

УДК 678.029.46; <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2024-6.15>

<https://orcid.org/0000-0002-3568-2043>

<https://orcid.org/0000-0001-7913-7453>

<https://orcid.org/0000-0002-2275-5493>

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО КОМПОНЕНТА НЕФТЕШЛАМА В РЕЦЕПТУРЕ РЕЗИНОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ



Б.Ш. ХАСАНХОДЖАЕВА,
докторант,
bibi-mariyam93@mail.ru



Г.Ф. САГИТОВА,
кандидат технических наук,
профессор,
guzalita.f1978@mail.ru



А.Н. ТІЛЕУБЕРДІ,
PhD,
17tile@gmail.com

¹УЖНО-КАЗАХСТАНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М.АУЭЗОВА
Республика Казахстан, г. Шымкент, 160000, пр-т Тауке хана, 5

Описаны результаты исследования физико-химических свойств нефтешлама, его органической части нефтешлама и масла ПН-6ш. Для анализа использовались методы жидкостной хромато-масс-спектрометрии и инфракрасной спектроскопии. На основе физико-механических испытаний нефтешламов ТОО «ПетроКазахстан Ойл Продактс», установлено, что их состав включает органические соединения, твердые неорганические компоненты и воду. Основная доля органической фракции нефтешлама представлена парафинами и асфальто-смолистыми веществами. Наличие органических соединений в нефтешламе позволяет предполагать пластифицирующий эффект при введении органической части нефтешлама в состав резиновых смесей.

Результаты физико-химического анализа нефтешлама, органической части нефтешлама и масла ПН-6ш свидетельствуют о возможности замены масла ПН-6ш органической части нефтешлама в резиновых составах, что открывает перспективы для поиска более экономически эффективных способов производства резиновых материалов. В рамках исследования была разработана резиновая смесь для изготовления резиновых уплотнений гидрозатворов с использованием органической части нефтешлама вместо масла ПН-6ш. Полученные смеси продемонстрировали удовлетворительные физико-механические характеристики.

Установлено, что органическая часть нефтешлама может быть использована в дозировках 2,0–6,0 масс.ч. в эластомерных композициях на основе каучука СКИ-3. Показано, что при введении органической части нефтешлама в эластомерную композицию вязкость по Муни резиновых смесей увеличивается на 9,09 %, а время до достижения максимальной скорости вулканизации для резиновых уплотнений гидрозатворов сокращается до 3 минут 9 секунд, что выгодно отличает исследуемую смесь от эталонной. Использование вторичного продукта, такого как органическая часть нефтешлама, в составе эластомерных композиций позволяет снизить себестоимость продукции без потери основных эксплуатационных свойств.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нефтешлам, вязкость, резиновая смесь, уплотнения гидрозатворов, физико-химические свойства.

РЕЗИНА ТЫҒЫЗДАҒЫШЫ РЕЦЕПІНДЕ МҰНАЙ ШЛАМЫНЫҢ ОРГАНИКАЛЫҚ КОМПОНЕНТІН ҚОЛДАНУ МҰМКІНДІГІН ЗЕРТТЕУ

Б.Ш. ХАСАНХОДЖАЕВА, докторант, bibi-mariyam93@mail.ru

Г.Ф. САГИТОВА, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, guzalita.f1978@mail.ru

А.Н. ТІЛЕУБЕРДІ, PhD, 17tile@gmail.com

М.ӘУЕЗОВ АТЫНДАҒЫ ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН УНИВЕРСИТЕТІ,
Қазақстан Республикасы, 160000, Шымкент қ., Тәуке хан даңғылы, 5.

Ұсынылған жұмыста мұнай шламының физика-химиялық қасиеттерін, оның мұнай шламының органикалық бөлігін және ПН-6ш майын зерттеу нәтижелері сипатталған. Талдау үшін сұйық хромат-масс-спектрометрия және инфрақызыл спектроскопия әдістері қолданылды. "ПетроҚазақстан Ойл Продактс" ЖШС мұнай шламдарын физика-механикалық сынау негізінде олардың құрамына органикалық қосылыстар, қатты бейорганикалық компоненттер мен су кіретіні анықталды. Мұнай шламының органикалық фракциясының негізгі үлесі парафиндер мен асфальт-шайырлы заттардан тұрады. Мұнай шламында органикалық қосылыстардың болуы резина қоспаларының құрамына мұнай шламының органикалық бөлігін енгізу кезінде пластификациялық әсерді болжауға мүмкіндік береді.

Мұнай шламын, мұнай шламының органикалық бөлігін және ПН-6ш майын физика-химиялық талдау нәтижелері резина құрамдардағы мұнай шламының органикалық бөлігін ПН-6ш майымен алмастыру мүмкіндігін көрсетеді. Бұл резина материалдарын өндірудің экономикалық тиімді әдістерін іздеуге перспективтілікті ашады. Зерттеу барысында ПН-6ш майының орнына мұнай шламының органикалық бөлігін қолдана отырып, гидравликалық тығыздағыштардың резина тығыздағыштарын жасау үшін резина қоспасы жасалды.

