Петро Сервис»,  
Республика Казахстан

**Аннотация.** Исследованы ингибирующие и смазочные свойства широкого ассортимента зарубежных и отечественных прошкообразных и жидких асфальтенов применяемых при строительстве нефтегазовых скважин на юге России и в Республике Казахстан.

**Ключевые слова:** асфальтены, сульфированный асфальт, ингибирование глин, буровые растворы на водной (РВО) и углеводородной основе (РУО), стандартные методы оценки ингибирующих и смазочных свойств водных дисперсий асфальтенов, промысловые данные применения асфальтенов для стабилизации стенок скважин.

**Moissa Yuri Nikolaevich**

Candidate of Chemical Sciences,  
Director,  
Khimburneft Research  
and Production Association

**Ivanov Dmitriy Yurievich**

Senior Teacher of Oil and Gas Department,  
Kuban State Technological University

**Marusov Mark Anatolievich**

Candidate of Chemical Sciences,  
Deputy Chief Engineer,  
Head of Drilling Fluids Service,  
LLC Service Prom Completion

**Usov Sergey Vasilievich**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor of Oil  
and Gas Department,  
Kuban State Technological University

**Yaremko Artem Vladimirovich**

Director,  
Asia Petro Service,  
Republic of Kazakhstan

**Annotation.** Inhibiting and lubricating properties of a wide range of foreign and domestic poured and liquid asphaltenes used during construction of oil and gas wells in the south of Russia and in the Republic of Kazakhstan have been investigated.

**Keywords:** asphaltenes, sulfated asphaltene, clay inhibition, drilling muds on the water (RBO) and hydrocarbon basis (HFO), standard methods of evaluation of inhibiting and lubricating properties of water dispersions of asphaltenes, field data of asphaltenes application for well walls stabilization.

С охранение устойчивости ствола скважины является одной из основных задач успешного (безаварийного бурения) нефтяных и газовых скважин. В результате взаимодействия между буровым раствором и породами при промывки скважины происходит расширение ствола скважины, осадкообразование, образование каверн и обвалов. Уменьшить влияние этих факторов можно с помощью введения в буровой раствор минеральных и органических ингибиторов глин : электролитов, поверхностно-активных веществ (ПАВ), полимеров и различных добавок. В последнее время при строительстве нефтегазовых скважин в интервалах залегания неустойчивых горных пород в качестве ингибиторов глинистых минералов, кольматирующих и укрепляющих стенки скважин добавок широкое применение в растворах на водной (РВО) и углеводородной основе (РУО) нашли асфальтены [1, 2].

Асфальтены по внешнему виду являются твёрдыми веществами чёрного или бурого цвета плотностью около 1,1 г/см<sup>3</sup> и среднечисленной молекулярной массой 1000–5000 у.е., индекс полидисперсности 1,2–3,5. Элементный состав асфальтенов ( %): С (80–86); Н (7–9); О (2–10; S (0,5–9); N (до 2); в микроколичествах присутствуют Fe, Ca, Mg, Si, V и Ni (суммарное содержание 0,01–0,2 %) и другие металлы. В состав молекулы асфальтенов входят циклические фрагменты гетероциклических, алициклических, конденсированных углеводородов. Полиароматические фрагменты представлены сравнительно не крупными, тетрациклическими ядрами. Из алифатических фрагментов в наибольшей степени присутствуют короткие алкильные группы С<sub>1</sub>–С<sub>5</sub>, в первую очередь метильные, также могут присутствовать линейные разветвленные алканы, содержащие 10 углеродных атомов и более [3]. На рисунке 1 представлен один из вариантов гипотетической структурной формулы асфальтена.

