

УДК 66 (042.2)

ТЕРМОСТОЙКИЕ ХИМИЧЕСКИЕ РЕАГЕНТЫ ДЛЯ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ



Ю.Н. МОЙСА¹,
директор
ООО «НПО
«Химбурнефть»



В.П. БОНДАРЕНКО²,
кандидат техн. наук,
доцент кафедры
«Нефтегазовое дело»



К.С. НАДИРОВ^{2*},
доктор хим. наук,
профессор кафедры
«Нефтегазовое дело»

Е.А. КРАМАРОВА³,
президент ООО «Русская Горнопромышленная компания»

¹ООО «НПО «Химбурнефть»,
Российская Федерация, 350063, г. Краснодар, ул. Кубанонабережная, д. 7.

²Южно-Казахстанский государственный университет
Республика Казахстан, 160012, г. Шымкент, проспект Тауке хана, 5

³ООО «Русская Горнопромышленная компания»,
Российская Федерация, 109456, г. Москва,
Рязанский проспект, дом 75, корпус 4, 2 строение

В данной работе представлена наиболее полная качественная и количественная информация о новых разработках в области буровой химии – термостойких химических реагентах для буровых растворов, созданных на основе гуминовой кислоты (ГК) бурых углей. Описаны структура, свойства ГК бурого угля и способы ее модификации. Представлены новые термостойкие импортозамещающие полимерлигнитные реагенты для буровых растворов и исследована возможность использования комплексобразующей способности ГК для получения термостойких полимерлигнитных реагентов марок: «ЛИГ-ФИЛ», «ЛИГ-ВИС» и «ЛИГ-СТАБ».

Описаны свойства, возможности использования новых химических реагентов, приведены результаты их лабораторных испытаний и тестирования. Метод иссле-

*Автор для переписки. E-mail: nadirovkazim@mail.ru

дования – количественная спектроскопия ЯМР ^1H и ^{13}C . На основе экспериментальных данных приведены результаты по влиянию концентрации полимерлигнитного материала «ЛИГ-ФИЛ» на фильтрационные и структурно-реологические характеристики бурового раствора. Экспериментально установлено, что присутствие положительно заряженных центров на поверхности макромолекул ГК способствует ассоциативному соединению этих макромолекул в характерную кластерную структуру при концентрировании водных растворов, обеспечивает пластифицирующее действие гуматов по отношению к полиакрилатам и разжижающее действие на буровые и тампонажные растворы. Установлена возможность получения химреагентов марок: «ЛИГ-ФИЛ», «ЛИГ-ВИС» и «ЛИГ-СТАБ» для нефтедобычи, имеющих качественные показатели, относительно выгодную себестоимость и экологическую безопасность.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: буровые растворы; термостойкие химреагенты; гуминовые кислоты; бурые угли; высокотермостойкий понизитель фильтрации «ЛИГ-ФИЛ»; понизитель вязкости «ЛИГ-ВИС»; ингибитор неустойчивых глинистых минералов «ЛИГ-СТАБ»; полимерлигнитный.

БҰРҒЫЛАУ ЕРІТІНДІЛЕРІ ҮШІН ЫСТЫҚҚА ТӨЗІМДІ ХИМИЯЛЫҚ РЕАГЕНТТЕР

¹Ю.Н. МОЙСА, ООО ФӨҚ «Химбурнефть» директоры

²В.П. БОНДАРЕНКО, – техн. ғылым. канд. «Мұнайгаз ісі» кафедрасының доценті

²К.С. НАДИРОВ, хим. ғылым. докт. «Мұнайгаз ісі» кафедрасының профессоры

³Е.А. КРАМАРОВА, ООО «Русская Горнопромышленная компания» Президенті

¹ООО ФӨҚ «Химбурнефть», Ресей Федерациясы,
350063, Краснодар қ., Кубанонабережная көшесі, 7 үй.

²М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті,
160012, Қазақстан республикасы, Шымкент қ., Тәуке хан даңғылы, 5

³ООО «Русская Горнопромышленная компания»,
Ресей Федерациясы, 109456, Москва қ., Рязанский даңғылы, 75 үй, 4 ғимарат, 2 құрылыс

Бұл жұмыста тас көмірлердің гуминді қышқылдары (ГҚ) негізінде жасалған бұрғылау химиясы саласындағы жаңа дайындамалар – бұрғылау ерітінділеріне арналған термиялық тұрақты химиялық реагенттер туралы толық сапалы және сандық ақпараттар келтірілген. Тас көмірдің ГҚ құрылымы, қасиеттері және оны модификациялау әдістері сипатталған. Бұрғылау ерітінділеріне арналған жаңа термиялық тұрақты, импорт алмастырушы полимерсазды реагенттер келтіріліп, «ЛИГ-ФИЛ», «ЛИГ-ВИС» и «ЛИГ-СТАБ» маркалы термиялық тұрақты полимерсазды реагенттер алу үшін ГҚ кешенді түзуші қабілеттілігін қолдану мүмкіндігі зерттелген.

