



Б.Ш. Хасанходжаева¹, Г.Ф. Сагитова^{1*}, А.С. Сидиков², А.Н. Тілеуберді¹,
А.Т. Кабылбекова³

¹Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова,
160012, Республика Казахстан, г.Шымкент, пр. Тауке-хана 5

²Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина,
100125, Республика Узбекистан, г.Ташкент, ул. Дурмон йули, 34

³Университет Мирас,
160017, Республика Казахстан, г.Шымкент, ул.Сапак Датка 2

*e-mail: guzalita.f1978@mail.ru

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЗИН ДЛЯ УПЛОТНЕНИЙ ГИДРОЗАТВОРОВ (ЧАСТЬ 2)

Аннотация: В статье изучены физико-механические свойства резин, предназначенных для уплотнений гидрозатворов, с учетом влияния добавок органической части нефтешлама и цеолита. Проведенные исследования свидетельствуют, что данные характеристики согласуются с параметрами, определяющими пространственную структуру исследуемых вулканизатов. Показано, что увеличение доли органической части нефтешлама (в диапазоне 3-6 масс. ч.) и цеолита (в диапазоне 10-20 масс. ч.) оказывает благоприятное воздействие на показатель относительного удлинения резины при разрыве. Это объясняется изменениями, происходящими в структуре резины, которые приводят к её улучшенным механическим характеристикам.

Наиболее выраженные и сбалансированные физико-механические свойства были достигнуты при добавлении 6,0 масс. ч. органической составляющей нефтешлама и 20,0 масс. ч. цеолита на каждые 100 масс. ч. каучука. Такой состав обеспечивает сбалансированное сочетание прочности и эластичности резины, в результате чего она становится более пригодной для использования в уплотнительных элементах гидрозатворов.

Данный результат подчёркивает важность точного подбора компонентов, что позволяет не только улучшить эксплуатационные свойства резины, но и использовать экологически безопасные и экономически эффективные материалы.

Дополнительно изучено влияние температурно-временных параметров вулканизации на структуру вулканизатов. Установлено, что изменение этих параметров позволяет контролировать основные упруго-прочностные свойства резин. Небольшое снижение прочности при увеличении доли органической составляющей нефтешлама связано с пластифицирующим воздействием низкомолекулярных соединений. Эти соединения проникают между макромолекулами каучука, ослабляя межмолекулярные взаимодействия, а также с активным взаимодействием между эластомером и цеолитами.

Результаты исследования показывают, что органическую часть нефтешлама можно использовать для частичной или полной замены традиционных мягчителей в резиновых смесях. Применение цеолита в качестве наполнителя способствует не только улучшению свойств резины, но и способствует более эффективному решению экологических проблем, связанных с утилизацией отходов нефтедобычи и нефтепереработки. Таким образом, предложенные подходы создают основу для экологически безопасного и экономически выгодного использования отходов, актуального для предприятий Республики Казахстан.

Ключевые слова: изопреновый каучук, твердость по Шору, относительное удлинение при разрыве, резиновые уплотнения гидрозатворов, условная прочность, резина, сопротивление раздиру.

Введение. Резина представляет собой сложную многокомпонентную систему, основой которой служит полимер, дополненный разнообразными химическими добавками, называемыми ингредиентами. Эти добавки определяют функциональные свойства

материала и позволяют создавать широкий спектр резиновых композиций. Изменяя состав компонентов и их массовые доли, можно разработать тысячи рецептур, каждая из которых ориентирована на достижение определенных характеристик. Особую ценность представляют рецептуры, обеспечивающие материалу специфические функциональные свойства, такие как электропроводность, виброустойчивость, бактерицидные свойства, акустическую изоляцию и другие. Например, для резин, используемых в уплотнительных элементах гидрозатворов, ключевыми требованиями являются не только высокая износостойкость, но и такие свойства, как химическая стойкость, способность выдерживать высокие и низкие температуры, устойчивость к старению, герметичность, эластичность, способность к сжатию, низкий коэффициент трения, а также высокая прочность на разрыв. Эти свойства обеспечивают надежность и долговечность изделий, особенно в условиях эксплуатации, сопряженных с воздействием агрессивных сред и механических нагрузок [1].

