

RESEARCH INTO COMPOSITIONS FOR REMOVING ASPHALT-PARAFFIN DEPOSITS

Z.A.Tleugaliyeva¹, A.Sh.Akkenzheyeva¹, M.B.Turkmenbayeva¹,
Y.O.Ayapbergenov^{2*}, A.K.Shakirova³

¹NJSC “Caspian University of Technology and Engineering named after Sh. Esenov”, Aktau, Kazakhstan

²Branch of “KMG Engineering” LLP “KazNIPImunaigas”, Aktau, Kazakhstan

³JSC “A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences”, Almaty, Kazakhstan

*E-mail: e.ayapbergenov@kmge.kz

Abstract: This article presents the results of laboratory studies on the effectiveness of compositions developed to remove asphalt-resin-paraffin deposits (ARPD), which form during oil production and transportation. ARPDs are solid organomineral deposits consisting mainly of paraffins, asphaltenes, resins, and mechanical impurities. They are deposited on the internal surfaces of oilfield equipment, reducing productivity and causing operational complications. This issue is particularly pertinent in fields in the Mangystau region, where the oil has a high paraffin content. As part of the study, the composition of paraffin-type ASPOs selected from different parts of the field was investigated. Based on the obtained data, hydrocarbon-based compositions (pentane-hexane fraction) were developed, incorporating non-ionic and anionic surfactants (OP-10 and Sulfonol) to provide a synergistic dissolution and dispersion effect. Laboratory studies conducted at temperatures of 25 °C and 60 °C revealed that temperature significantly impacts the rate and depth of ARPD dissolution. Compositions containing more than 6 % surfactants are up to 100 % effective at removing and dissolving ARPDs. At lower temperatures (25 °C), the efficiency of ARPD removal exceeds 98 %, making the compositions suitable for use in conditions of limited or no thermal exposure. The proposed compositions are highly efficient at destroying and removing solid deposits in a short time and contribute to reducing operating costs and increasing the reliability of oilfield equipment.

Key words: asphalt-resin-paraffin deposits, solvents, surfactants, composition, formulations, solubility, removal capacity, cleaning capacity, pentane-hexane fraction.

<i>Tleugaliyeva Zhanetta Askhatovna</i>	First-year Master's student; E-mail: zh.tleugaliyeva@kmge.kz
<i>Akkenzheyeva Anar Shynabayevna</i>	Candidate of Sciences in Technology; E-mail: anar.akkenzheyeva@yu.edu.kz
<i>Turkmenbayeva Maira Bekbolatovna</i>	Candidate of Sciences in Chemistry; E-mail: maira.turkmenbayeva@yu.edu.kz
<i>Ayapbergenov Yerbolat Ozarbayevich</i>	Candidate of Sciences in Technology; E-mail: E.Ayapbergenov@kmge.kz
<i>Shakirova Ainur Kyzyrbekovna</i>	Candidate of Sciences in Chemistry; E-mail: sh_ainura1029@mail.ru

Citation: Tleugaliyeva Z.A., Akkenzheyeva A.Sh., Turkmenbayeva M.B., Ayapbergenov Y.O., Shakirova A.K. Research into compositions for removing asphalt-paraffin deposits. *Chem. J. Kaz.*, 2025, 3(91), 114-122. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-3.2710-1185.40>

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ АСФАЛЬТОСМОЛОПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

**Ж.А.Тлеугалиева¹, А.Ш.Аккенжеева¹, М.Б.Туркменбаева¹,
Е.О.Аяпбергенов^{2*}, А.К.Шакирова³**

¹НАО «Каспийский университет технологии и инжиниринга имени Ш. Есенова», Актау, Казахстан