СКИ-3 каучугі негізіндегі эластомерлік композицияларда мұнай шламының органикалық бөлігін 2,0–6,0 масса мөлшерінде қолдануға болатындығы анықталды. Мұнай шламының органикалық бөлігін эластомерлік композицияға енгізген кезде резина қоспаларының Муни тұтқырлығы 9,09% - ға артады, ал гидравликалық тығыздағыштардың резина тығыздағыштары үшін вулкандандыру максималды жылдамдығына жеткенге дейінгі уақыт 3 минут 9 секундқа дейін қысқарады. Бұл зерттелетін қоспаны эталонды қоспадан тиімді ажыратады. Эластомерлік композициялар құрамында мұнай шламының органикалық бөлігі сияқты екіншілік өнімді пайдалану негізгі пайдалану қасиеттерін жоғалтпай өнімнің өзіндік құнын төмендетуге мүмкіндік береді.

ТҮЙІН СӨЗДЕР: мұнай шламы, тұтқырлық, резина қоспасы, су тығыздағыштарды тығыздау, физика-химиялық қасиеттері

STUDY ON THE FEASIBILITY OF USING THE ORGANIC COMPONENT OF OIL SLUDGE IN RUBBER SEAL FORMULATIONS

B.SH. KHASSANKHOJAYEVA, doctoral student, *bibi-mariyam93@mail.ru*
G.F. SAGITOVA, Candidate of Technical Sciences, professor, *guzalita.f1978@mail.ru*
A.N. TILEUBERDI, PhD, *17tile@gmail.com*

M. AUEZOV SOUTH KAZAKHSTAN STATE UNIVERSITY,
 Tauke Khan Avenue, 5, Shymkent, Republic of Kazakhstan, 160000

This study presents the results of an investigation into the physicochemical properties of oil sludge, its organic fraction, and PN-6sh oil. Liquid chromatography-mass spectrometry and infrared spectroscopy were used for analysis. Based on the physico-mechanical testing of oil sludge samples from PetroKazakhstan Oil Products LLP, it was determined that the composition of the oil sludge includes organic compounds, solid inorganic components, and water. The main portion of the organic fraction of the oil sludge consists of paraffins and asphalt-resin substances. The presence of organic compounds in the oil sludge suggests a plasticizing effect when the organic fraction is introduced into rubber mixtures.

The results of the physicochemical analysis of oil sludge, its organic fraction, and PN-6sh oil indicate the feasibility of replacing PN-6sh oil with the organic fraction of oil sludge in rubber formulations, offering economically efficient approaches to the production of rubber materials. As part of the research, a rubber mixture was developed for manufacturing rubber seals for water traps using the organic fraction of oil sludge as a substitute for PN-6sh oil. The developed mixtures demonstrated satisfactory physical and mechanical characteristics.

It was established that the organic fraction of oil sludge can be used in doses ranging from 2.0 to 6.0 parts by weight in elastomer compositions based on SKI-3 rubber. It was shown that introducing the organic fraction of oil sludge into the elastomer composition increases the Mooney viscosity of rubber mixtures by 9.09%, while the time to reach the maximum vulcanization rate for rubber seals of water traps is reduced to 3 minutes and 9 seconds, making the tested mixture superior to the reference one. The use of a secondary product, such as the organic fraction of oil sludge, in elastomer compositions helps reduce production costs while maintaining essential performance characteristics.

KEY WORDS: *oil sludge, viscosity, rubber mixture, water trap seals, physicochemical properties.*

Введение. В процессе функционирования нефтеперерабатывающих и нефтедобывающих предприятий, а также при аварийных ситуациях, утечках нефтепродуктов, очистке резервуаров и проведении ремонтных операций образуются вещества, представляющие опасность для природной среды. Эти вещества, известные как нефтешламы [1], представляют собой смеси с многофазным составом, включающие грязь, глинистые механические соединения и разнообразные вязкие влажные отходы. Нефтешламы имеют сложную структуру и образуют гетерофазные системы, включающие как нефтепродукты, так и минеральные примеси.

В Южно-Казахстанском университете имени М. Ауэзова и лаборатории узбекско-японского инновационного центра при Ташкентском государственном техническом университете имени Ислама Каримова были проведены исследования физико-химических характеристик и компонентного состава нефтешламов, предо-

ставленных ТОО «ПетроКазахстан Ойл Продактс» (ТОО ПККОП) г. Шымкент. Эти исследования позволяют глубже понять источники нефтешламов, а также разработать методы их утилизации и переработки.

Образование нефтешламов происходит при отделении воды от нефти, что вызывает осаждение твердых частиц на дне резервуаров. Такие осадки обладают низким агрегатным состоянием, и их состав и свойства зависят от характеристик исходной нефти. Нефтешламы также являются источником токсичных тяжелых металлов, опасных для окружающей среды. С точки зрения экологии микроэлементы в нефти делятся на нетоксичные (например, Si, Fe, Al, Ca, Mg, P) и токсичные (V, Ni, Co, Pb, Cu, Ag, Hg, Mo), которые могут представлять опасность для живых организмов. Ванадий и никель, входящие в состав порфириновых комплексов, могут достигать концентрации 40% на зольную массу (0,04% от общей массы нефти).

Смолисто-асфальтеновые соединения, содержащиеся в нефтешламах, оказывают негативное воздействие на почву не только за счет химической токсичности, но и путем изменения её водно-физических свойств. Эти соединения, как правило, накапливаются в верхнем слое почвы, уменьшая её пористость и, обволакивая корни растений, препятствуют поступлению влаги, что может приводить к их засыханию.