Жаңа химиялық реагенттерді қолдану мүмкіндігі, қасиеттері сипатталып, оларды зертханалық зерттеу нәтижелері және тестілеу келтірілген. зерттеу әдісі – сандық спектроскопия ЯМР ^1H және ^{13}C . Эксперименттік мәліметтер негізінде «ЛИГ-ФИЛ» полимер сазды материал концентрациясының бұрғылау ерітіндісінің фильтрациялық және құрылымдық-реологиялық сипаттамаларына әсері бойынша нәтижелер келтірілген. ГҚ макромолекуласының бетінде оң зарядталған орталардың болуы су молекулаларын шоғырландыруда өзіндік кластерлік құрылымға осы макромолекулаларды ассоциативті қосуға септігін тигізеді, полиакрилаттарға қатысты гуматтардың созылған әрекетін қамтамасыз етеді және бұрғылау мен тампонаждық ерітінділерге сұйылтуды қамтамасыз етуі тәжірибелік жолмен орнатылған. Мұнай өндіру үшін сапалы көрсеткіштерге ие, салыстырмалы

тиімді құндылықты және экологиялық қауіпсіз «ЛИГ-ФИЛ», «ЛИГ-ВИС» және «ЛИГ-СТАБ» маркалы химиялық реагенттерді алу мүмкіндігі орнатылған.

НЕГІЗГІ СӨЗДЕР: бұрғылау ерітіндісі; термиялық тұрақты химреагенттер; гуминдіқышқылдар; тас көмірлер; жоғары термиялық тұрақты фильтрацияны төмендеткіш «ЛИГ-ФИЛ»; тұтқырлықты төмендеткіш «ЛИГ-ВИС»; тұрақсыз сазды минералдар «ЛИГ-СТАБ» ингибиторы; полимерсазды.

THERMAL-RESISTANT CHEMICAL AGENTS FOR DRILLING FLUIDS

Yu.N. MOYSA¹, Director of the «NPO «Khimburneft» LLC Company

V.P. BONDARENKO², Candidate of Technical Sciences, Professor in the Department of «Oil and Gas Engineering»

K.S. NADIROV², Doctor of Chemical Sciences, Professor in the Department of «Oil and Gas Engineering»

E.A. KRAMAROVA³, President of LLC «Russian Mining Company»

¹«NPO «Khimburneft» LLC Company», Russian Federation, 350063, Krasnodar, Kubanonaberezhnaya, 7

²M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Republic of Kazakhstan, 160012, Tauke Khan Avenue, 5

³LLC «Russian Mining Company», Russian Federation, Ryazan Avenue 75, Section 4, Building 2

This paper presents the most complete qualitative and quantitative information about new developments in the field of drilling chemistry such as heat-resistant chemicals for drilling fluids based on humic acid (HA) of brown coals. The structure and properties of HA in brown coals and methods for its modification were described. New heat-resistant import-substituting polymer-lignant reagents for drilling fluids were presented together with the possibility of using the complex-forming ability of HA to produce heat-resistant polymer-lignant reagents of the following brands: LIG-FIL, LIG-VIS and LIG-STAB were studied.

The properties, possibilities of using new chemical reagents were described together with the results of their laboratory tests and testing. The research method is quantitative ¹H and ¹³C NMR spectroscopy. Results of the experimental data showed the influence of the concentration of the polymer-lignite material «LIG-FIL» on the filtration and structural-rheological characteristics of the drilling fluid. We discovered experimentally that the presence of positively charged centers on the surface of HA macromolecules contributes to the associative connection of these macromolecules into a characteristic cluster structure when concentrating aqueous solutions, ensures the plasticizing effect of humates on polyacrylates and the diluting effect in drilling and cementing solutions. It was established the possibility in producing chemical reagents of the following brands: «LIG-FIL», «LIG-VIS» and «LIG-STAB» for oil production with respective quality indicators, relatively favorable cost and environmental safety.

KEY WORDS: drilling fluid; a heat-resistant chemical reagents; humic acids; brown coals; high temperature resistant filtration reducer «LIG-FIL»; viscosity reducer «LIG-VIS»; inhibitor of unstable clay minerals «LIG-STAB»; polymer-lignite.

Повышенным требованиям экологической безопасности материалов, используемых в бурении, в большей степени соответствуют химические реагенты на основе природных веществ – растительных масел, животных жиров, отходов пивоваренной, угольной промышленности [1–3].

В настоящее время проводятся исследования по разработке технологии на основе вышеприведенного сырья реагентов комплексного действия [4–7]. В промышленном масштабе для нефтегазовой отрасли широко используются составы различного назначения: деэмульгаторы; ингибиторы коррозии; ингибиторы и растворители солей отложений; ингибиторы асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО); бактерициды; депрессорные присадки. Эти химические реагенты представлены широким набором различных классов химических соединений – соли металлов, в основном щелочные; сложные эфиры жирных кислот; хлорированные, сульфированные и конденсированные жирные кислоты, а также полимерные композиции [5–7].

