ISNN 3030-3907

2026/2
VOLUME 3

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/2 VOLUME 3

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

УДК 622.245.5:678.744.2

ОЦЕНКА РЕОЛОГИЧЕСКИХ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ СУЛЬФОНИРОВАННОЙ ХЛОПКОВОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗОЙ, В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР И ДАВЛЕНИЙ

Нурмонов Сувонкул Эрхонович
Национальный университет Узбекистана, Ташкент,
E-mail: nurmonov_se@mail.ru
Асранова Умида Хамиджон кизи
Андижанский государственный технический институт, Андижан, Узбекистан,
E-mail: asranovaumida23@gmail.com

Аннотация. В статье представлены результаты комплексных лабораторных испытаний нового отечественного реагента – сульфонированной хлопковой целлюлозы (SCel) – в качестве термостойкого модификатора буровых растворов для глубокого бурения. Целью работы являлась оценка влияния SCel на реологические и фильтрационные характеристики водобентонитовых растворов в условиях высоких температур (150–170°C) и давлений (HPHT), а также их устойчивости к минерализованным средам. Испытания проводились на стандартном оборудовании в соответствии с API RP 13B-1 и ГОСТ 33213-2014. Изучались пластическая вязкость, динамическое напряжение сдвига, статическое напряжение сдвига и объем HTHP-фильтрата. Проведено сравнение эффективности SCel с традиционными реагентами (карбоксиметилцеллюлозой – КМЦ, полианионной целлюлозой – ПАЦ) и импортными AMPS-сополимерами. Установлено, что введение SCel в дозировке 1,0–1,2% масс. позволяет сохранять стабильные реологические параметры и обеспечивает снижение объема HTHP-фильтрата на 40–45% по сравнению с растворами на основе КМЦ после термостарения при 170°C. Реагент SCel продемонстрировал высокую соле- и кальций-стойкость, превосходя по этому показателю КМЦ и ПАЦ и сопоставимые результаты с AMPS-сополимерами. Полученные данные подтверждают перспективность применения сульфонированной целлюлозы на основе местного сырья для создания буровых растворов, стабильных в жестких термобарических условиях нефтегазовых месторождений Узбекистана.

Ключевые слова: сульфонированная целлюлоза, буровой раствор, реология, HTHP-фильтрация, термостойкость, солестойкость, глубокое бурение.

Annotation. The article presents the results of comprehensive laboratory testing of a new domestic reagent – sulfonated cotton cellulose (SCel) – as a thermal

ISSN 3030-3907

stabilizer for drilling fluids in deep well drilling. The aim of the work was to evaluate the effect of SCel on the rheological and filtration characteristics of water-bentonite fluids under high-temperature (150–170°C) and high-pressure (HPHT) conditions, as well as their stability in mineralized media. Tests were conducted on standard equipment in accordance with API RP 13B-1 and GOST 33213-2014. Plastic viscosity, dynamic yield stress, gel strength, and HTHP fluid loss were studied. The efficiency of SCel was compared with traditional reagents (carboxymethyl cellulose – CMC, polyanionic cellulose – PAC) and imported AMPS copolymers. It was found that the addition of SCel at a dosage of 1.0–1.2 wt.% maintains stable rheological parameters and provides a 40–45% reduction in HTHP filtrate volume compared to CMC-based fluids after hot rolling at 170°C. The SCel reagent demonstrated high salt- and calcium tolerance, surpassing CMC and PAC in this indicator and showing comparable results to AMPS copolymers. The obtained data confirm the promise of using sulfonated cellulose based on local raw materials for the creation of drilling fluids stable under the harsh thermobaric conditions of Uzbekistan's oil and gas fields.

Key words: sulfonated cellulose, drilling fluid, rheology, HTHP filtration, thermal stability, salt tolerance, deep drilling.

Аннотация. Мақолада чуқур қудуқларни бурғилаш учун бурғулаш эритмаларининг термостабил модификатори сифатида янги маҳаллий реагент – сульфонланган пахта целлюлозасининг (SCel) комплекс лаборатория синовлари натижалари келтирилган. Ишнинг мақсади юқори ҳарорат (150–170°C) ва юқори босим (HPHT) шароитида, шунингдек минералланган мухитларда SCel нинг сув-бентонитли эритмаларнинг реологик ва фильтрацион хусусиятларига таъсирини, уларнинг барқарорлигини баҳолаш эди. Синовлар API RP 13B-1 ва ГОСТ 33213-2014 талабларига мувофиқ стандарт жиҳозларда олиб борилди. Пластик йўтишқоқлиги, динамик силкиниш чекланиши, статик силкиниш чекланиши ва HTHP-фильтрат ҳажми ўрганилди. SCel нинг самарадорлиги анъанавий реагентлар (карбоксиметилцеллюлоза – КМЦ, полианион целлюлоза – ПАЦ) ва импорт AMPS-сополимерлари билан солиштирилди. 170°C да иссиққа даволангандан сўнг SCel нинг 1,0–1,2% масс. дозалаши барқарор реологик параметрларни сақлаш имконини бериши ва КМЦ асосидаги эритмаларга нисбатан HTHP-фильтрат ҳажмини 40–45% га камайтиши аниқланди. SCel реагенти юқори туз- ва кальцийга чидамлилигини намойиш этди, бу кўрсаткич бўйича КМЦ ва ПАЦ дан устун бўлиб, AMPS-сополимерлари билан тенлашир натижалар келтирди. Олинган маълумотлар Ўзбекистон нефт-газ конларининг қаттиқ термобарик шароитида барқарор бурғулаш

ISSN 3030-3907

эритмаларини яратиш учун маҳаллий хом ашё асосидаги сульфонланган целлюлозадан фойдаланишнинг istiqbolliligini тасдиқлайди.