Таким образом, литературные данные [3-7] показывают, что нефтесодержащие отходы являются одним из основных источников загрязнения окружающей среды, обладающих высокой токсичностью и канцерогенными свойствами, что требует разработки комплексных технологий для их нейтрализации. Утилизация нефтешламов актуальна как с экологической точки зрения, так и в контексте возможности использования нефтяных отходов в качестве вторичных ресурсов для создания полезных материалов. В рамках проведенных исследований были изучены физико-химические свойства нефтешламов ТОО «ПККОП» и выделены их органические компоненты, которые использовались в лабораторных условиях для разработки резиновой смеси, подходящей для изготовления уплотнений гидрозатворов.

Материалы и методы исследования. объектом исследования являются: нефтешлам – отходы ТОО «ПККОП» г. Шымкент и резиновая смесь для изготовления резиновых уплотнений гидрозатворов.

Для проведения эксперимента была отобрана средняя проба нефтешламов из отстойной ямы ТОО «ПККОП». Для выделения органической части нефтешлама использовался метод экстракции с применением экстрактора Сокслета (аппарат Сокслета).

В качестве экстрагента применяли бензол. Экстракцию проводили до прекращения окрашивания экстрагента. Исследования проводились в круглодонной колбе. Загружали 700 г нефтешлам и 300 г. смеси бензола и дихлорметана в соотношении 1:1. Колбу устанавливали над электрической плиткой и подсоединяли к ней обратный холодильник и термометр. Экстракцию проводили при 80 °С в течение двух часов с момента закипания смеси в колбе. После этого отключали нагрев и после 1,5-2 часов отстаивания полученную смесь, состоящую из органической части нефтешлама и растворителя, отделяли декантацией от минеральной твердой части.

Затем простой перегонкой отгоняли растворитель, который можно использовать повторно для экстракции. Органическая часть остается после перегонки в колбе. Органическую часть из нефтешлама (ОЧН) извлекли экстракцией. В качестве экстрагента использовали толуол.

Групповой химический состав изучали методом жидкостно-адсорбционной хроматографии с масс-селективным детектором на приборе XEVO TQ-GC/GC-8890.

Исследование функциональных групп в составе органической части нефтешлама методом ИК – спектроскопии осуществлялась по стандартной методике на однолучевом ИК-Фурье спектрометре ShimadzuIRPrestige-21 с приставкой нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) Miracle фирмы PikeTechnologie.

Резиновую смесь получали на вальцах (ГОСТ 14333-79Е Вальцы резинообработывающие).

Определение вязкости по Муни осуществляли методом ротационной вискозиметрии в соответствии с ГОСТ Р 54552–2011 [8].

Кинетических параметров вулканизации – по ГОСТ Р 54547–2011 [9].

Упруго-прочностные характеристики образцов определяли на разрывной машине согласно ГОСТ 270–75 [10].

Стойкость образцов к термическому старению в среде воздуха оценивали по изменению относительного удлинения при разрыве и условной прочности при растяжении после выдержки их в термостате при температуре 100°C в течение 72 ч, испытание проводили в соответствии с ГОСТ 9.024–74 [11].

Относительная погрешность измерений вышеуказанных методик не превышала 4,5% с вероятностью 0,95.

Результаты и обсуждение. Согласно проведенным исследованиям исходного нефтешлама (образец 1), органической части нефтешлама (образец 2) ТОО «ПКОП» и масла ПН – бш (образец 3), представлены полный углеводородный и элементный состав такими методами анализа, как жидкостно-адсорбционная хроматография, ИК-спектроскопия.

Метод жидкостно-адсорбционной хроматографии позволил разделить тяжелые нефтепродукты на 7 групп.

На *рисунке 1* показан количественный анализ, который был выполнен методом нормализации площадей хроматографических пиков (*рисунк 1*).

Как видно из *рисунка 1*, органическая часть нефтешлама характеризуется высоким содержанием парафинов и асфальто-смолистых веществ. Результаты определения группового химического состава нефтяного шлама, ОЧН и масла ПН-6Ш методом жидкостно-адсорбционной хроматографии приведен в *таблице 1*.