Одним из способов решения возникающих экологических проблем при разработке бурого углей является, наряду с окислением и получением препаратов стимуляторов роста растений из отходов угля, переработка их в современные термостойкие полимерглинистые реагенты, что позволит перевести отходы в категорию товарной продукции. Бурые угли обычно недостаточно унифицированы, склонны к сильному измельчению при добыче и хранении и быстрому окислению вплоть до самовозгорания. Это приводит к тому, что значительная часть добываемого угля (иногда до 30–40%) некондиционная по крупности, не находит сбыта и переходит в категорию отходов, увеличивая нагрузку на окружающую среду и снижая рентабельность эксплуатации месторождений. Следует также отметить, что в категорию отходов зачастую переходит верхняя окисленная часть бурых углей из-за своей низкой теплотворной способности [8].

Углекислотный реагент (УЦР) является наиболее доступным и эффективным реагентом общего улучшающего действия для буровых растворов (БР) при бурении нефтяных и других скважин различного назначения. Следует отметить, что, несмотря на огромные запасы бурых углей с разнообразными свойствами, основные потребности в углекислотных реагентах удовлетворяются путем экспорта из Украины, Российской Федерации и стран дальнего зарубежья [9].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В экспериментальных лабораториях предприятий ООО «НПО «Химбурнефть» (г. Краснодар) и ООО «Русская Горнопромышленная компания» (г. Москва), совместно с учеными Южно-Казахстанского государственного университета им. М. Ауэзова, разработаны современные термостойкие полимерглинистые химреагенты марок: «ЛИГ-ФИЛ», «ЛИГ-ВИС» и «ЛИГ-СТАБ», которые являются модифицированными полимерглинистыми соединениями на основе гуминовых кислот (ГК) бурых углей.

Основой структуры гуминовых кислот являются конденсированные системы, включающие алициклические и ароматические кольца с несущими боковыми цепями, функциональные группы, как при ядре, так и в боковых цепях [10–12]. Методами количественной спектроскопии ЯМР ^1H и ^{13}C исследованы гуминовые кислоты,

фульвокислоты, гумины, битумоиды бурого угля. Гуминовые фракции бурого угля содержат ароматические и алифатические структуры, причем алкилароматические структуры составляют основу скелетных фрагментов и устойчивы к дальнейшему разложению. Среди многообразия предложенных формул макромолекул ГК наиболее достоверна структура построения молекулы из конденсированного ядра и рыхлой периферии [13–16]. Фрагментарно структурная формула макромолекулы ГК бурого угля, содержащая ядро из конденсированных ароматических циклов гуминовых кислот, приведена на *рисунке 1*.

По содержанию углерода (С), водорода (Н), кислорода (О) и азота (N) элементный состав ГК бурых углей специфичен и отличается от другого природного сырья (*таблица 1*). В зависимости от природы гуматсодержащего сырья и стадии метаморфизма элементные отношения Н/С, О/С, и С/Н в макромолекулах ГК находятся соответственно в пределах 0,6–1,2; 0,3–0,6 и 14–60. В связи с этим введено понятие о структурной ячейке ГК, минимальная молекулярная масса (ММ) которой составляет 1500 при двух-четырех атомах азота. Присутствие положительно заряженных атомов азота в полианионной структуре макромолекулы определяет амфолитный характер полианиона ГК в водном растворе.