При изготовлении уплотнений гидрозатворов резин перспективно использование органической части нефтешлама (ОЧН) в качестве мягчителя [2] и цеолита Чанканайского месторождения в качестве наполнителя [3]. В некоторых случаях резина должна сочетать стандартные технические характеристики, такие как эластичность, износостойкость, устойчивость к атмосферным воздействиям и озону, с дополнительными свойствами. К ним относится способность противостоять агрессивным средам, таким как топливо и масла, сохраняя при этом работоспособность в широком диапазоне температур, включая как положительные, так и отрицательные значения [4]. Известно, что резины на основе изопренового каучука (СКИ-3) показывают хорошую стойкость к механическому износу, что особенно важно в шинной промышленности и при производстве технических изделий, подвергающихся трению [5]. Изопреновые резины применяются не только в автомобильной промышленности (например, для шин), но и в производстве уплотнителей, прокладок, изделий для медицинской отрасли и других технических изделий, требующих сочетания прочности, эластичности и долговечности.

Имеется множество работ, посвященных разработкам в области СКИ-3 и резин на их основе. В работе [6] обзор посвящен синтезу, структуре и свойствам натурального и синтетического каучука, при этом особый интерес представляет синтез синтетических каучуков – нанокомпозитов, дающий исчерпывающую информацию о том, как добиться имитации натурального каучука. В исследованиях [7] рассмотрена возможность использования эпоксицированного жидкого изопренового каучука в качестве вспомогательного средства для обработки протекторов радиальных шин грузовых автомобилей и автобусов. А в другой работе результаты испытания показали, что резиновые смеси с СКИ-3 бутадиен-стирольными каучуками, обладающие свойствами, более устойчивыми к нагреву, старению и стойкими к многократной деформации, разрыву [8]. Также хотелось бы отметить, что синтетический каучук изопреновый входит в «умные каучуки», и в книге [9] приведены многочисленные примеры применения в реальных условиях.

В статье [10] анализ экспериментальных данных показал, что компонент-пластификатор на основе переработанного нефтехимического сырья обладает лучшей совместимостью с эластомерной матрицей СКИ-3 по сравнению с индустриальными маслами.

Цель данной работы заключалась в изучении воздействия ОЧН и цеолита на физико-механические характеристики вулканизатов.

Объекты и методы проведения исследования

В качестве объектов исследования использовались:

- резиновые смеси для изготовления уплотнений гидрозатворов на основе СКИ-3 [1].

Исследования свойств вулканизата проводили методами:

- упруго-прочностные характеристики образцов исследовали с использованием разрывной машины в соответствии с требованиями ГОСТ 270-75;

- 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 90°С в течение 72 ч, испытание проводили в соответствии с ГОСТ 9.024-74;

- параметры твердости измеряли по Шору, используя методику, описанную в ГОСТ 263-75.

Результаты исследования и их обсуждение

В предыдущих этапах нашего исследования была разработана резиновая смесь, предназначенная для уплотнений гидрозатворов (табл. 1), а также изучены её технологические свойства [2]. На данном этапе были проведены исследования физико-механических характеристик резин для уплотнений гидрозатворов, включая условную прочность, относительное удлинение при разрыве, сопротивление раздиру и твердость по Шору. Результаты этих исследований представлены в диаграммах 1-4, отражающих основные физико-механические свойства данной композиции.

Таблица 1 – Рецепт резиновой смеси для изготовления уплотнений гидрозатворов

Наименование ингредиентов	Масс.частей на 100 масс.частей каучука					
	Эталон	1	2	3	4	5
СКИ-3 1-й группы	100	100	100	100	100	100
Сера техническая	4	4	4	4	4	4
Сульфенамид М	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Сантогард PVJ	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Белила цинковые	5	5	5	5	5	5
Кислота стеариновая	2	2	2	2	2	2
Канифоль сосновая	2	2	2	2	2	2
Мягчитель АСМГ	3	3	3	3	3	3
Масло ПН-6Ш	6	4	3	1	0	5
ОЧН	0	2	3	5	6	1
Защитный микровоск ЗВ-1	1	1	1	1	1	1
Ацетонанил Р	2	2	2	2	2	2
Диафен ФП	2	2	2	2	2	2
ТУ П – 220	60	60	60	60	60	60
Белая сажа	20	15	10	5	0	17
Цеолит	0	5	10	15	20	3

