ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME - 9

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 9

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

ТЕХНОЛОГИЯ ASP (ПАВ–ЩЕЛОЧЬ–ПОЛИМЕР) ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ

Акрамов Бахшилло Шафиевич
Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в г. Ташкенте, к.т.н., профессор
E-mail: akramov_bahsh@mail.ru
Добычина Светлана Олеговна
Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в г. Ташкенте, преподаватель
E-mail: dsvetlana689@mail.ru
Инамов Алмаз Тахиржанович
Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в г. Ташкенте, студент
E-mail: almazinamov8@mail.ru

Annotatsiya. Maqolada ASP (Alkaline-Surfactant-Polymer) usulidan foydalangan holda qatlamlardan neft berishni oshirishning zamonaviy texnologiyalari ko‘rib chiqilgan. Ushbu usul qatlamga ishqor, sirt faol moddalar va polimerlar kompozitsiyasini quyish asosida amalga oshiriladi, bu esa fazalararo taranglikni sezilarli darajada kamaytirish, siqib chiqaruvchi agentning harakatchanligini oshirish va neftni qazib olish koeffitsiyentini oshirish imkonini beradi. Texnologiyaning ta’sir mexanizmlari, uni samarali qo‘llash shartlari, shuningdek, konlarni o‘zlashtirishning an’anaviy usullariga nisbatan afzalliklari va cheklovlari batafsil ko‘rib chiqilgan. ASP-texnologiyasini joriy etish yetilgan konlarni o‘zlashtirish samaradorligini sezilarli darajada oshirish va uglevodorodlarning olinadigan zaxiralarini ko‘paytirish imkonini berishi ko‘rsatilgan.

Kalit so‘zlar: ASP, sirt faol modda, ishqor, polimer, neftni qayta tiklash, suv ombori.

Аннотация. В статье рассмотрены современные технологии повышения нефтеотдачи пластов с применением метода ASP (Alkaline–Surfactant–Polymer). Данный метод основан на закачке в пласт композиции щелочи, поверхностно-активных веществ и полимеров, что позволяет значительно снизить межфазное натяжение, повысить подвижность вытесняющего агента и увеличить коэффициент извлечения нефти. Подробно рассмотрены механизмы действия технологии, условия её эффективного применения, а также преимущества и ограничения по сравнению с традиционными методами разработки месторождений. Показано, что внедрение ASP-технологии позволяет существенно повысить эффективность разработки зрелых месторождений и увеличить извлекаемые запасы углеводородов.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: ASP, ПАВ, щелочь, полимер, нефтеотдача, вытеснение нефти, пласт, месторождение.

Abstract. This article discusses modern enhanced oil recovery technologies using the ASP (Alkaline–Surfactant–Polymer) method. The method is based on injecting a combination of alkali, surfactant, and polymer into the reservoir, which reduces interfacial tension, improves mobility control, and increases oil recovery. The mechanisms, application conditions, advantages, and limitations are analyzed. The results show that ASP technology significantly improves oil recovery efficiency, especially in mature fields.

Key words: ASP, surfactant, alkali, polymer, oil recovery, reservoir.

ВВЕДЕНИЕ.

На современном этапе развития нефтяной промышленности особую актуальность приобретает проблема повышения нефтеотдачи пластов, поскольку значительная часть месторождений находится на поздней стадии разработки и характеризуется высокой степенью обводнённости продукции. Традиционные методы добычи, такие как заводнение, позволяют извлечь лишь часть запасов нефти, в то время как значительный объём углеводородов остаётся в порах коллектора вследствие действия капиллярных и вязкостных сил. Это обусловливает необходимость внедрения более эффективных методов увеличения нефтеотдачи, среди которых особое место занимает технология ASP. [1,2]

Технология ASP представляет собой комплексный химический метод воздействия на пласт, основанный на закачке раствора, содержащего щелочь, поверхностно-активные вещества и полимеры. Синергетический эффект от совместного применения этих компонентов позволяет существенно изменить физико-химические свойства системы «нефть–вода–порода» и повысить эффективность вытеснения нефти [3]. Щелочь, взаимодействуя с кислотными компонентами нефти, способствует образованию мыл, которые дополнительно снижают межфазное натяжение. Поверхностно-активные вещества обеспечивают резкое уменьшение межфазного натяжения между нефтью и водой, что облегчает высвобождение нефти из порового пространства. Полимеры, в свою очередь, увеличивают вязкость вытесняющего агента, тем самым улучшая подвижностное соотношение и предотвращая преждевременный прорыв воды. [4]

Применение ASP-технологии приводит к формированию благоприятных условий для мобилизации остаточной нефти. Снижение межфазного натяжения до сверхнизких значений позволяет преодолеть капиллярные силы, удерживающие нефть в порах, а улучшение подвижностного соотношения способствует более равномерному фронту

ISSN 3030-3907

вытеснения. Кроме того, щелочная среда уменьшает адсорбцию поверхностно-активных веществ на поверхности породы, что снижает потери реагентов и повышает экономическую эффективность процесса.