²Филиал ТОО «КМГ Инжиниринг» «КазНИПИмунайгаз», Актау, Казахстан

³АО «Институт химических наук имени А.Б. Бектурова», Алматы, Казахстан

*E-mail: e.ayapbergenov@kmtge.kz

Резюме. В статье представлены результаты лабораторных исследований разработанных эффективных композиций, предназначенных для удаления асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО), образующихся в процессе добычи и транспортировки нефти. АСПО представляют собой твёрдые органоминеральные осадки, состоящие преимущественно из парафинов, асфальтенов, смол и механических примесей, которые откладываются на внутренних поверхностях нефтепромыслового оборудования, снижая его производительность и вызывая осложнения в эксплуатации. Особенно актуальна данная проблема для месторождений Мангистауского региона, где нефть характеризуется повышенным содержанием парафинов. В рамках работы изучен состав АСПО парафинового типа, отобранных с различных участков исследуемого месторождения. На основе полученных данных были разработаны композиции на углеводородной основе (пентан-гексановая фракция) с добавлением неионогенного и анионного поверхностно-активных веществ (ОП-10 и сульфонол), обеспечивающих синергетический эффект растворения и диспергирования. Результаты лабораторных исследований при температурах 25 °С и 60 °С показали, что температурный режим оказывает существенное влияние на скорость и глубину растворения АСПО. Композиции, содержащие более 6 % ПАВ, обеспечивают эффективность удаления и растворения АСПО до 100 %. При пониженных температурах (25 °С) эффективность удаления АСПО превышает 98 %, что делает составы пригодными для применения в условиях ограниченного или отсутствующего термического воздействия. Предложенные композиции демонстрируют высокую эффективность в разрушении и удалении твёрдых отложений за короткое время, способствуют снижению эксплуатационных затрат и повышению надёжности работы нефтепромыслового оборудования.

Ключевые слова: асфальтено-смоло-парафиновые отложения, растворители, поверхностно-активные вещества, композиция, составы, растворяющая способность, удаляющая способность, моющая способность, пентан-гексановая фракция.

<i>Тлеугалиева Жанетта Аскарровна</i>	<i>Магистрант первого года обучения</i>
<i>Аккенжеева Анар Шынабаевна</i>	<i>кандидат технических наук</i>
<i>Туркменбаева Майра Бекболатовна</i>	<i>кандидат химических наук</i>
<i>Аяпбергенов Ерболат Озарбаевич</i>	<i>кандидат технических наук</i>
<i>Шакирова Айнур Кызырбековна</i>	<i>Кандидат химических наук</i>

1. Введение

Образование асфальтено-смолисто-парафиновых отложений (АСПО) нефти является одной из наиболее актуальных проблем, влияющих на обеспечение бесперебойного процесса нефтедобычи. На протяжении всего срока эксплуатации нефтегазовых месторождений парафиноотложение остается одной из наиболее острых и технологически сложных задач, возникающих в процессе добычи, транспортировки и переработки нефти [1, 2]. АСПО формируются вследствие выпадения из нефти высокомолекулярных компонентов – парафинов, смол и асфальтенов – при

изменении термобарических условий и фазового состава в процессе её движения от продуктивного пласта к устью скважины, а также в ходе последующего транспорта по магистральным трубопроводам. Накопление АСПО в проточной части нефтепромыслового оборудования и на внутренней поверхности трубопроводов приводит к снижению общей производительности системы, сокращению межремонтного периода эксплуатации скважин, а также снижению эффективности работы насосных установок [3, 4]. Особую актуальность проблема АСПО приобретает в регионах, таких как Мангистауская область, где нефть характеризуется высоким содержанием парафинов.

Известно [4–7], что по своему составу АСПО представляют собой сложную многокомпонентную систему, включающую асфальтены, парафины, смолы и механические примеси, а также незначительное количество нефти и воды, удерживаемых в поровом пространстве отложений. Основными компонентами, принимающими непосредственное участие в формировании АСПО, являются асфальтены и парафины. Смолы не участвуют непосредственно в процессе образования отложений, однако сооткладываются вместе с асфальтенами, способствуя стабилизации структуры осадка. Парафины представляют собой неполярные и неароматические соединения, неспособные к самопроизвольной ассоциации. Они хорошо растворимы в легких алканах и склонны к кристаллизации при понижении температуры. Асфальтены, напротив, являются наиболее полярными и ароматическими компонентами нефти, склонными к самосооциации даже в сильно разбавленных растворах; они нерастворимы в алканах и не кристаллизуются при охлаждении. Удаление АСПО с применением органических растворителей представляет собой комплексный физико-химический процесс, включающий одновременно растворение и диспергирование компонентов отложений. Существенные различия в растворимости парафинов, асфальтенов и смол в различных классах углеводородов обуславливают необходимость тщательного подбора растворяющей и удаляющей композиции с учетом молекулярной природы каждого из компонентов АСПО.