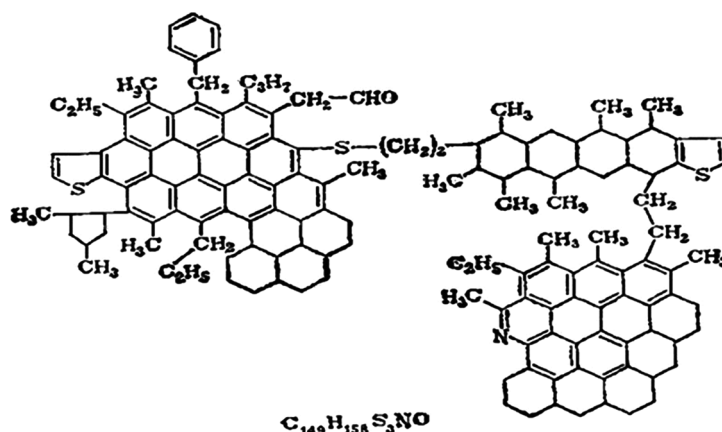


Рисунок 1 – Гипотетическая структурная формула асфальтена

Асфальтены склонны к ассоциации с образованием надмолекулярных структур, представляющих собой на основании данных рентгено-структурного анализа многослойную кристаллическую «стэкинг-структуру» ароматических пластин диаметром 0,9–1,7 нм из 4–5 слоев, отстоящих друг от друга на 0,36 нм. Размер «стэкинг-структур» по нормали к плоскости ароматических пластин составляет 1,6–2,0 нм [4].

Физико-химическое строение асфальтенов предопределяет основные области их промышленного применения. В буровой практике асфальтены как в виде природных углеводородных соединений – гильсонитов и асфальтитов, так и в виде химически модифицированных продуктов – сульфированных битумов и их композиций применяются для ингибирования глинистых минералов, кольматации и укрепления стенок скважины. С целью эффективного подавления процессов гидратации и набухания глин и глинистых сланцев сульфированный асфальт предлагается вводить в концентрации 3,0–15,0 кг/м<sup>3</sup> в качестве технологической добавки к РВО. При введении в РВО сульфированные битумы и гильсониты обеспечивают стабилизацию пластов глинистых минералов, кольматируют трещины ствола скважины, предотвращают осыпи и обвалы стенок скважин, снижают показатель фильтрации бурового раствора.

В качестве профилактических добавок ингибирующего, кольматирующего и противоприхватного действия при бурении неустойчивых интервалов ствола скважины предлагаются асфальтены в порошкообразной и жидкой товарных формах для применения в РВО и РУО. Порошкообразные асфальтены и сульфированные битумы зарубежных фирм предлагаются для обработки РВО и РУО следующих торговых марок: «SOLTEX», «SULFATROL» (США), «SULFEX» (BPN International LLC), «SULFASIL» (КИТАЙ), «ASP» (КАЗАХСТАН) и другие. Отечественные наиболее распространенные порошкообразные асфальтены выпускаются следующих марок: «АСФАЛЬТЕКС», «АСФАСОЛ», «СТАБИЛАЙТ II» и другие. В жидкой товарной форме с использованием различных органических разбавителей (растворителей) типичными импортными представителями асфальтенов являются: «BORESTAB BF 27», «REANIB», «BLACK FURY» (США), отечественные жидкие асфальтены для приготовления и обработки РВО и РУО выпускаются марок: «БЛЭКТРОЛ», «ASPHALTEX-GL», «IN-LUBE», «ЖИДКИЙ ГИЛЬСОНИТ» (РФ) и другие.

Нами проведены сравнительные исследования ингибирующих свойств по показателю По (см/час) водных 5 %-ных дисперсий асфальтенов на стандартных образцах высококоллоидальной глины по РД 39-00147001-773-2004 Приложение 8 «Методика оценки ингибирующих свойств буровых растворов» и смазочных свойств по коэффициенту трения Ктр пары «металл-металл» ГОСТ Р 56946-2016. Ингибирующая эффективность по показателю По (см/час) и смазочные свойства по ГОСТ Р 5 %-ных водных дисперсий некоторых порошкообразных асфальтенов представлена на рис. 2. Из приведенных данных следует, что ингибирующая способность порошкообразных асфальтенов различных модификаций по показателю По может отличаться в несколько раз и соответствовать величинам от 1,25 см/час до 3,42 см/час, при этом смазочные свойства 5 %-ных дисперсий асфальтенов сравнительно низкие на уровне Ктр = 0,25–0,28. Во всех случаях в 5 %-ных дисперсиях порошкообразных асфальтенов наблюдалось осадкообразование частиц асфальтена. Сравнительные испытания асфальтенов в жидкой товарной форме показали (см. рис. 3), что ингибирующая способность таких продуктов при 5 %-ной концентрации практически сохраняется и составляет по величине По от 1,66 до 3,59 см/час, однако смазочные свойства улучшаются до величин Ктр равных от 0,28 до 0,18 для различных марок в зависимости от смазочных свойств дисперсионной жидкой среды приготовления марки жидкого асфальтена, чаще всего, растворителей полигликолевого типа. При этом во всех случаях в 5 %-ных дисперсиях жидких асфальтенов также наблюдалось осадкообразование частиц асфальтена.