С 2014 года Daqing начала промышленное внедрение ASP-заводнения, и уже в 2016 году годовая добыча нефти за счёт этой технологии превысила 4 млн тонн (более 10% от общей добычи месторождения), и этот уровень удерживался на протяжении как минимум семи лет подряд. В целом по всем методам химического заводнения (полимерное + ASP) годовая добыча на Daqing превышает 10 млн тонн (~73,5 млн баррелей) на протяжении 16 лет подряд. [6]

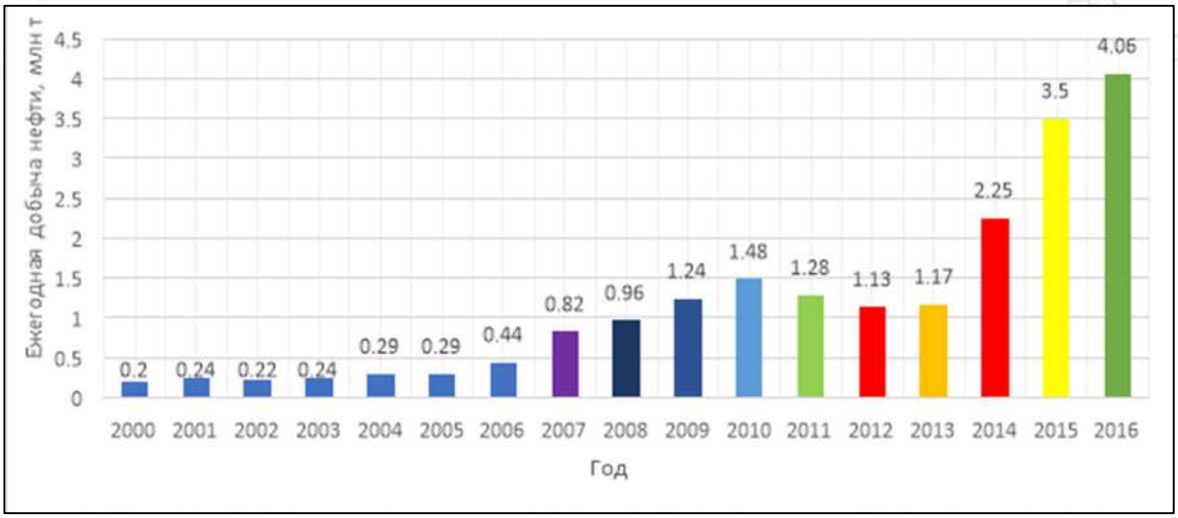


Рисунок 1 – Ежегодная добыча нефти с применением ASP заводнения на месторождении Daqing.

Эффективность применения ASP-технологии во многом определяется геолого-физическими условиями пласта. Наиболее благоприятными считаются условия умеренной минерализации пластовых вод, температуры до 90–100 °C и достаточной проницаемости коллектора. Важным фактором является также химический состав нефти, в частности наличие органических кислот, способствующих реакции омыления. [2] В неоднородных или сильно трещиноватых коллекторах эффективность технологии может снижаться вследствие неравномерного распределения закачиваемых реагентов. [1]

Реализация ASP-проекта включает несколько этапов, начиная от лабораторных исследований и подбора оптимального состава раствора до гидродинамического моделирования и промышленной закачки. На стадии подготовки проводится анализ керна, изучаются фильтрационные свойства пласта и определяется оптимальная концентрация компонентов. Далее осуществляется закачка раствора в пласт с последующим продвижением фронта вытеснения и контролем добычи. Мониторинг процесса позволяет корректировать параметры закачки и повышать эффективность воздействия.

ISSN 3030-3907

В таблице 1 представлено сравнение технологии ASP с другими методами повышения нефтеотдачи, что позволяет наглядно оценить её преимущества и ограничения.

Таблица 1.