В практике нефтедобычи борьба с отложениями АСПО осуществляется по двум основным направлениям: предотвращение их образования и удаление уже сформировавшихся отложений. Оба подхода реализуются с применением как физических, так и химических методов воздействия [8].

Использование растворителей для удаления уже сформировавшихся твердых отложений АСПО является одним из наиболее известных и широко применяемых методов интенсификации технологических процессов добычи, транспортировки и переработки нефти [9].

В патентных работах, представленный в [10, 11] рассмотрены составы композиций для удаления АСПО. Однако их применение сопровождается рядом недостатков, таких как недостаточная эффективность (менее 95 % по отношению к АСПО), высокая продолжительность и энергоёмкость

процесса, а также значительная стоимость, обусловленная дефицитом химических реагентов, входящих в состав композиции. Последние, как правило, представляют собой продукты или полупродукты нефтепереработки с высокой стоимостью. Дополнительным ограничением является использование токсичных ароматических углеводородов в качестве растворителя.

Таким образом, нами проведены научные исследования, направленные на разработку эффективной композиции для растворения и удаления твердых отложений АСПО, обладающей доступностью и не токсичностью.

2. Экспериментальная часть

Поставленная задача для растворения и удаления АСПО решается тем, что был разработан состав на основе пентан-гексановой фракций, неионогенного поверхностно-активного вещества и анионоактивного поверхностно-активного вещества (сульфонол). Для повышения эффективности растворения и удаления АСПО в состав композиции введена смесь неионогенного и анионоактивного ПАВ – ОП-7 и сульфонол (синергетический эффект) [10].

Для определения эффективности растворения АСПО из твёрдых отложений АСПО формируют образцы в виде шарика диаметром 10–15 мм. Взвешивают на аналитических весах без сетки и вместе с сеткой. Для определения эффективности удаления АСПО поверхность формы отшлифовывается шлифовальной бумагой №0, обезжиривается ацетоном, высушивается и определяется ее масса. После навеску АСПО расплавляют на водяной бане с температурой $(80 \pm 0,5)^\circ\text{C}$, гомогенизируют перемешиванием, далее содержимое стакана заливают в форму. Лишняя часть отложения снимается с формы при помощи металлической пластины тогда, когда отложение не полностью застыло. Поверхность нанесённого слоя АСПО должна быть ровной, отложение должно заполнить весь объем формы. Форму с АСПО оставляют на сутки для высыхания до постоянной массы на открытом воздухе. Перед проведением испытаний определяют массу формы с АСПО, образцы АСПО без корзины и с корзиной.

Для оценки эффективности формы АСПО опускают в стакан с составом объёмом 50–100 см³. Время опыта для растворения АСПО не более 3 часов, для удаления АСПО – не более 1 часа. Температура эксперимента плюс 25 °C и не выше 60 °C. По истечению времени формы извлекают, высушивают в течение 24 часов и взвешивают. Для каждого образца проведено не менее двух параллельных определений.

Эффективность рассчитывают по формуле:

$$\Xi = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100, \% \text{ масс.}$$

За результат анализа принимают среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2}{2}$$

3. Результаты и обсуждение

В процессе лабораторных исследований изучен состав АСПО, отобранных с различных участков исследуемого месторождения. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Состав отложений АСПО с различных участков исследуемого месторождения

Образец	Содержание, % масс.				П/(А+С)	Тип отложений
	парафины	асфальтены	смолы	мех. прим.		
№1	19.3	0.5	9.8	9.2	1.9	парафиновый
№2	12.4	1.9	7.0	11.03	1.4	парафиновый
№3	19.2	0.6	10.0	66.8	1.8	парафиновый
№4	20.6	0.1	7.7	0.2	2.6	парафиновый
№5	19.3	0.1	6.5	2.8	2.9	парафиновый
№6	19.2	0.2	7.5	2.8	2.5	парафиновый
№7	18.0	0.5	6.7	7.1	2.5	парафиновый
№8	17.2	0.2	6.0	0.1	2.8	парафиновый
<i>среднее</i>	<i>18.2</i>	<i>0.5</i>	<i>7.7</i>	<i>12.5</i>	<i>2.3</i>	<i>парафиновый</i>

Лабораторные исследований показали, что образцы АСПО относятся к парафиновому типу с температурой плавления 74 °С, и количественно содержат (% масс.): механические примеси – 0,1...66,8; асфальтены – 0,1...1,9; парафины – 12,4...20,6 и смолы – 6,0...10,0.