Сульфированный асфальтен марки «APS» (производства Республики Казахстан) индивидуально и в сочетании с органическим ингибитором глин марки «ХБН» успешно применяется при строительстве скважин в РВО на нефтегазовых месторождения Мангистауской и Атырауской областях с сложными горно-геологическими условиями бурения для кольматации и стабилизации стенок скважины, обеспечивая качественное заканчивание и цементирование.

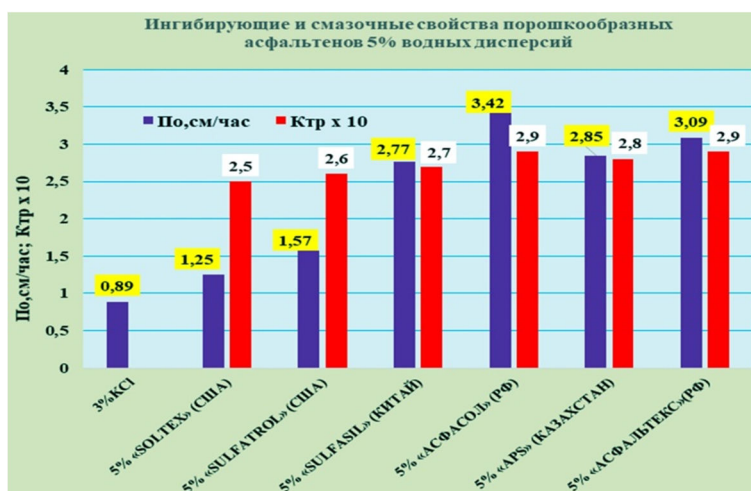


Рисунок 2 – Ингибирующие и смазочные свойства 5 % водных дисперсий порошкообразных асфальтенов

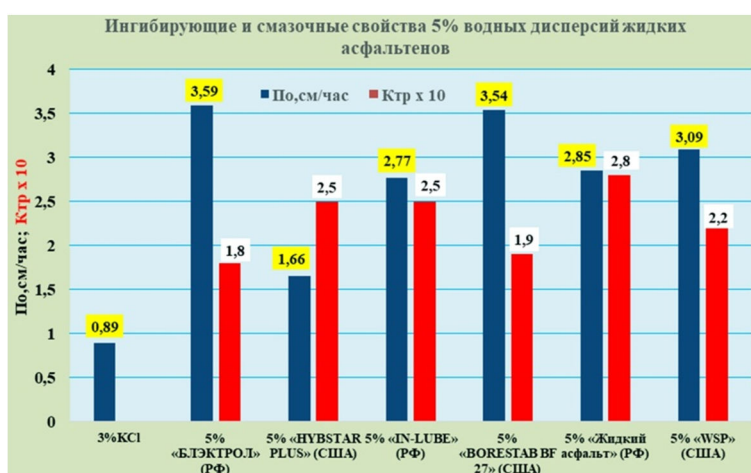


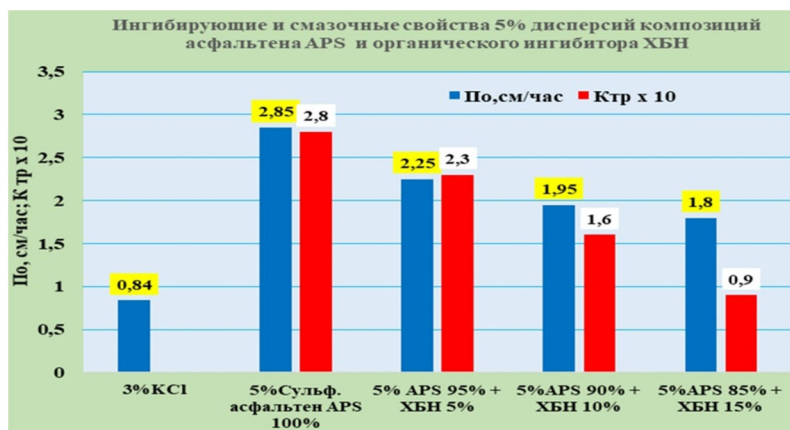
Рисунок 3 – Ингибирующие и смазочные свойства 5 % водных дисперсий жидких асфальтенов