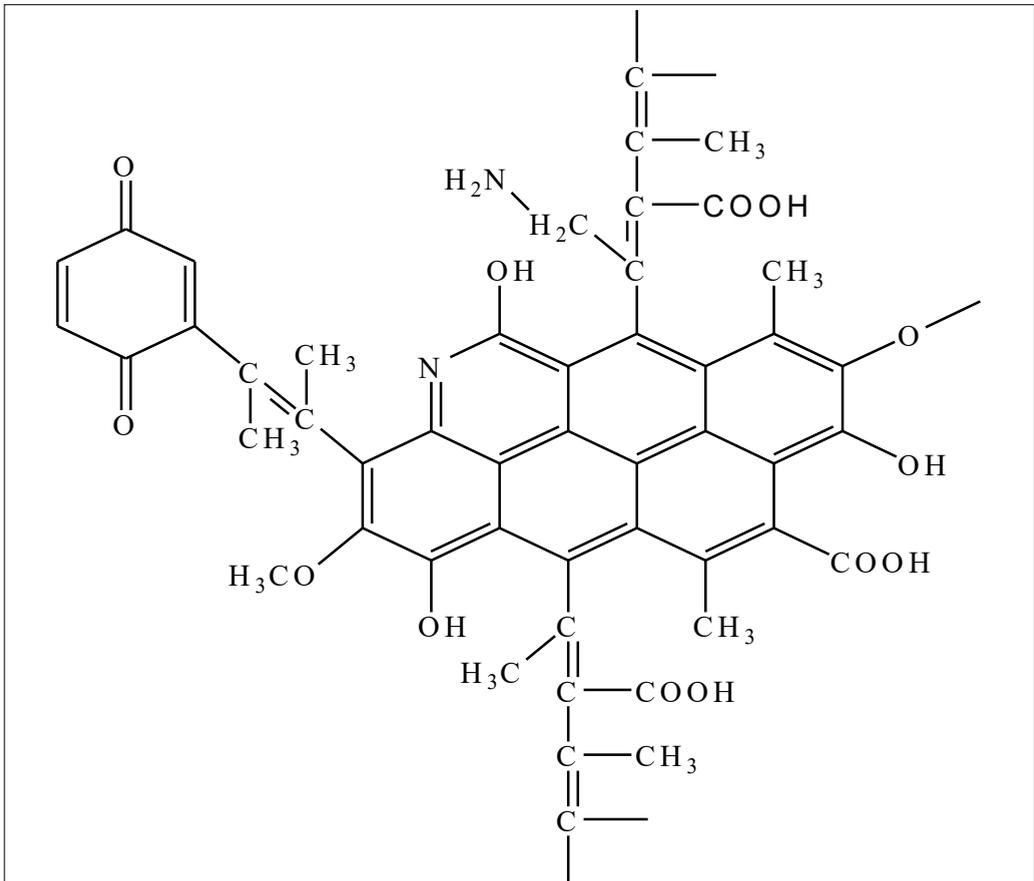


Рисунок 1 – Фрагмент молекулы ГК бурых углей

Таблица 1 – Характеристика ГК из гуматсодержащего сырья

Источник получения ГК	Атомные отношения			Содержание, мг-экв/100 гр.		
	H/C	O/C	C/N	COOH + фенол – OH	COOH	CO-хи-нон
Бурая лесная почва	1,02	0,36	19,46	620	260	106
Торф	1,09	0,36	21,43	570	230	126
Бурый уголь	0,80	0,33	51,83	715	276	205
Окисленный каменный уголь	0,62	0,33	57,92	730	348	337

Амфолитная природа ГК является благоприятным фактором межмолекулярного взаимодействия с полиэлектролитами полианионного и амфолитного характера: карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ); полиакриламид (ПАА); гипан. Присутствие положительно заряженных центров на поверхности макромолекул ГК способствует ассоциативному соединению этих макромолекул в «гроздеобразную форму» при концентрировании водных растворов, обеспечивает пластифицирующее действие гуматов по отношению к полиакрилатам и разжижающее действие на буровые и тампонажные растворы [13, 14].

В ряде зарубежных стран разработаны и промышленно применяются различные способы модификации ГК с целью повышения термостойкости, ингибирующей способности гуматных реагентов в буровых растворах на водной и нефтяной основах. Калиевые модификации ГК нашли применение в системах БР ингибирующего действия. Так, например, компанией «M.I. DrillingFluids» (США) разработана система БР «K-Mag-Sistem» [15], в состав которой входят:

- калий-гумат K-160, повышающий содержание ионов калия в БР до 2000 мг/л;
- калий-лигнит XP-20 хромсодержащий, применяемый для высокотемпературного контроля реологических свойств и водоотдачи БР с температурой 260°C и выше;
- сульфометилированный гумат, конденсированный с фенолформальдегидной смолой марки Resinex для контроля водоотдачи БР в условиях забоя, термостойкий до 200°C.

Сочетание этих гуматных реагентов с ПАЦ (полианионная целлюлоза) или акриловыми сополимерами в качестве стабилизаторов и основных понизителей водоотдачи позволяет использовать системы «K-Mag-System» для бурения стволов малого диаметра через высококоллоидальные глинистые породы.

Калий-гуматы K-17, XP-20, XP-20 CF и Resinex входят в состав другой системы БР – «Duratherm» высокой плотности и с низким содержанием активной (коллоидной) фракции твердой фазы. Являясь водной альтернативой растворов на нефтяной основе (РНО), эта система удовлетворяет условиям глубокого бурения скважин, осложненного высокими температурами с последующим вскрытием продуктивного пласта высокоплотными буровыми растворами при условиях аномально высокого пластового давления (АВПД). Преимущество систем типа «Duratherm» перед другими (в том числе РНО), заключается в высокой температурной стабильности при низких значениях пластической и эффективной вязкости на выходе из долота, с

последующим быстрым восстановлением исходной вязкости, обеспечивая хорошую выносящую способность выбуренной породы. Высокая термостабильность полимерной системы, содержащей гуматы, поддерживается благодаря антиокислительной способности фенольных гидроксидов и азотсодержащих групп ГК, уменьшающих на 30–50% необратимую механодеструкцию акриловых полимеров и реагентов на основе целлюлозы [16, 17].