Сравнения методов повышения нефтеотдачи

Метод	Преимущества	Недостатки
Заводнение	Простота и низкая стоимость	Низкий коэффициент извлечения нефти
Полимерное заводнение	Уменьшение профиля вытеснения	Ограниченная эффективность
ПАВ	Снижение межфазного натяжения	Высокая адсорбция
ASP	Максимальное извлечение нефти	Высокая стоимость и сложность

Анализ практического применения ASP-технологии показывает, что её внедрение позволяет значительно повысить коэффициент извлечения нефти, особенно на зрелых месторождениях. В ряде случаев увеличение нефтеотдачи достигает 15–25 %, что является существенным показателем по сравнению с традиционными методами. При этом наблюдается снижение остаточной нефтенасыщенности, стабилизация добычи и более равномерное распределение потоков в пласте. [3,5]

Несмотря на высокую эффективность, технология ASP имеет ряд ограничений, связанных прежде всего с высокой стоимостью реагентов и необходимостью тщательного контроля за процессом. Кроме того, значительное влияние оказывают минерализация пластовых вод и температура, которые могут снижать эффективность поверхностно-активных веществ и полимеров. В связи с этим перед внедрением технологии требуется проведение комплексных исследований и технико-экономического обоснования.

Практическая значимость ASP-технологии заключается в возможности увеличения извлекаемых запасов нефти и повышения рентабельности разработки месторождений. Особенно актуально её применение на поздней стадии разработки, когда традиционные методы уже не обеспечивают необходимого уровня добычи. Внедрение современных методов

ISSN 3030-3907

моделирования и цифровых технологий позволяет повысить точность прогнозов и оптимизировать параметры закачки.

Щелочь (Alkali) выполняет сразу несколько критических функций. Во-первых, она вступает в химическую реакцию с нафтеновыми кислотами, содержащимися в составе нефти, образуя «in-situ» (на месте) дополнительные поверхностно-активные вещества. [3], во-вторых, щелочь повышает pH среды, что меняет заряд поверхности породы и значительно снижает адсорбцию (потерю) дорогостоящих синтетических ПАВ, сохраняя их концентрацию в активной зоне.

Поверхностно-активные вещества (Surfactant) являются основным инструментом снижения межфазного натяжения (МФН). В процессе ASP-заводнения удается достичь сверхнизких значений МФН (до 10^{-3}мН/м и менее). Это критически важно для деформации и продвижения капель нефти через узкие поровые каналы, где капиллярные силы ранее удерживали их «запертыми». [2,3]

Полимер (Polymer) отвечает за гидродинамическую составляющую. Без него маловязкий раствор щелочи и ПАВ просто «прорвался» бы к добывающим скважинам по наиболее проницаемым путям, оставив зоны с низкой проницаемостью нетронутыми. Полимер увеличивает вязкость рабочего агента, обеспечивая поршневое вытеснение и вовлекая в разработку ранее не охваченные участки пласта.

Поверхностно-активное вещество (Surfactant) является главным инструментом ликвидации капиллярных сил, удерживающих нефть в поровых сужениях. В рамках технологии ASP применяются преимущественно анионные ПАВ (например, сульфонаты или этоксилированные сульфаты спиртов), обладающие высокой термической стабильностью.

Введение синтетического ПАВ направлено на снижение межфазного натяжения (IFT) на границе «нефть-закачиваемая вода» с исходных 30–50 мН/м до ультранизких термодинамических значений — менее 10^{-3} мН/м. Достижение данного порога знаменует собой критическое увеличение безразмерного капиллярного числа фильтрации (N_c), выражаемого соотношением вязкостных сил к капиллярным:

$$N_c = \frac{\mu * v}{\sigma} \quad (1)$$

где μ — вязкость вытесняющего флюида, v — скорость фильтрации, σ — межфазное натяжение. При росте (N_c) на 3–4 порядка капиллярно-удерживаемая нефть деформируется, дробится на тончайшие капли и образует с вытесняющей водой термодинамически стабильную

ISSN 3030-3907

микроэмульсию типа «масло в воде», приобретающую высокую подвижность.

Эта зависимость описывает **капиллярное число** (N_c) — важнейший безразмерный гидродинамический критерий, который широко применяется в нефтегазовой геологии для оценки подвижности остаточной нефти при разработке месторождений.