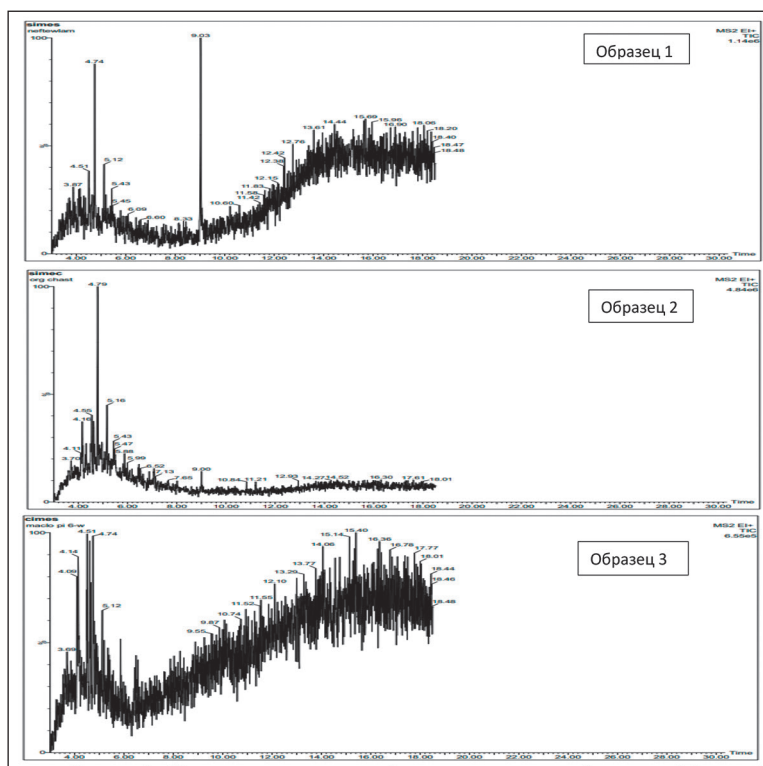


Рисунок 1 – Масс спектрометрический анализ исходного нефтешлама (образец 1), ОЧН (образец 2) и масло ПН – 6ш (образец 3)

Таблица 1 – Результаты определения группового химического состава нефтяного шлама, ОЧН и масла ПН-6Ш методом жидкостно-адсорбционной хроматографии

Группы углеводородов	Содержание, масс.%		
	Исходной нефтешлам (Образец 1)	Органическая часть нефтешлама (Образец 2)	Масло ПН-6Ш (Образец 3)
Парафино-нафтеновая	36,7	57,0	50,1
Легкая ароматика	8,5	8,7	8,6
Средняя ароматика	12,5	12,1	12,2
Тяжелая ароматика	10,4	4,2	9,2
Смолы I	14,3	4,3	7,6
Смолы II	12,3	6,2	8,9
Асфальтены	5,3	7,5	3,4

Результаты анализа показывают, что парафины-нафтены составляют наибольшую долю, достигая почти 57 масс.%, смолы – до 14,3 масс.%, а средние ароматические углеводороды – около 12,5 масс.%.

Стоит отметить, что содержание смол I указывает на углеводороды, растворимые в бензоле, тогда как смолы II представляют собой вещества, растворимые в спирто-бензольной смеси. Доля асфальтенов составляет до 7,5 масс.%, что требует применения специальных методов при переработке данного образца.

В образце № 3 наблюдается большее содержание парафино-нафтеновых углеводородов. Во всех образцах содержание легкой и средней ароматики остаётся на схожем уровне.

Таким образом, анализ полученных данных показывает, что по составу и свойствам органическая часть нефтяных отходов приближается к тяжелым остаткам нефтей Казахстана. Для нее характерны повышенное содержание смол и асфальтенов, повышенная плотность, что можно объяснить высокой реакционной способностью смол, которые легко окисляются с образованием асфальтенов. Этот процесс ускоряется за счет развитой поверхности минеральной части нефтешламов, что приводит к окислительному дегидрированию смол в асфальтены.

Более детальное изучение углеводородного состава осуществлялась ИК-спектроскопией, согласно которой определены функциональные группы в составе экспериментального образца. Полученные ИК-спектры представляют собой зависимость поглощения (уменьшения энергии световой волны при ее распространении в веществе) образца от волнового числа (ν , см^{-1}) [12].

Результаты ИК-спектроскопического анализа образцов (исходного нефтешлама, ОЧН, масло ПН-6ш) подтверждаются спектрами.

Используя анализ ИК - спектра исходного нефтешлама, полученные спектры характеризуются следующими полосами поглощения: 496 см^{-1} относится С–Н, С–С колебаниям; 1027 см^{-1} (ОН группы); 1399 см^{-1} , 1451 см^{-1} , 1643 см^{-1} (замещенное ароматическое кольцо); 2104 см^{-1} , 2496 см^{-1} , 2930 см^{-1} , 3426 см^{-1} , 3933 см^{-1} широкая неразрешенная полоса колебаний СО, СООН, сопряженных и несопряженных С=C связей (рисунки 2).

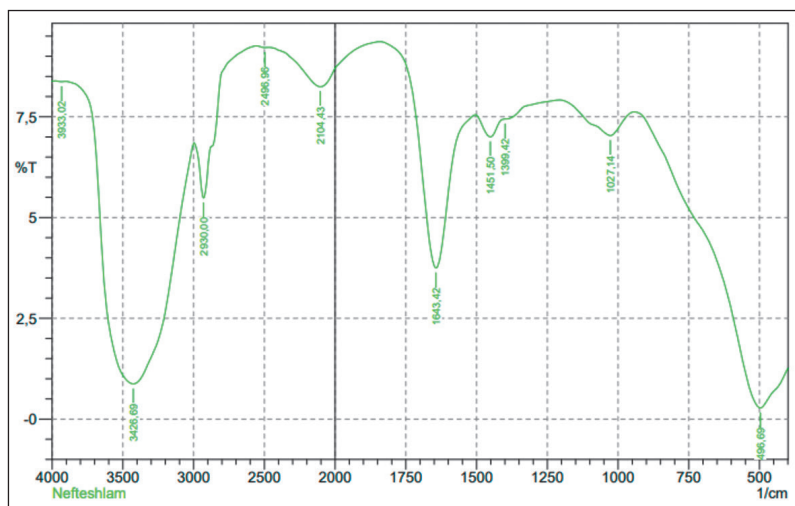


Рисунок 2 – ИК-спектр образца исходного нефтешлама

Данные ИК-спектроскопического анализа ОЧН показали преобладание в химической структуре органической части нефтешлама насыщенных структур в виде групп СН, СН₂, СН₃ (полосы поглощения (п.п.) в области 3000–2800, 1454, 1377 см^{-1}) и групп СН₂, входящих в состав длинных парафиновых цепей (п.п. 729 см^{-1}). Кроме того, отмечено наличие ароматических структур (п.п. 1626 см^{-1}) (рисунки 3).

