



Б.Ш. Хасанходжаева¹, Г.Ф. Сагитова^{*}, А.С. Сидиков², С.А. Сакибаева¹

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

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

^{*}e-mail: guzalita.f1978@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ЦЕОЛИТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОВРИКОВ

Аннотация: В данной статье рассматривается возможность использования природного цеолита месторождения Чанканай в качестве наполнителя для резиновых смесей. Многочисленные исследования, посвященные изучению воздействий минеральных наполнителей на характеристики резины, свидетельствуют о перспективности и возможности развития данной области. При наполнении резин минеральными компонентами в стандартных условиях наблюдается ряд положительных эффектов. В частности, это приводит к снижению стоимости материала, улучшению его упруго-прочностных характеристик и оптимизации технологических свойств композиции. Эти изменения имеют важное значение для промышленности, где контроль за затратами и качеством материалов играет ключевую роль.

Актуальной задачей данной работы является замена дорогостоящих наполнителей на более доступные альтернативы, с целью сохранения всех требуемых характеристик резиновых смесей. Следовательно, новые ингредиенты должны обеспечивать такие же или улучшенные свойства, чтобы готовый продукт соответствовал стандартам и требованиям эксплуатации. Поддержание прочности, эластичности, стойкости к износу и других ключевых показателей становится главным приоритетом при поиске и внедрении заменителей, что позволяет сократить затраты без потери качества продукции. В рамках исследования объектами изучения являются цеолиты Чанканайского месторождения и резины, используемые для производства диэлектрических ковриков, которые должны обладать высокими электроизоляционными свойствами и механической прочностью.

Для анализа физико-химических свойств цеолитов проведены исследования с использованием ИК-спектроскопии и рентгеноструктурного анализа. Эти методы позволяют получить детальную информацию о структуре и составе порошков цеолитов, что является критически важным для оценки их потенциала в качестве наполнителей для резины.

В результате экспериментальных исследований было установлено, что резиновая смесь, полученная с частичной заменой белой сажи на цеолит Чанканайского месторождения, демонстрирует удовлетворительные физико-механические показатели. Это открывает новые перспективы для применения природных цеолитов в резиновой промышленности, способствуя как снижению затрат, так и улучшению качества конечного продукта.

Таким образом, результаты работы подчеркивают важность дальнейших исследований в этой области, направленных на оптимизацию составов резиновых смесей с использованием доступных и экологически чистых материалов, таких как природные цеолиты.

Ключевые слова: наполнитель, цеолит, белая сажа, резиновая смесь, механическая прочность, минеральный компонент.

Введение

Придание полимерным материалам требуемых характеристик можно эффективно достичь посредством их наполнения. Как известно, что мелкодисперсные порошковые наполнители различного происхождения, играют ключевую роль в полимерной

промышленности. Их введение позволяет улучшать обработку полимеров и значительно повышает их физико-механические свойства, что способствует снижению затрат на производство. Также наполнители позволяют придавать материалам нужные оттенки. Все наполнители условно делят на активные (армирующие), способные повысить прочность резин, и инертные, не оказывающие влияния на их механические свойства [1-3].

В настоящее время актуально исследовать замену части традиционных ингредиентов резиновых смесей, таких как белая сажа, на более доступные и менее токсичные минеральные наполнители, например такие как цеолит [4].

В работах [5-8] анализируются месторождения, структура и состав цеолитов, а также множество их применений. Описываются современные высокоэффективные и безопасные технологии, которые используют эти недорогие природные сорбенты для очистки различных объектов от токсичных веществ. Также представлены результаты исследований как отечественных, так и зарубежных ученых, касающиеся применения цеолитов в различных экологических областях [9]. В одной из работ цеолит был включен в качестве наполнителя в состав натурального каучукового латекса (НКЛ) для улучшения адсорбционных свойств пеноматериалов НКЛ [10]. А другой группой работ изучены эффекты прорезиненного бетона с использованием цеолита и геополимера с конечным сравнением результатов с обычным бетоном [11]. Другие результаты исследований показали, что использование цеолита, модифицированного магнетитом и титанатным связующим (ТСА), которые являются альтернативными связующими, заменяющими силановые связующие, и аморфного диоксида кремния в качестве наполнителя в составе натурального каучука TSR SIR 20, улучшило механические свойства продуктов вулканизации TSR [12].

Ранее на кафедре «Технология неорганических и нефтехимических производств» были проведены исследования по применению цеолита в качестве наполнителя в резиновой промышленности [13, 14]. Цель работы заключается в определении возможности применения этого природного минерала в качестве замены традиционным порошкообразным наполнителям и модификаторам, которые часто используются в различных производственных процессах. Такой подход не только потенциально повышает функциональные характеристики готовой продукции, но и способствует оптимизации затрат на производство, что делает его особенно привлекательным для дальнейших научных и практических разработок в данной области.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования являются:

- цеолит Чанканайского месторождения, Казахстан,
- прокаленный цеолит,
- резиновая смесь для изготовления диэлектрических ковриков, ТОО «Эко-Шина» (табл. 1).