Сравнительными испытаниями порошкообразного сульфированного асфальтена марки «APS» в сочетании с 5–15 % жидкого органического ингибитора глин марки «ХБН» показали комплексное улучшение ингибирующих и смазочных свойств на примере 5 %-ных водных суспензий и позволяют рекомендовать комплексное применение порошкообразного сульфированного асфальтена марки «APS» и органического ингибитора марки «ХБН» к применению в рецептурах ингибирующих буровых растворов. Результаты тестирования указанных композиций приведены на рисунке 4.

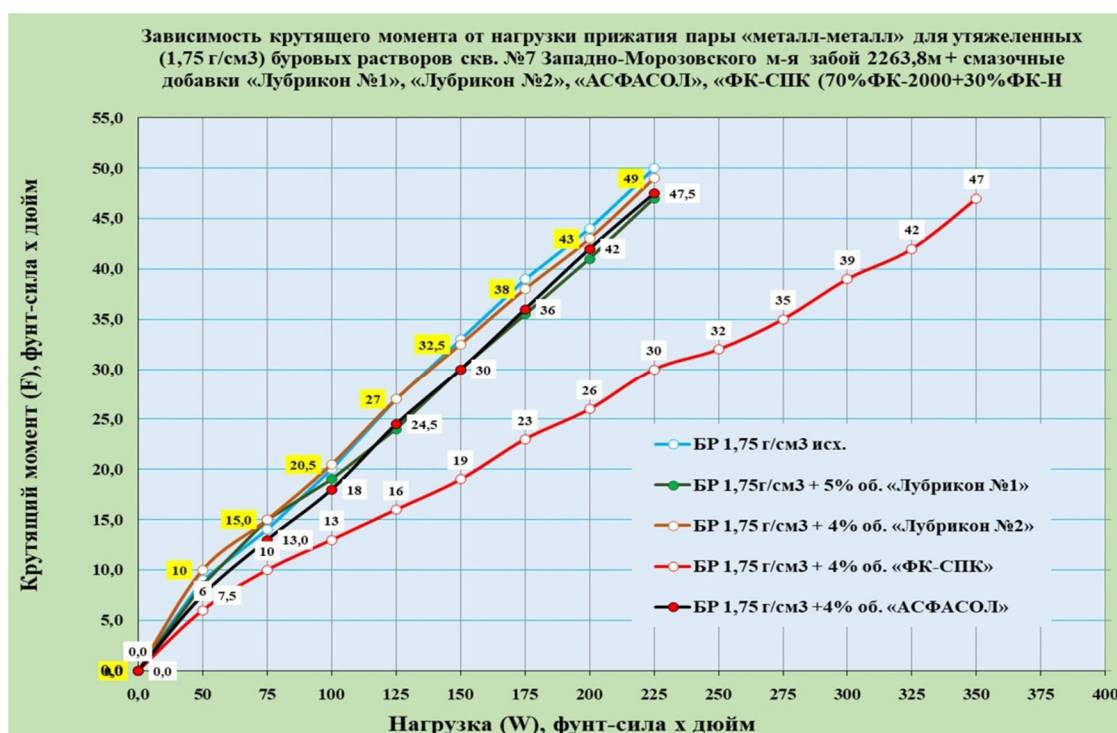
Порошкообразный сульфированный асфальтен марки «APS» успешно применен в последние годы в ингибирующих рецептурах РВО на следующих месторождениях Республики Казахстан:

- Месторождение Бектурлы Восточный, вертикальная поисково-разведочная скважина БВ-3, проектной глубиной 3163м. Результат – стабильность ствола скважины, АКЦ > 90 %.
- Месторождение Каражанбас, вертикальные и наклонно-направленные скважины глубиной 260–390 м. Результат – стабильность ствола скважины, АКЦ > 90 %.
- Месторождение Узень, вертикальные, наклонно- направленные скважины глубиной 1200–1900 м. Результат – стабильность ствола скважины, АКЦ > 90 %. Успешно применяется по сегодняшний день.
- Месторождение Кемерколь, Атырауская область. Глубина 1200 м. Результат – стабильность ствола скважины, АКЦ > 90 %.
- Месторождение Тюбеджик, Мангистауская область. Глубина 1400 м. Результат – стабильность ствола скважины, АКЦ > 90 %.