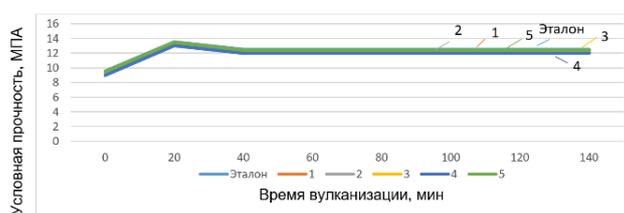


Рисунок 1 – Зависимость условной прочности от времени вулканизации

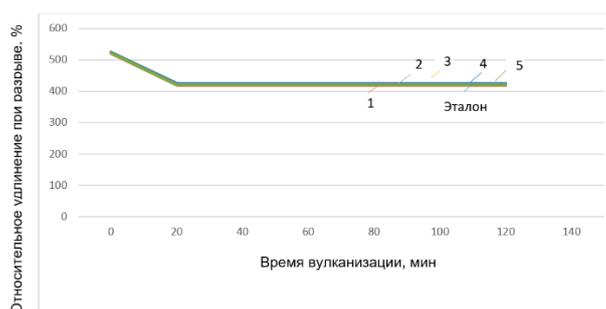


Рисунок 2 – Зависимость относительного удлинения при разрыве

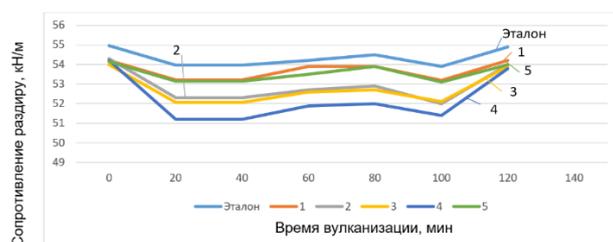


Рисунок 3 – Зависимость сопротивления раздиру от времени вулканизации

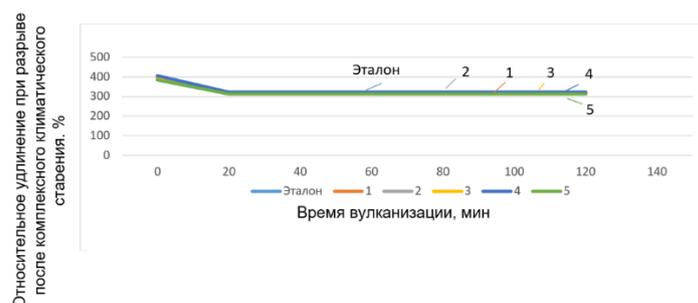


Рисунок 4 – Зависимость относительного удлинения при разрыве после комплексного климатического старения

Анализ результатов, представленных на рисунках 1-4, показывает, что многие показатели опытного образца сопоставимы с характеристиками серийной резины, принятой за эталон, а в некоторых случаях даже превосходят их. Например, условная прочность (рис. 1), сопротивление раздиру (рис. 3) и относительное удлинение при разрыве после комплексного климатического старения (рис. 4) при оптимальных условиях вулканизации, достигаемых через 20 минут, практически не уступают аналогичным характеристикам серийной резиновой смеси. Это, вероятно, связано с высокой степенью дисперсности цеолита, который, будучи равномерно распределённым в матрице, способствует повышению качества взаимодействия между компонентами смеси, улучшая её физико-механические свойства.

Относительное удлинение при разрыве (рис. 2) у вулканизата серийной резиновой смеси (эталон) и образца 1 несколько ниже (420%), чем у опытных образцов (2-5) 422-425%, что опытные образцы характеризуются более высокой эластичностью или способностью к растяжению до разрыва. Разница в значениях относительного удлинения (420% у эталона и 422-425% у образцов 2-5) может свидетельствовать о том, что в опытных образцах была использована ОЧН и цеолит Чанканайского месторождения, которые обеспечивают чуть большую гибкость или способность к растяжению, что может быть результатом внесения различных компонентов или изменения структуры полимерной матрицы.