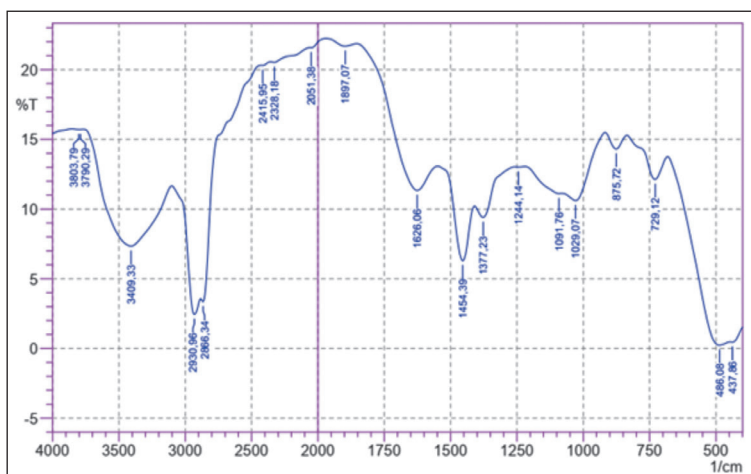


Рисунок 3 – ИК-спектр образца органической части нефтешлама

Данные ИК-спектроскопического анализа масла ПН-6Ш показали преобладание в химической структуре масла ПН -6Ш насыщенных структур в виде групп CH , CH_2 , CH_3 (полосы поглощения (п.п.) в области $3000\text{--}2800$, 1454 , 1368 см^{-1}) и групп CH_2 , входящих в состав длинных парафиновых цепей (п.п. 743 см^{-1}). Кроме того, отмечено наличие ароматических структур (п.п. 1602 см^{-1}) (рисунок 4).

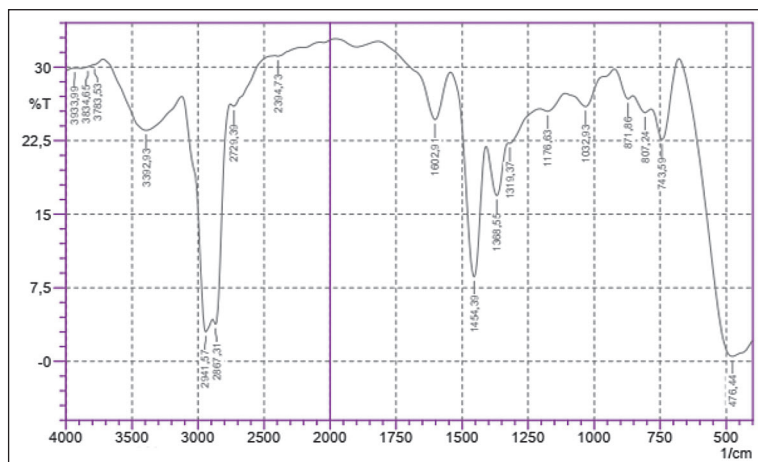


Рисунок 4 – ИК-спектр образца масло ПН-6Ш

Из качественного и количественного анализа нефтешламов ТОО «ПКОП» установлено, что в его состав входят органические соединения, твердые неорганические компоненты и вода. В основном органическую часть нефтешлама представляют парафины и асфальто-смолистые вещества. Наличие органических соединений в нефтешламе позволяет прогнозировать проявление пластифицирующего эффекта при введении нефтешлама в резиновую смесь [3].

Полученные результаты физико-химических исследований: исходного нефтешлама, ОЧН, масло ПН-6Ш показали возможность использования ОЧН в качестве

ингредиентов вместо масло ПН-6Ш с целью поиска рациональных путей для получения резиновой смеси. Для этого мы разрабатывали резиновую смесь для изготовления резиновых уплотнений гидрозатворов с использованием ОЧН вместо масло ПН-6Ш с удовлетворительным комплексом физико-механических показателей.

В качестве базовой (эталон) была выбрана резиновая смесь на основе СКИ-3. В смесь вводили ОЧН в дозировке 2,0-6,0 масс.ч. на 100 масс.ч. каучука. Дозировка была выбрана с учетом результатов исследования, полученных более раннем этапе [13]. Рецепт резиновой смеси для изготовления резиновых уплотнений гидрозатворов приведена в *таблице 2*.

Таблица 2 – Рецепт резиновой смеси для изготовления резиновых уплотнений гидрозатворов

Наименование ингредиентов	Масс.частей на 100 масс.частей каучука				
	Эталон	1	2	3	4
СКИ-3	100	100	100	100	100
Сера техническая	4	4	4	4	4
Сульфенамид М	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Сантогард PVJ	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Белила цинковые	5	5	5	5	5
Кислота стеариновая	2	2	2	2	2
Канифоль сосновая	2	2	2	2	2
Мягчитель АСМГ	3	3	3	3	3
Масло ПН-6Ш	6	4	3	1	0
ОЧН	0	2	3	5	6
Защитный микровоск ЗВ-1	1	1	1	1	1
Ацетонанил Р	2	2	2	2	2
Диафен ФП	2	2	2	2	2
ТУ П - 220	60	60	60	60	60
Белая сажа	20	20	20	20	20
Итого	208	208	208	208	208

Изготовление смесей осуществлялось на вальцах. ОЧН вводили в смесь вслед за наполнителем и далее добавляли модификатор. Общая продолжительность смешения во всех случаях была одинаковой. Трудностей при проведении процесса смешения не отмечалось. Смеси хорошо «садились» на валки, не прилипали к их поверхности.