Исследование смазочных свойств реальных утяжеленных полимер-глинистых буровых растворов плотностью 1,75 г/см<sup>3</sup>, содержащих 4,0 % об. порошкообразного сульфированного асфальта марки «АСФАСОЛ» показывает незначительное влияние порошкообразного асфальтена на смазочные свойства РВО в примененной концентрации добавки: исходный утяжеленный буровой раствор имеет Ктр = 0,325, а утяжеленный буровой раствор, содержащий 4,0 % об. «АСФАСОЛА» имел Ктр = 0,30. Смазочные свойства измеренные по ГОСТ Р 56946-2016 утяжеленных (1,75 г/см<sup>3</sup>) полимер-глинистых буровых растворов скв. № 7 Западно-Морозовского месторождения, содержащих 4,0 – об. сульфированного асфальта «АСФАСОЛ», 5,0 % об. смазочной добавки «Лубрикон № 1», 4,0 % об. «Лубрикон № 2» и 4,0 % об. композиции смазочных добавок «ФК-СПК» приведены на рисунке 5.



**Рисунок 4** – Ингибирующие и смазочные свойства 5 %-ных водных дисперсий порошкообразного сульфированного асфальтена марки «APS» в сочетании с 5–15 % добавками органического ингибитора глины марки «ХБН»



**Рисунок 5** – Смазочные свойства утяжеленных (1,75 г/см³) полимер-глинистых буровых растворов скв. № 7 Западно-Морозовского месторождения, содержащих 4,0 – об. сульфированного асфальта «АСФАСОЛ», 5,0 % об. смазочной добавки «Лубрикон № 1», 4,0 % об. «Лубрикон № 2» и 4,0 % об. композиции смазочных добавок «ФК-СПК»

Установлено, что в утяжеленных РВО при введении асфальтенов и смазочных добавок в указанных концентрациях добавок 4,0–5,0 % об. не наблюдается эффективное снижение крутящего момента пары «металл-металл» в сравнении с крутящим моментом исходного полимер-глинистого бурового раствора при нагрузках прижатия пары до 225 фунт-силы x дюйм (25,42 Нм) за исключением композиции смазочных добавок «ФК-СПК», которая обеспечивает снижение Ктр от величины 0,325 до 0,19 при стандартной нагрузке 150 фунт-силы x дюйм (16,95 Нм) по ГОСТ Р и повышения предельной величины нагрузки прижатия до 350 фунт-силы x дюйм (39,55 Нм).

В практике производства работ на юге России буровой компанией ООО «Сервис Пром Комплектация» по строительству нефтяных и газовых скважин, а также их реконструкции, методом забуривания боковых стволов (ЗБС) в рецептурах ингибированных утяжеленных баритом (1,82 г/см³ – 2,05 г/см³) буровых растворов успешно применяется отечественный порошкообразный сульфированный асфальт в сочетании с композицией жидких смазочных добавок «ФК-СПК». Сульфированный асфальт является неотъемлемой частью ингибирующего комплекса химреагентов: «ФК-СПК» – «метилсиликат (ГЮЖ-11, АМСР)» – «сульфированный асфальт», каждый компонент которого выполняет ингибирование по различному механизму.



Наибольшая технологическая эффективность в утяжеленных РВО на практике получена при фиксированном значении концентрации сульфированного асфальта  $12,6 \text{ кг/м}^3$  при неизменных концентрационных профилях других ингибиторов в выше описанной системе. Сульфированный асфальт в указанной концентрации вводится непосредственно в РВО при заготовке на заключительном этапе его приготовления при pH не менее 9,5. В дальнейшем эта концентрация сульфированного асфальта поддерживается при обработке РВО в условиях циркуляции на весь период производства работ.

Обычно обработка РВО осуществляется сульфированным асфальтом вводом через гидороторонку расчетного количества материала на объем углубления скважины при pH не менее 9,7. Наиболее часто встречаемым отклонением от параметров РВО выступает снижение водородного показателя (pH) при бурении, поэтому, жидкостная обработка в этом случае более предпочтительна и выполняется предгидратированным сульфированным асфальтом 20–40 % концентрации в 25 %-ном водном растворе каустической соды.