Эти небольшие различия также могут свидетельствовать о положительном влиянии улучшений в составе, что позволяет достигать лучшей растяжимости без значительного ухудшения других механических свойств.

Как видно из таблицы 1, рецепты резиновой смеси отличаются различными массовыми долями ингредиентов.

На рисунке 5 приведены результаты испытаний физико-механических свойств от содержаний ОЧН и цеолита.

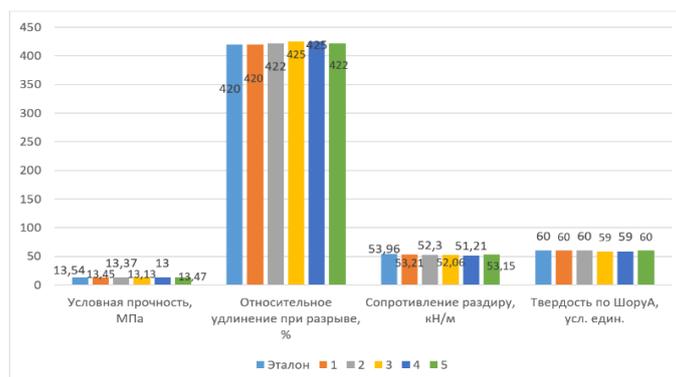


Рисунок 5 – Диаграмма зависимости физико-механических свойств резины для изготовления уплотнений гидрозатворов от содержания ОЧН и цеолита

Анализ представленных данных (рис. 5) показал, что полученные результаты в целом соответствуют характеристикам, отражающим пространственную структуру исследуемых вулканизатов. Это свидетельствует о согласованности выявленных физических и механических свойств с особенностями структуры материала, сформированной в процессе вулканизации. В случае увеличения содержания ОЧН (3-6 масс.ч.) и цеолита (10-20 масс.ч.)

относительное удлинение при разрыве возрастает. Оптимальные физико-механические показатели резин для уплотнений гидрозатворов наблюдались при дозировке содержащих 6,0 ОЧН масс. ч. и 20,0 масс.ч. цеолита на 100 масс. ч. каучука.

Заключение. В ходе проведенного исследования были получены резины различных составов (1-5), которые по своим свойствам превосходят серийные материалы, применяемые для уплотнений. Улучшение характеристик достигнуто за счет использования ОЧН и цеолита, что позволило существенно повысить свойства резин при минимальных экономических затратах.

Проведенные эксперименты показали, что варьирование температурно-временных параметров вулканизации дает возможность управлять структурой вулканизатов, а значит, изменять их основные упруго-прочностные свойства. Незначительное снижение прочностных характеристик и повышение относительного удлинения при разрыве с увеличением содержания ОЧН объясняется пластифицирующим эффектом низкомолекулярных соединений, входящих в состав нефтешлама. Эти соединения проникают между макромолекулами каучука, ослабляя межмолекулярные взаимодействия, что приводит к улучшению пластичности материала. Одновременно интенсифицируется взаимодействие между эластомером и цеолитами, что также вносит вклад в улучшение свойств резины.

Таким образом, результаты проведенных исследований демонстрируют возможность замены традиционных мягчителей, используемых в резиновых смесях, на органическую часть нефтешлама, а также применения цеолита в качестве наполнителя. Это решение не только улучшает характеристики резин, но и способствует решению экологических проблем, связанных с хранением и переработкой отходов нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности в Республике Казахстан.