В таблице 2 представлен состав исследуемых композиций, условия проведения экспериментов и полученные результаты.

Таблица 2 – Состав композиций для удаления АСПО

Параметры	Результаты					
	№1	№2	№3	№4	№5	№6
Составы, %						
ОП-10	–	1.75	3.5	10.5	21,0	33.25
сульфанол	–	0.5	1.0	3.0	6.0	9.5
ПГФ	100.00	97.75	95.5	86.5	73.0	57.25
Эффективность, %						
Растворения АСПО в течение 3 ч. при 25 °С	64.33	96.4	95.21	95.77	94.2	97.05
Растворения АСПО в течение 3 ч. при 60 °С	71.65	98.82	100	99.44	99.26	99.4
Удаления АСПО в течение 1 ч. при 25 °С	69.1	95.92	96.85	96.09	96.87	97.69
Удаления АСПО в течение 1 ч. при 60 °С	75.77	99.87	100	99.9	100	100
Моющая способность при 25 °С	64.3	96.4	95.2	95.8	94.2	97.1
Моющая способность при 60 °С	71.7	98.8	100	99.5	99.3	99.4

Проведенные исследования показали, что температурный режим оказывает существенное влияние на эффективность композиций, предназначенных для удаления отложений АСПО. Во всех случаях повышение температуры от 25 °С до 60 °С способствовало увеличению степени растворения, удаления и отмыва АСПО.

В первую очередь была оценена эффективность применения индивидуального растворителя (состав №1). Согласно результатам проведенных исследований, эффективность контрольного состава №1 в отношении разрушения и растворения АСПО не превышает 76 %. Это указывает на недостаточную способность индивидуального растворителя к удалению твердых АСПО. Для повышения эффективности композиции необходимо формирование поликомпонентного состава, обладающего универсальными свойствами по отношению к различным типам АСПО. Для решения данной задачи были разработаны композиции, содержащие смесь неионогенного и анионного ПАВ, способствующих улучшению удаляющей и растворяющей способности компонентов АСПО.

Составы №№2...6 обеспечили высокую эффективность (более 99 %) как при растворении, так и при удалении сформированных твердых отложений АСПО, что также подтверждается их выраженной моющей способностью. Высокая эффективность данных составов обусловлена синергетическим действием растворителя (ПГФ) и ПАВ, а также оптимальным соотношением полярных и неполярных компонентов. Такие

составы обеспечивают не только растворение твердой фазы АСПО, но и эффективную десорбцию с поверхностей трубопроводов и оборудования (удаление АСПО).

Визуальное наблюдение за процессом взаимодействия показало, что при применении исследуемых композиции в первые же часы наблюдается набухание и частичное растворение образцов АСПО, а полное растворение достигается в течение трех часов. Установлено, что с увеличением содержания ПАВ в композициях по отношению к растворению, удалению и отмыванию АСПО возрастает пропорционально, достигая 100 %, в отличие от контрольного индивидуального углеводородного растворителя (состав №1).

Следует отметить, что исследуемые композиции сохраняют высокую эффективность и при 25 °С, что представляет собой важное практическое преимущество для их применения в условиях пониженных температур и при невозможности предварительного подогрева системы.

Результаты испытаний разработанных композиций показали, что заявленный состав обеспечивает эффективность удаления АСПО с поверхности, достигающую 98 % при температуре 25 °С и 100 % при 60 °С в течение 1 часа. При прочих равных условиях эффективность растворения твердых отложений АСПО при 25 °С составляет до 99 %, а при 60 °С достигает полное растворение в течение трех часов.