Результаты исследований вязкости по Муни резиновых смесей для изготовления резиновых уплотнений гидрозатворов на основе СКИ-3 с добавками ОЧН представлены в *таблице 3*.

Из представленных данных (*таблица 3*) видно, что при введении в резиновую смесь на основе СКИ-3 добавок ОЧН начальная вязкость по Муни уменьшается, но при этом с увеличением дозировки ОЧН (3,0-6,0 масс.ч) вязкость по Муни резиновых смесей увеличивается (47-48 усл.ед.).

Таблица 3 – Вязкость по Муни резиновых смесей для изготовления резиновых уплотнений гидрозатворов на основе СКИ-3 с добавками ОЧН

Содержание ОЧН, масс.ч.	Содержание масла ПН-6Ш, масс.ч.	Вязкость по Муни МВ 1+4 (100 °С), усл. ед.
0	6	44
2	4	45
3	3	47
5	1	47
6	0	48

Изменение вязкости по Муни резиновых смесей на основе СКИ-3 при введении ОЧН может быть связано с затруднением течения материала в направлении деформации сдвига из-за наличия в эластомерной матрице компонента, характеризующегося большим значением вязкости по Муни по сравнению с используемым каучуком.

Вулканизация – это комплекс физико-химических процессов, которые протекают в резиновой смеси, основным из которых является сшивание макромолекул каучука химическими связями различной энергии и природы в пространственную вулканизационную сетку [14-16]. На процесс вулканизации оказывают влияние все ингредиенты резиновой смеси. Исследуемые компоненты, полученные из сшитых вулканизатов, могут оказывать влияние на процесс образования химических и физических связей на различных стадиях процесса. В *таблице 4* приведены характеристики смесей, определенные на реометре Rheometer 100S фирмы «Монсанто» при температуре 1600С при продолжительности испытания 30 минут. Прежде всего, необходимо отметить, что для реометрических кривых всех исследованных смесей в области, следующей за стадией эффективного сшивания, характерно монотонное возрастание крутящего момента, то есть отсутствие реверсии. Это обусловлено склонностью СКИ-3 к сшиванию в рассматриваемых условиях. Существенно, что добавление ОЧН, практически не оказывая влияния на значение минимального крутящего момента M_L , способствует увеличению максимального крутящего момента M_H и, соответственно, разницы ($M_H - M_L$), пропорциональной, в первом приближении, числу образующихся вулканизационных узлов. То есть в присутствии ОЧН за одно и то же время испытания образуется больше поперечных связей. Смесь с ОЧН отличается от эталона более быстрым началом вулканизации, заметно более высоким значением максимальной скорости изменения крутящего момента R_n в основном периоде вулканизации, а также меньшим временем до достижения этого максимума tR_n . На основании этого можно сделать вывод об активирующем влиянии отхода на процесс сшивания резиновой смеси.

Судя по изменению тангенса угла потерь при достижении максимального крутящего момента $tg\delta @ M_H$, в вулканизованном состоянии смесь с ОЧН характеризуется большими механическими потерями по сравнению с эталоном, что может быть связано с модификацией макромолекул каучука компонентами ОЧН и повышением за счет этого эластомера. Результаты реометрических испытаний исследуемых смесей приведена в *таблице 4*.

По разности максимального и минимального крутящих моментов ($M_H - M_L$) можно косвенно судить о плотности сшивания вулканизатов.

Анализ данных расчета вулканизационных характеристик резиновых смесей показал (*таблиц 4*), что в присутствии ОЧН за одно и то же время испытания образуется больше

Таблица 4 – Результаты реометрических испытаний исследуемых смесей

Показатели	Эталон	Номера образцов			
		1	2	3	4
Минимальный крутящий момент, M_i , дН·м	1,3	1,6	1,5	1,4	1,3
$(M_H - M_i)$, дН·м	14,1	21,1	23,5	24,7	28,3
Тангенс угла потерь при достижении максимального крутящего момента $tg\delta@M_H$	0,018	0,030	0,013	0,008	0,001
Время начала вулканизации, t_s , мин	2,6	2,0	2,4	2,3	2,3
Максимальная скорость изменения крутящего момента, Rh , дН·м/мин	2,7	5,1	3,8	3,9	4,4
Время до достижения максимальной скорости, tRh , мин	5,1	3,9	4,7	4,6	4,3

поперечных связей. Смесь с содержанием органической части нефтешлама отличается от эталона более быстрым началом вулканизации (2,0-2,4 мин). Время до достижения максимальной скорости для резиновых уплотнений гидрозатворов сократилось с 5 минут 1 секунда до 3 минут 9 секунд по сравнению с эталонной, что свидетельствует о положительном влиянии органической части нефтешлама на вулканизационные свойства резиновых смесей. Это позволяет увеличить производительность процесса производства шин и РТИ за счет сокращения времени вулканизации готовой продукции [13].