Список литературы

1. Резины со специальными свойствами: учебное пособие / В.Ф. Каблов и др. – Волжский, 2020.
2. Хасанходжаева Б.Ш. Исследование возможности применения органического компонента нефтешлама в рецептуре резиновых уплотнителей / Б.Ш. Хасанходжаева, Г.Ф. Сагитова, А.Н. Тілеуберді // Нефть и газ. – 2024. – С. 231-243. <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2024-6.15>.
3. Khassankhojayeva B.Sh. The use of zeolite-containing mineral raw materials in the production of rubber products / B.Sh. Khassankhojayeva, S.A. Sakibayeva, G.F. Sagitova // Scientific Research and Experimental Development. – 2023. – № 3. – P.198-202.
4. Новые разработки резин специального назначения на основе фторсилоксановых каучуков / А.М. Чайкун и др. // Авиационные материалы и технологии. – 2016. – № 3(42). <https://doi.org/10.18577/2071-9140-2016-0-3-60-65>.
5. Шашок Ж.С. Основы рецептуростроения эластомерных композиций: учеб.-метод. пособие / Ж.С. Шашок, А.В. Касперович, Е.П. Усс. – Минск: БГТУ, 2013. – 98 с.
6. Synthetic Polyisoprene Rubber as a Mimic of Natural Rubber: Recent Advances on Synthesis, Nanocomposites, and Applications / J.A. Cruz-Morales et al // Polymers (Basel). – 2023 Oct 13. – № 15(20). – P. 4074. <https://doi.org/10.3390/polym15204074>.
7. Effect of the Epoxide Contents of Liquid Isoprene Rubber as a Processing Aid on the Properties of Silica-Filled Natural Rubber Compounds / G. Ryu et al // Polymers (Basel). – 2021 Sep 7. – № 13(18). – P. 3026. <https://doi.org/10.3390/polym13183026>.
8. Amirov Fariz Ali. Obtaining and application of rubber mixtures based on isoprene (sri-3) and functional group polymers / Amirov Fariz Ali, Shikhaliyev Kerem Seyfi // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – 2017. – № 3-4. – P. 27-31. <https://doi.org/10.20534/AJT-17-3.4-27-31>.
9. Polgar L.M. Smart rubbers: Synthesis and applications. 2 ed / L.M. Polgar, M. van Essen, A. Pucci, F. Picchioni // De Gruyter. – 2019. – P. 104. <https://doi.org/10.1515/9783110639018>.
10. Compatibility study of plasticizing additives based on recycled raw materials in the petrochemical with elastomer matrix / A. Leshkevich et al // Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. – 2020. – № 81. – P.190-195. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-4-190-195>.

References

1. Reziny so spetsial'nymi svoistvami: uchebnoe posobie / V.F. Kablov i dr. – Volzhskii, 2020. (In Russian).
2. Khasankhodzhaeva B.SH. Issledovanie vozmozhnosti primeneniya organicheskogo komponenta nefteshlama v retsepture rezinovykh uplotnitelei / B.SH. Khasankhodzhaeva, G.F. Sagitova, A.N. Tileuberdi // Neft' i gaz. – 2024. – S. 231-243. <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2024-6.15>. (In Russian).
3. Khassankhojayeva B.Sh. The use of zeolite-containing mineral raw materials in the production of rubber products / B.Sh. Khassankhojayeva, S.A. Sakibayeva, G.F. Sagitova // Scientific Research and Experimental Development. – 2023. – № 3. – P.198-202. (In English).
4. Novye razrabotki rezin spetsial'nogo naznacheniya na osnove ftorsiloksanovykh kauchukov / A.M. Chaikun i dr. // Aviatsionnye materialy i tekhnologii. – 2016. – № 3(42). <https://doi.org/10.18577/2071-9140-2016-0-3-60-65>. (In Russian).
5. Shashok ZH.S. Osnovy retsepturostroeniya ehlastomernykh kompozitsii: ucheb.-metod. posobie / ZH.S. Shashok, A.V. Kasperovich, E.P. Uss. – Minsk: BGTU, 2013. – 98 s. (In Russian).
6. Synthetic Polyisoprene Rubber as a Mimic of Natural Rubber: Recent Advances on Synthesis, Nanocomposites, and Applications / J.A. Cruz-Morales et al // Polymers (Basel). – 2023 Oct 13. – № 15(20). – R. 4074. <https://doi.org/10.3390/polym15204074>. (In English).
7. Effect of the Epoxide Contents of Liquid Isoprene Rubber as a Processing Aid on the Properties of Silica-Filled Natural Rubber Compounds / G. Ryu et al // Polymers (Basel). – 2021 Sep 7. – № 13(18). – R. 3026. <https://doi.org/10.3390/polym13183026>. (In English).
8. Amirov Fariz Ali. Obtaining and application of rubber mixtures based on isoprene (sri-3) and functional group polymers / Amirov Fariz Ali, Shikhaliyev Kerem Seyfi // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – 2017. – № 3-4. – R. 27-31. <https://doi.org/10.20534/AJT-17-3.4-27-31>. (In English).
9. Polgar L.M. Smart rubbers: Synthesis and applications. 2 ed / L.M. Polgar, M. van Essen, A. Pucci, F. Picchioni // De Gruyter. – 2019. – R. 104. <https://doi.org/10.1515/9783110639018>. (In English).
10. Compatibility study of plasticizing additives based on recycled raw materials in the petrochemical with elastomer matrix / A. Leshkevich et al // Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. – 2020. – № 81. – P.190-195. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-4-190-195>. (In English).