Таким образом, применение разработанной композиции позволит эффективно растворять и удалять твердые органические отложения с поверхности нефтепромысловых оборудования как при пониженных, так и при повышенных температурах за короткий промежуток времени. Применение данных композиции позволят снизить эксплуатационные затраты нефтедобычи, а также решить процессы осложнения нефтедобычи, вызванных высоким содержанием высокомолекулярных компонентов нефти.

4. Заключение

На основании представленных в работе результатов можно сделать вывод, что разработанные композиций обладают высокой эффективностью в отношении растворения и удаления твердых АСПО, а также характеризуются выраженными моющими свойствами.

Испытанные составы на основе пентан-гексановой фракции с добавлением неионогенных и анионных ПАВ показали выраженный синергетический эффект, обеспечивающий универсальность и адаптируемость к различным условиям эксплуатации, включая низкотемпературные режимы. Разработанные композиции могут быть успешно применимы в системах добычи и транспортировки нефти, обеспечивая эффективное решение задачи борьбы с твердыми АСПО. Представленные разработки обладают высоким потенциалом для внедрения

в нефтегазовой отрасли Казахстана, что открывает перспективы дальнейшей оптимизации рецептур и интеграции данного подхода.

Конфликт интересов: в работе отсутствует конфликт интересов между авторами.

АСФАЛЬТ-ШАЙЫР-ПАРАФИН ШӨГІНДІЛЕРІН КЕТІРУГЕ АРНАЛҒАН КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ ҚҰРАМДАРДЫ ЗЕРТТЕУ

Ж.А. Тлеугалиева¹, А.Ш. Аккенжеева¹, М.Б. Туркменбаева¹, Е.О. Аяпбергенов², А.К. Шакирова³

¹*«Ш. Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг университеті» КЕАҚ, Ақтау, Қазақстан*

²*«КМГ Инжиниринг» ЖШС филиалы «ҚазақмұнайгазГЗЖИ», Ақтау, Қазақстан*

³*«А.Б. Бектуров атындағы Химия ғылымдары институты» АҚ, Уалиханов көшесі, Алматы, Қазақстан*

**E-mail: e.ayapbergenov@kmg.kz*

Түйіндемe. Мақалада мұнай өндіру және тасымалдау барысында пайда болатын асфальт-шайыр-парафин (АШП) шөгінділерін кетіруге арналған тиімді композициялардың зертханалық зерттеу нәтижелері келтірілген. АШП шөгінділері – негізінен парафиндерден, асфальтендерден, шайырлардан және механикалық қоспалардан тұратын қатты органоминаралдық тұнбалар болып табылады, олар мұнай кен орындарындағы жабдықтардың ішкі беттеріне шөгіп, жүйенің өнімділігін төмендетіп, пайдалану үдерісінде түрлі қиындықтар туындатады. Бұл мәселе әсіресе парафин мөлшері жоғары болатын Маңғыстау өңіріндегі кен орындары үшін өзекті. Зерттеу аясында кен орнының әртүрлі учаскелерінен алынған парафиндік типтегі АШП шөгінділерінің құрамы зерттелді. Алынған мәліметтер негізінде көмірсутек негізіндегі (пентан-гексан фракциясы) және беттік-белсенді заттардың (ББЗ) – бейионды (ОП-10) және аниондық (сульфонол) қоспалары бар композициялар әзірленді. Бұл компоненттер АШП құрылымын ерітіп, диспергирлеу процесінде синергетикалық әсер береді. 25 °C және 60 °C температурада жүргізілген зертханалық тәжірибелердің нәтижелері температуралық режимнің АШП еріту жылдамдығы мен тереңдігіне айтарлықтай әсер ететінін көрсетті. Құрамында 6 %-дан астам ББЗ бар композициялар АШП-ны еріту мен кетірудің 100 % тиімділігін қамтамасыз етеді. Төмен температура жағдайында (25 °C) АШП-ны кетіру тиімділігі 98 %-дан асады, бұл әзірленген құрамдарды жылулық әсер шектеулі немесе мүлде жоқ жағдайда қолдануға мүмкіндік береді. Ұсынылған композициялар қысқа уақыт ішінде қатты шөгінділерді тиімді ерітіп, кетіру арқылы мұнай өндірісіндегі жабдықтардың сенімділігін арттырып, пайдалану шығындарын азайтуға ықпал етеді.