Результаты физико-механических свойств резин приведены в *таблице 5*.


В результате проведенных исследований выявлено, что использование ОЧН в композициях на основе СКИ-3 в дозировках 2,0 - 6,0 масс. ч. не оказывает существенного влияния на условную прочность резин (13,45-13,54МПа) по сравнению с эталонной резиной (13,54МПа). Вулканизаты характеризуются практически равноценными показателями сопротивлением раздиру (53,02-54,95 кН/м) и твердости по Шору (60-61 усл.ед.). В то же время для резин с 5,0 масс. ч. ОЧН показатель относительного удлинения при разрыве составляет 422%, а для эталонной резины – 420%.

Выводы и заключение. Таким образом, изучен состав смеси исходного нефтешлама ТОО «ПКОП», ОЧН, масло ПН-6Ш жидкостно-адсорбционной хрома-

Таблица 5 – Физико-механические свойства резин

Наименование показателей	Норма по ТУ 22.19.73-047-46028995-2018	Номера образцов				
		Эталон	1	2	3	4
Содержание масла ПН-6Ш, м.ч.		6	4	3	1	0
Содержание органической части нефтешлама, м.ч.		0	2	3	5	6
Условная прочность, МПа	не менее 12,0	13,54	13,54	13,45	13,55	13,46
Относительное удлинение при разрыве, %	не менее 350	420	417	420	422	417
Сопротивление раздиру, кН/м не менее	не менее 40,0	53,96	53,91	53,02	54,95	54,03
Твердость по ШоруА, усл. един., не менее	62 ± 5	60	61	61	60	60
Относительное удлинение при разрыве после комплексного климатического старения, %	не менее 250	317	312	318	315	317
Изменение относительного удлинения при разрыве после комплексного климатического старения по показателям от фактических значений, определенных до климатического старения, %	± 30%	-25%	-25%	-24%	-25%	-24%

тографией, ИК-спектоскопией. В основном, состав нефтяного остатка представлен углеводородной группой. В результате детального изучения углеводородного химического состава исследуемых образцов, мы можем сказать, что ОЧН может заменить масло ПН-6Ш как ингредиент резиновой смеси.

Доказана возможность использования ОЧН в дозировках 2,0 - 6,0 масс.ч. в составе эластомерных композиций на основе СКИ-3. Показано, что при введении ОЧН в эластомерную композицию вязкость по Муни резиновых смесей увеличивается на 9,09%, а время до достижения максимальной скорости для резиновых уплотнений гидрозатворов сократилось до 3 минут 9 секунд по сравнению с эталонной. Использование вторичного продукта в составе эластомерных композиций позволяет снизить себестоимость выпускаемой продукции при сохранении основных качественных характеристик. 

Данная работа проведена в рамках выполнения задания госбюджетных НИР НАО «Южно-Казахстанский университет им. М.Ауэзова», кафедры «Технология неорганических и нефтехимических производств» по теме: Б-21-03-01 «Разработка технологии получения полифункциональных гелей образующих полиэлектролитов, ПАВ, композиционных полимерных материалов, высокотехнологичных резиновых смесей и ингредиентов для резиновой промышленности» (2021-2025 гг.).

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Bin Chen, Lin Zhao, Chengsheng Wang, Shijia Chen, Xiaoyan Wu, Qi Li, Qingquan Zuo The analysis of formation of polymer-containing oily sludge produced during the wastewater treatment in offshore oilfield//Energy Science & Engineering, V6, Issue 6. – 2018. - p. 675-682 <https://doi.org/10.1002/ese3.241>. <https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ese3.241>
- 2 Сакибаева С.А., Джакипбекова Н.О., Саттарова М.Р., Изтлеуов Г.М. и др. Утилизация отработанных нефтепродуктов и нефтешлама для получения резиновой смеси// Вестник ЮКМА, Шымкент, 2017г. Режим доступа: <https://articlekz.com/article/37895> [Sakibaeva S.A., Dzhakipbekova N.O., Sattarova M.R., Iztleuov G.M. i dr. Utilizaciya otrabotannyh nefteproduktov i nefteshlama dlya polucheniya rezinovej smesi//Vestnik YUKMA, SHymkent, 2017g. Rezhim dostupa: <https://articlekz.com/article/37895>].
- 3 Сакибаева С.А. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка технологии комплексной переработки нефтешламов, Шымкент, 2015. – С.122. [Sakibaeva S.A. Otchet o nauchno-issledovatel'skoj rabote «Razrabotka tekhnologii kompleksnoj pererabotki nefteshlamov, SHymkent, 2015. – S.122].
- 4 Туребекова Г.З., Пусурманова Г.Ж., Сакибаева С.А., Сагитова Г.Ф., Дайрабаева А.Ж., Досбаева А.М. Утилизация и вторичное использование отходов нефтедобычи и нефтепереработки в производстве резин//Промышленная и аграрная экология, Промышленная и аграрная экология, 2017- с.107-115. [Turebekova G.Z., Pusurmanova G.ZH., Sakibaeva S.A., Sagitova G.F., Dajrabaeva A.ZH., Dosbaeva A.M. Utilizaciya i vtorichnoe ispol'zovanie othodov neftedobychi i neftepererabotki v proizvodstve rezin//Promyshlennaya i agrarnaya ekologiya, Promyshlennaya i agrarnaya ekologiya, 2017- s.107-115].
- 5 Гурылёва Н.Л., Коротаева Т.А., Соловьева О.Ю., Тимрот С.Д.. Влияние нефтешлама на свойства резиновых смесей и резин на основе бутадиен-стирольного каучука // Известия вузов. Химия и химическая технология 2012. - Т. 55. - №9. - С. 77-80. [Gurylyova N.L., Korotaeva T.A., Solov'eva O.YU., Timrot S.D.. Vliyanie nefteshlama na