Б.Ш. Хасанходжаева¹, Г.Ф. Сагитова^{1*}, А.С. Сидиков², А.Н. Тілеуберді¹, А.Т. Кабылбекова³

¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,

160012, Қазақстан Республикасы, Шымкент қ., Тауке-хан даңғылы, 5

²И.М. Губкин атындағы Ресей мемлекеттік мұнай және газ университетінің филиалы, 100125,

Өзбекістан Республикасы, Ташкент қ., Дурмон йули к-сі 34

³Мирас Университеті,

160017, Қазақстан Республикасы, Шымкент қ., Сапак Датка к-сі 2

*e-mail: guzalita.f1978@mail.ru

ГИДРАВЛИКАЛЫҚ ТЫҒЫЗДАҒЫШТАРҒА АРНАЛҒАН РЕЗИНАЛАРДЫҢ ФИЗИКА-МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ (2 БӨЛІМ)

Мақалада мұнай шламының органикалық бөлігі мен цеолитті қосқандағы әсерін ескере отырып, гидравликалық тығыздағыштарды тығыздауға арналған резиналардың физика-механикалық қасиеттері зерттелген. Зерттеулер көрсеткендей, бұл сипаттамалар зерттелетін вулканизаттардың кеңістіктік құрылымын анықтайтын параметрлерімен сәйкес келеді. Мұнай шламының органикалық бөлігінің (3-6 масс.ү.) және цеолиттің (10-20 масс.ү.) көбеюі резина құрылымының модификациясына байланысты үзілген кездегі салыстырмалы ұзаруға оң әсер ететіні анықталды. Резиналардың ең оңтайлы физика-механикалық қасиеттері каучуктің 100 масс.ү. мұнай шламының органикалық бөлігі 6,0 масс.ү. және цеолитті 20,0 масс. ү. енгізу арқылы алынды.

Вулкандудың температура-уақыттық параметрлерінің вулканду құрылымына әсері одан әрі зерттелді. Бұл параметрлердің өзгеруі резиналардың негізгі серпімді-беріктік қасиеттерін басқаруға мүмкіндік беретіні анықталды. Мұнай шламының органикалық бөлігі құрамының жоғарылауымен беріктік сипаттамаларының шамалы төмендеуі каучук макромолекулалары арасында еніп, молекулааралық байланыстарды әлсірететін шағын молекулалы қосылыстардың пластификациялық әсерімен, сондай-ақ эластомер мен цеолиттер арасындағы белсенді өзара әрекеттесумен түсіндіріледі.

Жұмыс нәтижелері резина қоспаларындағы дәстүрлі жұмсартқыштарды мұнай шламының органикалық бөлігіне ішінара немесе толық ауыстыру мүмкіндігін көрсетеді. Цеолитті толықтырғыш ретінде пайдалану резинаның қасиеттерін жақсартып қана қоймайды, сонымен қатар мұнай өндіру және қайта өңдеу қалдықтарын жоюға байланысты экологиялық мәселелерді тиімді шешуге ықпал етеді. Осылайша, ұсынылған тәсілдер Қазақстан Республикасының кәсіпорындары үшін өзекті саналатын қалдықтарды экологиялық қауіпсіз және экономикалық тиімді пайдалану үшін негіз жасайды.