Таким образом, обеспечивается и поддержка pH и эффективная обработка асфальтовым ингибитором РВО. При жидкостной обработке достигается еще один положительный эффект, связанный с дополнительным растворением асфальтового остатка в самом материале, повышая содержание коллоидного компонента в миксе и стабилизацию показателя фильтрации (водоотдачи) РВО на очень низком уровне  $2 \text{ см}^3$  по API для утяжеленных растворов плотностью  $1,82\text{--}2,05 \text{ г/см}^3$  Абино-Украинского и Чумаковского месторождений Кубани.

### Выводы

1. Приведены сравнительные данные по ингибирующим и смазочным свойствам 5 %-ных водных дисперсий порошкообразных и жидких зарубежных и отечественных асфальтенов и их композиций для приготовления РВО при строительстве и ремонте нефтегазовых скважин.
2. В качестве сравнительного показателя ингибирующих свойств водных растворов ингибиторов и буровых растворов использован показатель По (см/час) по РД 39-00147001-773-2004 и показателя смазочных свойств использована величина коэффициента трения (Ктр) пары «металл-металл» по ГОСТ Р 56946-2016 (ИСО 13500:2008).
3. Приведены результаты промышленного применения асфальтенов в различных рецептурах ингибирующих РВО на нефтегазовых месторождениях Республики Казахстан и юга России.

### Список литературы:

1. Кошелев В.Н. Промывка нефтяных и газовых скважин. – М. : Недра, 2019. – С. 217–223.
2. Басарыгин Ю.М., Будников В.Ф., Булатов А.И. Теория и практика предупреждения осложнений и ремонта скважин при из строительстве и эксплуатации : Справ. пособие. В 6-ти т. – Т. 1. – М. : Недра, 2000. – С. 168–209.
3. Сафиева Р.З. Физикохимия нефти. – М. : Химия, 1998. – 448 с.
4. Унгер Ф.Г., Андреева Л.Н. Фундаментальные аспекты химии нефти. Природа смол и асфальтенов / Институт химии нефти Сибирского отделения РАН. – Новосибирск : Наука. Сиб. издат. фирма РАН, 1995.
5. Методика оценки ингибирующих свойств буровых растворов. РД 39-2-813 // В сб. Методика контроля параметров буровых растворов РД 39-00147001-773-2004. – Краснодар : О АО «НПО «Бурение», 2004.
6. Применение ингибирующих химических реагентов для бурения глинистых отложений Астраханского ГКМ / Е.В. Егорова [и др.] // Вестник Ассоциации буровых подрядчиков. – 2009. – № 4. – С. 45–48.
7. ГОСТ Р 56946-2016. Нефтяная и газовая промышленность. Материалы буровых растворов. Технические условия и испытания (ИСО 13500:2008).

### List of references:

1. Koshelev V.N. Flushing of oil and gas wells. – M. : Nedra, 2019. – P. 217–223.
2. Basarygin Y.M., Budnikov V.F., Bulatov A.I. Theory and practice of prevention of well complications and repair during construction and operation: Reference Manual. In 6 v. – T. 1. – M. : Nedra, 2000. – P. 168–209.
3. Safieva R.Z. Physico-chemistry of oil. – M. : Chemistry, 1998. – 448 с.
4. Unger F.G., Andreeva L.N. Fundamental aspects of oil chemistry. The nature of resins and asphaltenes / Institute of Petroleum Chemistry of the Siberian Branch of RAS. – Novosibirsk : Nauka. Siberian Publishing Company RAS, 1995.
5. Method of evaluation of inhibiting properties of drilling fluids. RD 39–2–813 // In the Collection: Methods of Control of Drilling Mud Parameters RD 39-00147001-773-2004. – Krasnodar : «NPO Burenie» JSC, 2004.
6. Application of inhibiting chemical reagents for drilling clay deposits of Astrakhan GCF / E.V. Egorova [and others] // Bulletin of Drilling Contractors Association. – 2009. – № 4. – P. 45–48.
7. GOST P 56946–2016. Oil and Gas Industry. Drilling mud materials. Specifications and tests (ISO 13500:2008).