Түйін сөздер: асфальт-шайыр-парафин шөгінділері, еріткіштер, беттік-белсенді заттар, композиция, құрам, еріткіштік қабілеті, кетіру қабілеті, жуу қабілеті, пентан-гексан фракциясы.

<i>Тлеугалиева Жанетта Аскарвна</i>	<i>бірінші курс магистранты</i>
<i>Аккенжеева Анар Шынабаевна</i>	<i>техника ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Турменбаева Майра Бекболатовна</i>	<i>химия ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Аяпбергенов Ерболат Озарбеович</i>	<i>техника ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Шакирова Айнуր Кызырбековна</i>	<i>химия ғылымдарының кандидаты,</i>

References

1. Mätiyev K.I., Samedov A.M., Alsafarova M.E., Hasanov Kh.I., Nurullaev V.Kh. Prevention of asphaltene-resin-paraffin deposits in the process of oil transportation. *SOCAR Proceedings*. **2024**, 2, 101–104. DOI: 10.5510/OGP20240200973
2. Javdani M., Shakouri S., Mohammadzadeh-Shirazi M. Experimental assessment of chemical solvents for asphaltic sludge removal to mitigate formation damage in oil reservoirs. *Sci Rep*. **2025**, 15(1), 1–12. DOI: 10.1038/s41598-025-06062-1

3. Mitroshin A.V. Determination of the minimum measures in the well to prevent the formation of asphalt-resin-paraffin deposits. *Perm Journal of Petroleum and Mining Engineering*. **2021**, 21(2), 94–100. DOI: 10.15593/2712-8008/2021.2.7
4. Saadon S., Rahman R.N.Z.R.A., Kamarudin N.H.A., Shahrudin S., Shafian S.R.M., Wazir N.A., Ali M.S.M. Novel approach of tackling wax deposition problems in pipeline using enzymatic degradation process: challenges and potential solutions. *Processes*. **2024**, 12, 2074. DOI: 10.3390/pr12102074
5. Stratiev D., Nikolova R., Veli A., Shishkova I., Toteva V., Georgiev G. Mitigation of asphaltene deposit formation via chemical additives: a review. *Processes*, **2025**, 13, 141. DOI: 10.3390/pr13010141
6. Rogel E., Lezcano M., Yee N., Witt M. Effect of aging on deposit characteristics obtained by crude oil blending. *Energy Fuels*. **2023**, 37, 1848–1856. DOI: 10.3390/resources13060086
7. Ghamartale A.; Rezaei N.; Zendehboudi S. Alternation of asphaltene binding arrangement in the presence of chemical inhibitors: molecular dynamics simulation strategy. *Fuel*. **2023**, 336, 127001. DOI: 10.1016/j.fuel.2022.127001
8. Mitroshin A.V. Determination of minimum well interventions to prevent asphalt-resin-paraffin deposits formation. *Nedropolzovanie*. **2021**, 21(2), 94–100. DOI: 10.15593/2712-8008/2021.2.7
9. Shram V.G., Orlovskaya N.F., Ivanova S.I., Kramarenko V.A. Problems and methods of combating asphalt-paraffin deposits. *News of Tula State University. Technical Sciences*. **2022**, 5, 186–191. DOI: 10.24412/2071-6168-2022-5-186-191
10. Patent No. 36845 Republic of Kazakhstan. IPC C09K 8/524. E21B 37/06. Composition for removing asphaltene-resin-paraffin. Ayapbergenov E.O., Tazhenbaeva U.Zh., Uginisov M.A.; applicant and patent holder Ayapbergenov E.O. **2023.0238.1**, filed 04.04.2023, published 12.07.2024 Bulletin No. 28'2024.
11. Sanati A., Malayeri M.R., Busse O., Weigand J.J. Inhibition of asphaltene precipitation using hydrophobic deep eutectic solvents and ionic liquid. *J. Mol. Liq.* **2021**, 334, 116100. DOI: 10.1016/j.molliq.2021.116100