ООО «Русская Горнопромышленная компания» (ООО «РГК») и ООО «НПО «Химбурнефть» совместно разработали и выпустили серию термостойких импортозамещающих полимерлигнитных химреагентов для обработки буровых растворов при строительстве скважин в нефтегазовой отрасли марок:

1) «ЛИГ-ФИЛ» («LIG-FIL») – высокотермостойкий понизитель фильтрации (водоотдачи) и стабилизатор реологических свойств бурового раствора (*Зарубежные аналоги: «SHALE-CHEK», «POLYRX» M-IDrillingFluids, США; DEERES-2000, Borregaard, Норвегия; «Polydrill®», BASF, Германия*);

2) «ЛИГ-ВИС» («LIG-VIS») понизитель вязкости (разжижитель – низкоктротропный регулятор вязкости) буровых растворов (*Зарубежные аналоги «SPERSERNE-SF» M-IDrillingFluids, США; «BORRE-THINCFL», Borregaard, Норвегия*);

3) «ЛИГ-СТАБ» («LIG-STAB») полимерный ингибитор сланцев, глин и неустойчивых глинистых отложений и аргиллитов (*Зарубежные аналоги: «KLAYSTAB», «CLAYTROL», «SULFATROL», система бурового раствора «NEWDRILL» (США); Alcomer®, BASF, Германия*) [15–17].

Полимерлигнитный химический реагент «ЛИГ-ФИЛ» – термостойкий понизитель фильтрации выпускается по ТУ 2458-001-33686171-2015 с показателями, приведенными в *таблице 2*.

Таблица 2 – Показатели качества химического реагента «ЛИГ-ФИЛ»

Наименование показателя качества	Нормативные требования
1. Внешний вид	Порошок бурого цвета
2. Содержание влаги,%, не более	10,0
3. Водородный показатель (рН) 1% водного раствора	9–10
4. Показатель статической фильтрации при 0,7 МПа глинистой 8%-ной суспензии, содержащей 1,0% химреагента, см ³ , не более	8,0
5. Показатель статической фильтрации при 0,7 МПа глинистой 8%-ной суспензии, содержащей 1,0% химреагента, после термостатирования в автоклаве при 180°С в течение 2 часов, см ³ , не более	14,0

В лаборатории ООО «КорТекс Сервисез» были проведены экспериментальные исследования по влиянию полимерлигнитного реагента «ЛИГ-ФИЛ» при концентрациях от 0,5 до 3% на технологические параметры пресного полимерглинистого бурового раствора на основе полиакриламидов (базовый раствор) с плотностью 1,12 г/см³. Установлено, что оптимальная концентрация материала «ЛИГ-ФИЛ» в пресном полимерглинистом буровом растворе соответствует 1,5 масс.%. После

прогрева в течение 8 часов при температуре 85°C буровой раствор сохраняет свои первоначальные свойства (таблица 3).

Таблица 3 – Свойства бурового раствора от концентрации реагента «ЛИГ-ФИЛ»

Состав раствора	Плотность, г/см ³	pH	$\Phi_{30} / \Phi_{\text{ИТНР}}$ см	УВ по Маршу, сек.	Угол θ 600/300 град.	Пласт. вязк. PV, сПз	Предел ное динамич. напряж. УР, fnt/100ft ²	СНС, Gels 10 ¹ /10 ¹⁰ мин, fnt/100ft ²
1. Влияние концентрации полимерлигнитного материала «ЛИГ-ФИЛ» на фильтрационные и структурно-реологические характеристики БР								
Базовый раствор	1,10	8,57	7,2	78,0	45/31	14	15,7	5,2/7,6
0,5% «ЛИГ-ФИЛ»	1,11	8,76	6,4	81	55/36	19	16,9	5,0/5,8
1,0% «ЛИГ-ФИЛ»	1,12	8,3	5,5	84	58/39	19	19,4	4,8/6,3
1,5% «ЛИГ-ФИЛ»	1,12	8,82	4,5	87	74/48	26	22,7	4,9/5,18
2,0% «ЛИГ-ФИЛ»	1,12	8,92	4,5	90	83/51	32	19,6	4,8/6,1
3,0% «ЛИГ-ФИЛ»	1,12	8,62	4,7	96	104/66	38	26,8	4,8/6,3
2. Влияние температуры на фильтрационные и структурно-реологические характеристики БР								
Базовый раствор	1,10	8,34	7,8	84	48/31	17	14,9	6,3/8,0
1,5% «ЛИГ-ФИЛ»	1,12	8,78	4,8/15	92	81/55	26	29	5,0/6,3
1,5% «ЛИГ-ФИЛ» (после прогрева при 85°C, 8 ч.)	1,12	8,64	4,6/14	86	77/51	26	27	4,5/5,5

Примечание: пояснения к показателям БР приведены в таблице 5.