Түйін сөздер: *изопренді каучук, гидравликалық тығыздағыштардың резина тығыздағыштары, шартты беріктік, үзілу кезіндегі салыстырмалы ұзару, жұлмалауға қарсылық, ШорА бойынша қаттылық, резина.*

B.Sh. Khassankhojayeva¹, G.F. Sagitova^{1*}, A.S. Sidikov², A.N. Tileuberdi¹, A.T. Kabylbekova³

¹South Kazakhstan University named after M. Auezov,

160012, Republic of Kazakhstan, Shymkent, Tauke Khan Avenue, 5

²Branch of the Russian State University of oil and gas named after I. M. Gubkin,

100125, Republic of Uzbekistan, Tashkent, Durmon st., 34

³Miras University,

160017, Republic of Kazakhstan, Shymkent, Sapak Datka st., 2

*e-mail: guzalita.f1978@mail.ru

PHYSICOMECHANICAL PROPERTIES OF RUBBER FOR HYDRAULIC SEALS (PART 2)

The article examines the physicomechanical properties of rubber designed for hydraulic seals, considering the influence of additives such as the organic part of oil sludge and zeolite. The conducted research showed that these characteristics align with the parameters defining the spatial structure of the studied vulcanizates. It was established that increasing the content of the organic part of oil sludge (3-6 parts by weight) and zeolite (10-20 parts by weight) positively impacts the elongation at break, which is attributed to the modification of the rubber's structure. The most optimal physicomechanical properties of rubber were obtained when introducing 6.0 parts by weight of the organic part of oil sludge and 20.0 parts by weight of zeolite per 100 parts by weight of rubber.

Additionally, the influence of temperature-time vulcanization parameters on the structure of vulcanizates was studied. It was found that changing these parameters allows for controlling the primary elastic-strength properties of rubber. The slight decrease in strength characteristics with an increase in the organic part of oil sludge is explained by the plasticizing effect of low-molecular compounds, which penetrate between the macromolecules of rubber, weakening intermolecular bonds, as well as active interaction between the elastomer and zeolites.

The results of the study demonstrate the possibility of partially or fully replacing traditional plasticizers in rubber compounds with the organic part of oil sludge. Using zeolite as a filler not only improves rubber properties but also contributes to a more effective solution to ecological problems associated with the disposal of oil production and refining waste. Thus, the proposed approaches create a basis for environmentally safe and economically efficient waste utilization, relevant to enterprises in the Republic of Kazakhstan.

Key words: *isoprene rubber, hydraulic seals, tensile strength, elongation at break, tear resistance, Shore hardness, rubber.*

Информация об авторах

Биби-Мариям Шераликызы Хасанходжаева – докторант кафедры «Технология неорганических и нефтехимических производств» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, Республика Казахстан; e-mail: bibi-mariyam93@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3568-2043>.

Гузалия Фаритовна Сагитова* – кандидат технических наук, профессор кафедры «Технология неорганических и нефтехимических производств» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, Республика Казахстан; e-mail: guzalita.f1978@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7913-7453>.

Абдужалол Сидикович Сидиков – доктор химических наук, профессор кафедры «Общая химия, химия нефти и газа» филиал Российского государственного университета нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, г. Ташкент, Республика Узбекистан; e-mail: sidikov_a@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5393-8201>.

Аяулым Нұрланқызы Тілеуберді – PhD доктор, старший преподаватель кафедры «Экология» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, Республика Казахстан; e-mail: 17tile@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2275-5493>.

Айсулу Тенелхановна Кабылбекова – магистр, старший преподаватель сектора «Естественные науки, физическая культура и дизайн» Университет Мирас, Республика Казахстан; e-mail: aika_kabil@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4167-6800>.