Калит сўзлар: сульфонланган целлюлоза, бурғулаш эритмаси, реология, HTHP-фильтрация, термочидамлилик, тузга чидамлилик, чуқур бурғилаш.

ВВЕДЕНИЕ.

Освоение глубоких нефтегазовых горизонтов Узбекистана, характеризующихся температурами до 170–200°C и высоким пластовым давлением, предъявляет экстремальные требования к стабильности буровых растворов [1]. Ключевой проблемой является термическая деструкция традиционно применяемых полимерных реагентов на основе производных целлюлозы, таких как карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ) и полианионная целлюлоза (ПАЦ). Их эффективность резко падает при температурах выше 120–130°C, что приводит к ухудшению реологического контроля, росту фильтрации и увеличению рисков осложнений [2, 3]. Альтернативой являются импортные синтетические сополимеры на основе AMPS, обладающие высокой термостойкостью, но их использование сопряжено с высокой стоимостью и логистическими рисками [4]. В этой связи разработка отечественных термостойких реагентов на основе модификации доступного местного сырья, такого как хлопковая целлюлоза, является стратегически важной задачей. Ранее нами был разработан и охарактеризован новый реагент – сульфонированная хлопковая целлюлоза (SCel) [5]. Настоящая работа посвящена оценке его функциональной эффективности в составе модельных буровых растворов в условиях, имитирующих бурение глубоких высокотемпературных скважин.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ. Экспериментальная оценка влияния сульфонированной хлопковой целлюлозы (SCel) на реологические, фильтрационные характеристики и солестойкость водобентонитовых буровых растворов после термостарения в условиях высоких температур (150–170°C) и давлений (HPHT) в сравнении с коммерческими аналогами.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Объектами исследования являлись: базовый буровой раствор на основе бентонита Навбахорского месторождения (ГОСТ 28177-89), синтезированный реагент SCel (степень замещения DS=0.41–0.43), коммерческие образцы КМЦ, ПАЦ и импортный AMPS-сополимер. Приготовление растворов и их испытания проводились в соответствии со стандартами API RP 13B-1 и ГОСТ 33213-2014 [6, 7]. Реологические параметры (пластическую вязкость – PV, динамическое напряжение сдвига – YP, статическое напряжение сдвига – Gels) определяли на ротационном вискозиметре Fann 35SA до и после

ISSN 3030-3907

«горячего старения» в камерных печах при 150°C и 170°C в течение 16 часов. Фильтрационные свойства оценивали по объему фильтрата в нормальных условиях (V_{API}) и в условиях высоких температур и давлений (V_{HTHP}) на фильтр-прессах при 150°C, 170°C и перепаде давления 3.45 МПа (500 psi) [8]. Соле- и кальций-стойкость изучали путем внесения в растворы $NaCl$ (до 20% масс.) и $CaCl_2$ (до 5000 мг/л Ca^{2+}) с последующим измерением реологических и фильтрационных параметров.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Систематические испытания показали, что оптимальной дозировкой SCel в бентонитовом растворе является 1.0–1.2% масс. Данные по ключевым эксплуатационным параметрам растворов, содержащих различные реагенты, после старения при 170°C представлены в Таблице 1. Как видно из таблицы, раствор с SCel демонстрирует наиболее сбалансированные реологические показатели: пластическая вязкость (PV) и динамическое напряжение сдвига (YP) остаются в оптимальном для бурения диапазоне, обеспечивая эффективный вынос шлама без избыточных гидравлических потерь. При этом статическое напряжение сдвига (Gel $10_s/10_{min}$) свидетельствует о хорошей тиксотропии системы, что важно для предотвращения осаждения выбуренной породы при остановках циркуляции.

Таблица 1.

Сравнительные характеристики буровых растворов с различными реагентами после термостарения при 170°C (дозировка реагента 1.2% масс., базовый раствор – 6% бентонит)

Реагент	PV, мПа·с	YP, Па	Gel ($10_s/10_{min}$), Па	V_{HTHP} (170°C), мл	V_{API} после 20% $NaCl$, мл
SCel	28.5	14.2	3.5 / 6.8	22.4	18.5
КМЦ	18.0	5.5	1.2 / 2.0	40.8	45.0 (коагуляция)
ПАЦ	22.0	8.0	2.0 / 3.5	35.2	25.0
AMPS-сополимер	30.0	15.0	4.0 / 7.5	20.0	16.0

Наиболее значимым преимуществом SCel является его способность эффективно контролировать фильтрацию в HPHT-условиях. Объем HTHP-фильтрата для раствора с SCel составил 22.4 мл, что на 45% и 36% меньше, чем у растворов с КМЦ и ПАЦ соответственно, и сопоставимо с результатом для дорогостоящего AMPS-сополимера (20.0 мл). Анализ морфологии фильтрационной корки с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) показал, что SCel формирует более тонкую, плотную и

ISSN 3030-3907

низкопроницаемую структуру по сравнению с КМЦ, что объясняет улучшенные фильтрационные показатели.