Полимерлигнитный химреагент «ЛИГ-ВИС» – термостойкий понизитель вязкости выпускается по ТУ 2458-002-33686171-2015 с показателями назначения, приведенными в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели качества химреагента «ЛИГ-ВИС»

Наименование показателя качества	Нормативные требования
1. Внешний вид	Порошок бурого цвета
2. Содержание влаги,%, не более	35,0
3. Водородный показатель (pH) 1% водного раствора	8–9
4. Снижение статического напряжения сдвига через 10 минут покоя (СНС ₁₀) глинистой 10%-ной суспензии, содержащей 1,0% химреагента,%, не менее	80,0
5. Снижение динамического напряжения сдвига глинистой 10%-ной суспензии, содержащей 1,0% химреагента,%, не менее	60,0
6. Растворимость в воде,% мас., не менее	80

Полимерглигнитный химический реагент «ЛИГ-ВИС» – понизитель вязкости буровых растворов является комплексным реагентом на основе водорастворимого солейстойкого олигомера акрилового ряда, гумата калия и кремнийорганических модифицирующих добавок. Полимерглигнитный химреагент «ЛИГ-ВИС» эффективно регулирует структурно-механические свойства пресных и минеральных буровых растворов, обладает разжижающим эффектом и стабилизирует фильтрационные свойства бурового раствора при повышенных температурах (см. таблицу 5).

Таблица 5 – Структурно-механические свойства бурового раствора с химическим реагентом «ЛИГ-ВИС»

Показатели	Условное обозначение, размерность	Исходный глинистый раствор +10% ОСМА	Исходный глинистый раствор+1% «ЛИГ-ВИС»
Температура раствора	$^{\circ}\text{C}$	+23,0	+23,0
Плотность на ВРП-1 ($\pm 0,01 \text{ г/см}^3$)	$\rho, \text{ г/см}^3$	1,08	1,08
Условная вязкость на ВВ-1 ($\pm 0,5 \text{ сек}$)	$\text{УВ}^{700/500}, \text{ с}$	94	68
Водоотдача за 30 мин при 0,7 МПа по АНИ	$\Phi_{30}, \text{ см}^3$	13,2	7,5
Статическое напряжение сдвига при 3 об/мин через 10 сек / через 10 мин покоя(Гелс) ФАНН	$\text{СНС}_{\text{дПа}}^{10\text{с} / 10\text{м}^{\text{т}}}$	124/143	7/12
Пластическая (структурная) вязкость (PV) ФАНН	$\eta_{\text{пл}}, \text{ мПа}\times\text{с(сПз)}$	11	8
Предельное динамическое напряжение сдвига (YP) ФАНН	$\tau_0, \text{ дПа}$	95	19
Толщина глинистой корки	$K_{\text{гн}}, \text{ мм}$	1,0	1,0
Показатель концентрации ионов водорода (рН)	рН	8,36	8,96
Концентрация твердой фазы, реторта модель 87101 ФАНН по АНИ	С, % об.	10,0	10,0
Содержание смазки	% об.	0,0	0,0
Концентрация коллоидных частиц	С, % об.	2,6	2,55
Абсорбционная емкость по методу MBT (содержание коллоидных) OFI модель 168-00	$\text{Ск}, \text{ кг/м}^3$	37,05	32,1
Показатель нелинейности	n	0,76	0,73
Коэффициент консистенции	$K, \text{ Па}\times\text{с}^n$	0,67	0,80
Удельное электрическое сопротивление	R, Ом м	0,93	0,62
Показатель увлажняющей способности	$\Pi_0, \text{ см/час}$	2,84	2,89
Коэффициент трения бурового раствора по АНИ на EP/LubricityTester, 16,95 Нм	$K_{\text{тр}}$	0,22	0,22
Коэффициент фрикции (трения) глинистой корки на ФСК4Э (15 мин.)	$K_{\text{фр}}$	0,53	0,47
Фильтрация НРНТ по АНИ при 165 $^{\circ}\text{C}$, 3,0 МПа	$\Phi_{\text{НРНТ}}, \text{ см}^3$	14,0	12,6

Таблица 6 – Показатели качества химического реагента «ЛИГ-СТАБ»

Наименование показателя качества	Нормативные требования
1. Внешний вид	Порошок темно-бурого цвета
2. Массовая доля влаги, %, не более	30,0
3. Показатель ингибирующего действия 3% водного раствора химического реагента (P_0), не более, см/час	2,80
4. Водородный показатель (рН), 1% водного раствора	7,0–9,5
5. Растворимость в воде, % мас., не менее	70

На рисунке 2 представлены результаты тестирования полимерлигнитного химреагента «ЛИГ-СТАБ» в хлоркалийевом биополимерном буровом растворе как ингибитора неустойчивых Кыновских глинистых и аргиллитовых отложений. Исследования выполнены на тестере продольного набухания OFITE «SWELLMETER» в аккредитованной лаборатории буровых растворов ООО «НПО «БентоТехнологии» (г. Альметьевск, Татарстан).