Авторлар туралы ақпарат:

Биби-Мариям Шералиқызы Хасанходжаева – «Бейорганикалық және мұнайхимия өндірістерінің технологиясы» кафедрасының докторанты, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: bibi-mariyam93@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3568-2043>.

Гузалия Фаритовна Сагитова* – техника ғылымдарының кандидаты, «Бейорганикалық және мұнайхимия өндірістерінің технологиясы» кафедрасының профессоры, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: guzalita.f1978@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7913-7453>.

Абдужалол Сидикович Сидиков – Химия ғылымының докторы, «Жалпы химия, мұнай және газ химиясы» кафедрасының профессоры, И.М. Губкин атындағы Ресей мемлекеттік мұнай және газ университетінің филиалы, Ташкент қ., Өзбекстан Республикасы; e-mail: sidikov_a@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5393-8201>.

Аяулым Нұрланқызы Тілеуберді – PhD доктор, «Экология» кафедрасының аға оқытушысы, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан Университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: 17tile@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2275-5493>.

Айсұлу Тенелханқызы Қабылбекова – магистр, «Жаратылыстану, дене шынықтыру және дизайн» секторының аға оқытушысы, Мирас университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: aika_kabil@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4167-6800>.

Information about authors:

Bibi-Mariyam Khassankhojayeveva – doctoral student of the department «Technology of inorganic and petrochemical industries» of M. Auevov South Kazakhstan university, Republic of Kazakhstan; e-mail: bibi-mariyam93@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3568-2043>.

Guzaliya Sagitova* – Candidate of technical sciences, associate professor of the department «Technology of inorganic and petrochemical industries» of M. Auevov South Kazakhstan university, Republic of Kazakhstan; e-mail: guzalita.f1978@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7913-7453>.

Abdujalol Sidikov – Doctor of Chemical Sciences, Professor, of the Department «General Chemistry, Chemistry of Oil and Gas» branch of the Gubkin Russian State University of Oil and Gas (NRU) branch in Tashkent, Republic of Uzbekistan; e-mail: sidikov_a@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5393-8201>.

Ayaulym Tileuberdi – PhD, senior lecturer of the Department «Ecology» of M. Auevov South Kazakhstan university, Republic of Kazakhstan; e-mail: 17tile@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2275-5493>.

Aisulu Kabylbekova – Master's Degree, Senior Lecturer in the «Natural Sciences, Physical Education and Design» sector, Miras University, Republic of Kazakhstan; e-mail: aika_kabil@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4167-6800>.

Поступила в редакцию 20.01.2025

Поступила после доработки 11.04.2025

Принята к публикации 14.04.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2\(18\)-54](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-2(18)-54)

FTAXP: 61.51.17



А.Ф. Сыздық^{1*}, Е.А. Жакманова¹, Г.Ж. Сейтенова¹, Р.М. Дюсова²

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
010000, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Сәтпаева к-сі 2

²Торайғыров университеті КеАҚ,
014000, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ., Ломов к-сі 64

*e-mail: ayazhanka.syzdyk@gmail.com

БИТУМДЫ МОДИФИКАЦИЯЛАУДАҒЫ ҚАЙТА ӨНДЕЛГЕН МАТЕРИАЛДАР ЖӘНЕ ЦИРКУЛЯРЛЫ ЭКОНОМИКАНЫ ІСКЕ АСЫРУ

Аңдатпа: Бұл мақалада циркулярлы экономика тұжырымдамасы аясында битумды байланыстырушыларды модификациялау үшін қайта өңделген материалдарды пайдалану мүмкіндіктері қарастырылады. Битумды модификациялау мақсатында полимер қалдықтары мен резеңке үгіндісі қолданылды. Жүргізілген зерттеулер көрсеткендей, бұл қоспалар битумның термотұрақтылығын, икемділігін және тотығуға төзімділігін жақсартады. Сонымен қатар, модификацияланған битумның пайдалану сипаттамалары едәуір жақсарып, оның морт сыну температурасы төмендеп, жұмсару температурасы жоғарылайтыны анықталды. Оптималды модификатор концентрациялары белгіленіп, олардың битум құрылымына әсері зерттелді.