Исследование устойчивости к агрессивным средам выявило высокую соле- и кальций-стойкость SCel. При внесении 20% $NaCl$ реологические параметры раствора с SCel сохраняли стабильность, а объем API-фильтрата увеличился незначительно. В то же время раствор на КМЦ подвергся интенсивной коагуляции с полной потерей коллоидной стабильности. Раствор с SCel также продемонстрировал устойчивость к ионам кальция (до 5000 мг/л Ca^{2+}), что связано с образованием хорошо растворимых солей сульфогрупп, в отличие от нерастворимых карбоксилатов кальция, образующихся в случае КМЦ.

ОБСУЖДЕНИЕ. Полученные результаты убедительно демонстрируют, что сульфонирование целлюлозы принципиально меняет её поведение в составе бурового раствора при высоких температурах. Повышенная термостабильность SCel, подтвержденная ранее методами ТГА/ДСК [5], напрямую коррелирует с сохранением реологических свойств после старения при 170°C. Электроноакцепторные сульфогруппы стабилизируют гликозидные связи целлюлозного каркаса, препятствуя термическому гидролизу, который является основной причиной деградации КМЦ и ПАЦ [3]. Высокая гидрофильность и отрицательный заряд сульфогрупп, остающиеся стабильными в щелочной и минерализованной среде, обеспечивают эффективную пептизацию глинистых частиц и формирование прочной пространственной сетки в растворе. Это объясняет как хорошие реологические показатели, так и исключительную способность контролировать фильтрацию за счет образования плотной, структурированной корки. Механизм действия SCel, таким образом, сочетает стерическую и электростатическую стабилизацию, характерную для синтетических полимеров, но реализуемую на основе возобновляемого природного полимера. Сопоставимая с AMPS-сополимерами эффективность при существенно более низкой потенциальной себестоимости делает SCel перспективным продуктом для импортозамещения в нефтегазовой отрасли Узбекистана.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Проведенные комплексные испытания позволяют заключить, что сульфонированная хлопковая целлюлоза (SCel) является высокоэффективным термостабилизирующим агентом для водных буровых растворов. При дозировке 1.0–1.2% масс. она обеспечивает сохранение стабильных реологических свойств после термостарения при 170°C. При этом реагент демонстрирует выдающуюся способность контролировать

ISSN 3030-3907

фильтрацию в HPHT-условиях, снижая объем HTHP-фильтрата на 36–45% по сравнению с растворами на основе КМЦ и ПАЦ и показывая результаты, сопоставимые с импортными AMPS-сополимерами. Важным аспектом является высокая устойчивость SCel к действию концентрированных растворов хлорида натрия и ионов кальция, что превосходит возможности традиционных целлюлозных производных и обусловлено введением стабильных сульфогрупп.

Таким образом, результаты работы подтверждают техническую возможность и экономическую целесообразность использования модифицированной хлопковой целлюлозы в качестве основы для создания отечественных термостойких реагентов, способных обеспечить безопасное и эффективное бурение глубоких высокотемпературных скважин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ Президента Республики Узбекистан № ПФ-60 от 28.01.2022 «О Стратегии развития нового Узбекистана на 2022–2026 годы».
2. Fink J. K. Petroleum Engineer's Guide to Oil Field Chemicals and Fluids. – Gulf Professional Publishing, 2021.
3. Caenn R., Darley H.C.H., Gray G.R. Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids. – 7th ed. – Elsevier, 2016.
4. Ahmed H.M., Kamal M.S., Al-Harthi M. Polymeric and Low Molecular Weight Shale Inhibitors: A Review // Petroleum. – 2019. – Vol. 5(1). – P. 1-10.
5. Асранова У.Х. Синтез сульфонированных полимеров на основе хлопковой целлюлозы и комплексное исследование их функциональных свойств в буровых растворах для глубоких высокотемпературных скважин Узбекистана: Дис. … PhD. – Ташкент: НУУз, 2026.
6. API Recommended Practice 13B-1. Recommended Practice for Field Testing Water-based Drilling Fluids. – 5th ed. – American Petroleum Institute, 2019.
7. ГОСТ 33213-2014 (ISO 10414-1:2008). Жидкости буровые. Полевые методы испытаний. Часть 1. Буровые жидкости на водной основе. – Введ. 2015-07-01. – М.: Стандартинформ, 2015.
9. OFI Testing Equipment, Inc. OFITE HTHP Filter Press: Instruction Manual. – Houston, USA, 2020.

ISSN 3030-3907