- svojstva rezinovyh smesej i rezin na osnove butadien-stirol'nogo kauchuka // Izvestiya vuzov. Himiya i himicheskaya tekhnologiya 2012. - T. 55. - №9. - S. 77-80].
- 6 Yasser Hamidi, Seyed Ahmad Ataei, Amir Sarrafi Biodegradation of total petroleum hydrocarbons in oily sludge: a comparative study of biostimulation, bioaugmentation, and combination of methods//Journal of Chemical Technology & Biotechnology V96, Issue 5. – 2020. - p.1302-1307<https://doi.org/10.1002/jctb.6646>, <https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jctb.6646>
 - 7 Жумаев К. К., Яксяев Н. Ш., Шомуродов А. Ю. Исследование и разработка комплексной технологии разделения нефтешламов в поле центробежных сил. Развитие науки и техники. Научно-технический журнал №6. Бухара, 2020, стр. 30-34. [ZHumaev K. K., YAKsyaev N. SH., SHomurodov A. YU. Issledovanie i razrabotka kompleksnoj tekhnologii razdeleniya nefteshlamov v pole centrobezhnyh sil. Razvitie nauki i tekhniki. Nauchno-tekhnicheskij zhurnal №6. Buhara, 2020, str. 30-34.]
 - 8 ГОСТ 54552-2011. Каучуки и резиновые смеси. Определение вязкости, релаксации напряжений и исходных характеристик каучука с использованием вискозиметра Муни. Москва, Стандартинформ, 2013. 22 с. [GOST 54552-2011. Kauchuki i rezinovye smesi. Opredelenie vyazkosti, relaksacii napryazhenij i iskhodnyh harakteristik kauchuka s ispol'zovaniem viskozimetra Muni. Moskva, Standartinform, 2013. 22 s.]
 - 9 ГОСТ 54547-2011. Резиновые смеси. Определение характеристик вулканизации с помощью безротного реометра. - М.: Стандартинформ, 2015. - 16 с. [GOST 54547-2011. Rezinovye smesi. Opredelenie harakteristik vulkanizacii s pomoshch'yu bezrotornogo reometra. - M.: Standartinform, 2015. - 16 s.]
 - 10 ГОСТ 270-75. Резинка. Способ определения упругих свойств при растяжении. М.: Издательство стандартов, 1975. 29 с. [GOST 270-75. Rezinka. Sposob opredeleniya uprugih svojstv pri rastyazhenii. M.: Izdatel'stvo standartov, 1975. 29 s.]
 - 11 ГОСТ 9.024–74. Резинка. Методы испытаний на стойкость к термическому старению. Москва, Издательство стандартов, 1974. 12 с. [GOST 9.024–74. Rezinka. Metody ispytaniy na stojkost' k termicheskomu stareniju. Moskva, Izdatel'stvo standartov, 1974. 12 s.]
 - 12 Тарасевич Б.Н. ИК-спектры основных классов органических соединений: Справочные материалы / Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. – М., 2012. – 55с. [Tarasevich B.N. IK-spektry osnovnyh klassov organicheskikh soedinenij: Spravochnye materialy / Mosk. gos. un-t im. M.V. Lomonosova. – M., 2012. – 55s.]
 - 13 Сакибаева С.А., Дыгай Л.В., Белобородова А.Е., Жантасова У.С. Применение органической части нефтешламов в рецептуре резиновых смесей для рельсовых прокладок. Научно-технический журнал. Нефть и газ. №3(87), 2015. -С.103-111. [Sakibaeva S.A., Dygaj L.V., Beloborodova A.E., ZHantasova U.S. Primenenie organicheskoy chasti nefteshlamov v recepture rezinovyh smesej dlya rel'sovyh prokladok. Nauchno-tekhnicheskij zhurnal. Neft' i gaz. №3(87), 2015. -S.103-111].
 - 14 Leandro H. Espósito, Angel J. MarzoccaEffect of electron-beam irradiation on the thermal vulcanization of a natural rubber compound// Journal of Applied Polymer Science, V136, Issue 13. 2018, <https://doi.org/10.1002/app.47216>, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.47216>
 - 15 R. Ding, A. I. LeonovA kinetic model for sulfur accelerated vulcanization of a natural rubber compound//Journal of Applied Polymer Science, V61, Issue 3. 1996. - p.455-463, [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4628\(19960718\)61:3<455::AID-APP8>3.0.CO;2-H](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4628(19960718)61:3<455::AID-APP8>3.0.CO;2-H)
 - 16 Dwi W. Nurhajati, Umi R. Lestari, Ike Setyorini, Hesty E. MayasariEffect of Carbon Black/Bi2O3 Ratio on the Vulcanization Characteristic and Mechanical Properties of Rubber Compound//Macromolecular Symposia, V391, Issue 1. – 2020, <https://doi.org/10.1002/masy.201900171>,<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/masy.201900171>