Все марки современной серии термостойких полимерлигнитных химреагентов «ЛИГ-ФИЛ», «ЛИГ-ВИС» и «ЛИГ-СТАБ» имеют полный комплект документов (технические условия, сертификаты соответствия, паспорта безопасности) отно-

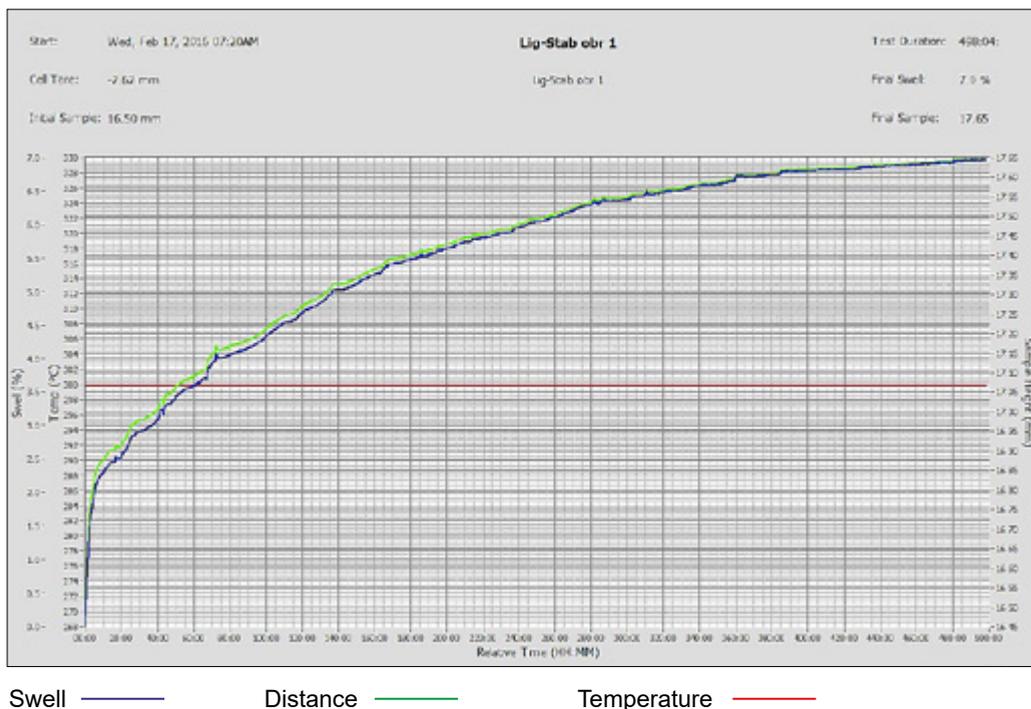


Рисунок 2 – Кривая набухания Кыновских глинистых отложений в биополимерном хлоркалийевом биополимерном буровом растворе, содержащем ингибитор сланцев «ЛИГ-СТАБ»

сятся к 4 классу по ГОСТ 12.1.007-7 «Малоопасные вещества» и рекомендуются к промышленному применению при бурении разведочных и эксплуатационных нефтегазовых скважин в различных горно-геологических условиях.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что полученные авторами термостойкие импортозамещающие полимерлигнитные химические реагенты для обработки буровых растворов, по ряду показателей превосходя известные аналоги.

ВЫВОДЫ

Экспериментально установлено, что амфолитная природа ГК является благоприятным фактором межмолекулярного взаимодействия с полиэлектролитами полианионного и амфолитного характера (КМЦ, ПАА, гипан). Присутствие положительно заряженных центров на поверхности макромолекул ГК способствует ассоциативному соединению этих макромолекул в характерную кластерную структуру при концентрировании водных растворов, обеспечивает пластифицирующее действие гуматов по отношению к полиакрилатам и разжижающее действие на буровые и тампонажные растворы.

Установлена возможность получения химвеществ марок: «ЛИГ-ФИЛ», «ЛИГ-ВИС» и «ЛИГ-СТАБ» для нефтедобычи, имеющих качественные показатели, относительно выгодную себестоимость и экологическую безопасность. 

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Bondarenko V.P., Golubev V.G., Sadyrbayeva A.S., Sarsenbaev Kh.A., Turebekova A.M. Lubricant additive on the basis of the sludge of cotton modified to improve anti-corrosion properties of drilling fluids // *Industrial Technology and Engineering*. – 2017. – no 1. – pp. 46–55.
- 2 Bondarenko V., Dzhusenov A., Nursultan A. Research of properties of well-killing fluids // *Industrial Technology and Engineering*. – 2015. – № 2. – P. 49–55.
- 3 Bondarenko V.P., Golubev V.G., Zhantasov M.K., Sadyrbayeva A.S., Nadirova Zh.K., Ainabekov N.B. *Chimica Oggi – Chemistry Today*. – 2017. – Vol. 35.
- 4 Сарсенбаев Х.А., Надилов К.С., Айдарбаев А.С. Использование депрессатора «ЮК» при исследовании температуры застывания высокопарафинистой нефти // *Нефть и газ*. – 2010. – № 2. – С. 105–111. [Sarsenbaev H. A., Nadirov K. S., Aidarbayev A. S. The use of the depressant «Yuk» in the study of the pour point of high-paraffin oil // *Oil and gas*. – 2010. – № 2. – Pp. 105–111.]
- 5 Бондаренко В.П., Надилов К.С. Бимбетова Г.Ж. Использование модифицированного гудрона хлопкового масла для приготовления буровых растворов // *Нефть и газ*. – 2016. – № 5. – С. 45–56. [Bondarenko V.P., Nadirov K.S., Bimbetov G.J. The use of a modified tar cottonseed oil for the preparation of drilling fluids *Oil and gas*. – 2016. – № 5. – P. 45–56.]
- 6 Бондаренко В.П., Надилов К.С., Голубев В.Г. Садырбаева А.С. Колесников А.С. Реагенты комплексного действия на основе модифицированных гудронов хлопкового масла для нефтегазовой отрасли // *Монография*. – Шымкент: ИП «Туркенич», 2017. – 248 с. [Bondarenko V. P., Nadirov K. S., Golubev V. G. Sadyrbaev, A. S., Kolesnikov A. S. Reagents of complex action on the basis of modified tars cottonseed oil for the oil and gas industry // *the Monography*. – Shymkent: SP «Turkenich», 2017. – 248 p.]