Также имеются **технологические нюансы** на поверхности: Узлы дозирования: Высокоточные автоматизированные станции, которые непрерывно смешивают сухие порошки полимеров и жидкие концентраты ПАВ и щелочи с потоком умягченной воды. Контроль деструкции: Полимерные молекулы легко разрушаются (рвутся) от механического сдвига. Поэтому в насосных станциях АСП используются специальные винтовые или центробежные насосы с низкой скоростью сдвига, чтобы не «разрезать» полимерные цепочки при закачке.

Делая итог высокоточные станции дозирования АСП-технологий обеспечивают смешение полимеров и ПАВ, требуя применения специального насосного оборудования для предотвращения механической деструкции (разрыва) полимерных цепочек. Успешность закачки зависит от использования винтовых или центробежных насосов с низкой скоростью сдвига, сохраняющих вязкость раствора.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ.

Технология ASP является одним из наиболее перспективных направлений развития методов увеличения нефтеотдачи. Её применение позволяет значительно повысить эффективность разработки месторождений и обеспечить более полное извлечение углеводородов из недр. Дальнейшее развитие технологии связано с совершенствованием химических составов, снижением затрат и внедрением интеллектуальных систем управления процессами разработки. Щелочь не только активирует природный потенциал нефти через образование дополнительных ПАВ, но и создает защитный барьер, минимизируя потери реагентов на породе. Это позволяет синтетическим ПАВ максимально эффективно снижать межфазное натяжение до сверхнизких значений, высвобождая заблокированную в порах нефть. В свою очередь, полимер обеспечивает необходимый контроль подвижности всей системы, предотвращая преждевременные прорывы раствора и гарантируя равномерный охват пласта. В совокупности этот синергетический механизм позволяет преодолеть капиллярные и вязкостные барьеры, обеспечивая существенный прирост коэффициента извлечения нефти на зрелых месторождениях.

ISSN 3030-3907

Важнейший практический вывод работы заключается в том, что АСП-технология предъявляет принципиально новые, повышенные требования к наземному обустройству промысла, делая невозможным использование стандартных кустовых насосных станций без кардинальной модернизации.

Также мы поняли, что успешное извлечение дополнительной нефти из пласта — это лишь половина технологического цикла; вторая, не менее сложная задача — обеспечение эффективного разделения добываемой продукции на товарную нефть и воду.

Подводя итог: Технологию ASP - этот трехкомпонентный метод является одним из наиболее перспективных третичных способов повышения нефтеотдачи на поздних стадиях разработки месторождений. Я понял, что ключевой фактор успеха заключается в синергии щелочи, ПАВ и полимера, которые эффективно вытесняют защемленную нефть из микропор. При этом я выявил, что внедрение технологии требует строгого соблюдения этапов закачки оторочек и применения специального низко-сдвигового оборудования для защиты полимерных цепей от разрушения. В заключение отмечу, что, несмотря на высокую стоимость реагентов и сложности при подготовке продукции на поверхности, развитие отечественной химии способно сделать АСП главным инструментом импортозамещения в нефтегазовой отрасли.

Важно подчеркнуть, что ASP не является универсальным решением. Успех проекта жестко ограничен геолого-физическими условиями пласта: температурой (обычно до 80–90°C во избежание деградации полимера), минерализацией пластовой воды и содержанием двухвалентных катионов (кальция и магния), которые могут вызывать выпадение осадка при взаимодействии со щелочью.

Присутствие ПАВ и щелочи в добываемой жидкости приводит к образованию сверхстойких водонефтяных эмульсий промежуточного типа. Стандартные деэмульгаторы теряют свою эффективность в таких средах. Это требует разработки специализированных химических деструкторов эмульсий и внедрения трехфазных сепараторов с увеличенным временем отстоя жидкости.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грин Д., Уиллхайт Г. Повышение нефтеотдачи пластов. — М.: Недра, 1998.
2. Лейк Л. Методы увеличения нефтеотдачи. — SPE, 2010.
3. Sheng J. Modern Chemical Enhanced Oil Recovery. — Gulf Professional Publishing, 2011.
4. Sorbie K. Polymer-Improved Oil Recovery. — Springer, 1991.

ISSN 3030-3907

5. Thomas S. Enhanced Oil Recovery – An Overview // Oil & Gas Science and Technology, 2008.
6. Yin S., Pu H., Zhou S. “An Update on Full Field Implementation of Chemical Flooding in Daqing Oilfield, China, and Its Future”, SPE-190306-MS, 2018; Sun C., Guo H. et al., Journal of Chemistry, 2020.

ISSN 3030-3907