- 7 Нади́ров К.С, Молдабаева С.Е., Байботаева Г.Ж. Использование реагента для деэмульсации нефти на основе жирных кислот хлопкового соапстока // Нефть и газ. – 2018. – № 2. – С. 108–116. [Nadirov K. S., Moldabayeva E. S., Babayeva G. J. The use of the reagent to demolito oil based fatty acids, cottonseed soapstock // Oil and gas. – 2018. – № 2. – P. 108–116.]
- 8 Сравнительная таблица теплотворности некоторых видов топлива. <https://tehtab.ru/Guide/GuidePhysics/.../FuelsHigherCaloricValues/>.
- 9 Мищенко В.И., Кортунов А.В. Приготовление, очистка и дегазация буровых растворов. – Краснодар: АртПресс, 2008. – С. 25–38. [Mishchenko V. I., Kortunov A.V. preparation, cleaning and degassing of drilling fluids. – Krasnodar: Art Press, 2008. – P. 25–38.]
- 10 Касаточкин В.И., Ларина Н.К. Строение и свойства природных углей. – М.: Недра, 1975. – 159 с. [Kasatochkin V. I., Larina N. K. Structure and properties of natural coals. – M.: Nedra, 1975. – 159 p.]
- 11 Орлов Д.С. Химия почв. – М.: Изд-во МГУ, 1985. – 376 с. [Orlov D. S. soil Chemistry. – Moscow: Moscow state University Publ., 1985. – 376 p.]
- 12 Комиссаров И.Д., Логинов Л.Ф. Молекулярная структура и реакционная способность гуминовых кислот // Гуминовые вещества в биосфере.– 1993. – № 4. – С. 36–45. [Komissarov I.D., Loginov L.F. Molecular structure and reactivity of humic acids // Humic substances in the biosphere. – 1993. – № 4. – P. 36–45.]
- 13 Калабин Г.А., Каницкая Л.В., Кушнарев Д.Ф. Количественная спектроскопия ЯМР природного органического сырья и продуктов его переработки. – М.: Химия, 2000. – С. 360–367. [Kalabin G.A., Kanitskaya L.V., Kushnarev D.F. Quantitative NMR spectroscopy of natural organic raw materials and products of its processing. – Moscow: Chemistry, 2000. – P. 360–367.]
- 14 Алишанян В.Р., Вахрушев Л.П., Гаврилов Б.М., Дадька Л.А., Мойса Ю.Н., Пеньков А.И. Физико-химические свойства метакриловых сополимеров, пластифицированных гуматами. Тезисы докладов на 2-ой научно-технической конференции по пластификации полимеров. Казань, 1984. – С. 213. [Alishanyan R.V., Vakhrushev L.P., Gavrilov B.M., Dadiyka L.A., Moysa Yu. N., Penkov A.I. Physico-chemical properties of methacrylic copolymers, plasticized HUMATE. Abstracts at the 2nd scientific and technical conference on plasticization of polymers. Kazan, 1984. – P.213.]
- 15 Гаврилов Б.М. Лигно-полимерные реагенты для буровых растворов. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2004. – 398 с. [Gavrilov B.M. Ligno-polymer reagents for drilling fluids. – Krasnodar: Education-South, 2004. – 398 p.]
- 16 Тептерева Г.А. Взаимодействие лигносульфоната натрия с соединениями железа в различных степенях окисления // Экологические системы и приборы.– 2009. – № 2. – С. 50–52. [Tepтерева G.A. The Interaction of lignosulfonate sodium and iron compounds in different oxidation States // Ecological systems and devices. – 2009. – № 2. – P. 50–52.]
- 17 Бадикова А.Д. Способ изменения соотношения кислых функциональных групп в структурном звене лигносульфоната натрия // Практические аспекты нефтепромысловой химии. Тезисы докладов. – Уфа: БашНИПНефть, 2014. – С. 81–83. [Badikova A.D. Method of changing the ratio of acidic functional groups in the structural element of sodium lignosulfonate. Practical aspects of oilfield chemistry. Thesis of reports. – Ufa: BashNI PIneft, 2014. – P. 81–83.]