Условия подготовки цеолита перед внедрением его в состав резинотехнических изделий включает в себя следующие этапы:

– Измельчение и сортировка: цеолит, добытый из месторождения Чанканай, предварительно измельчается до размера частиц 0,5-2,6 мм с использованием дробилок и планетарной микро-мельницы. Затем частицы цеолита сортируются через сита с различными размерами ячеек (менее 1 мм), чтобы выделить подходящую фракцию.

– Промывка: измельченный цеолит проходит этап промывки для удаления примесей и улучшения чистоты материала. Для этого: в ёмкость объёмом 3 литра загружается 0,5 кг цеолита и добавляется 2 литра дистиллированной воды. Смесь перемешивается вручную стеклянной палочкой для обеспечения равномерного воздействия воды на цеолит. В течение 3–4 дней мутная вода периодически фильтруется через бумажный фильтр.

– Сушка: Промытый цеолит подвергается сушке в специальной печи при температуре 300–400°C в течение 2 часов. Это позволяет удалить избыточную влагу и подготовить материал к следующему этапу. После сушки материал охлаждается до комнатной температуры, чтобы избежать повреждений его структуры из-за резких перепадов температуры.

– Дополнительное измельчение (активация): для улучшения дисперсности цеолита и повышения его взаимодействия с полимерной матрицей, он подвергается дополнительному измельчению в мельнице-активаторе. Этот процесс обеспечивает однородность частиц.

Исследование состава цеолита Чанканайского месторождения проводили методом рентгеноструктурного анализа. На рисунке 2 представлены результаты рентгеноструктурного анализа.

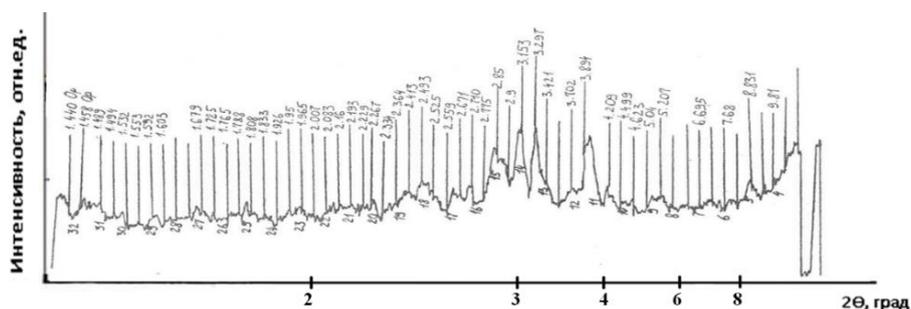


Рисунок 2 – Рентгенограмма Чанканайского цеолита

Как видно из рентгенограммы преобладающей минеральной фазой на дифрактограмме цеолита является клиноптилолит с дифракторными максимумами: 4,623⁽⁵⁾ – 4,25⁽⁷⁾ – 3,421⁽²⁾ – 3,297⁽¹⁰⁾ 3,04⁽⁷⁾ – 2,98⁽⁷⁾ – 2,90⁽⁷⁾ – 2,775⁽⁵⁾ – 2,57⁽⁶⁾ – 2,43⁽²⁾ – 2,16⁽⁷⁾ – 2,007⁽⁵⁾ – 1,926⁽³⁾ 1,808⁽⁹⁾ 1,458⁽²⁾ – 1,44⁽²⁾.

Меньшая интенсивность дифракционных максимумов наблюдается у гейландита (Ca,Na₂)[Al₂Si₆O₁₆·5H₂O]: 9,81⁽⁸⁾ – 8,831⁽⁸⁾ – 5,207⁽⁶⁾ – 4,499⁽⁴⁾ – 3,98⁽¹⁰⁾ – 3,421⁽⁷⁾ – 3,10⁽⁶⁾ – 2,95⁽⁸⁾ – 2,85⁽⁶⁾ – 2,710⁽⁴⁾ – 2,559⁽⁴⁾ – 1,965⁽⁶⁾ – 1,788⁽⁶⁾ – 1,603⁽²⁾ – 1,553⁽²⁾ – 1,494⁽⁴⁾ – 1,458⁽⁴⁾, филлипсита с дифракторными максимумами: 7,68⁽¹⁰⁾ – 6,695⁽¹⁰⁾ – 5,207⁽⁴⁾ – 5,04⁽⁴⁾ – 4,209⁽⁶⁾ – 3,153⁽¹⁰⁾ – 2,958⁽⁴⁾ – 2,67⁽⁶⁾ – 2,525⁽⁴⁾ – 2,413⁽⁴⁾ – 2,16⁽²⁾ – 2,083⁽²⁾ – 1,965⁽⁴⁾ – 1,83⁽²⁾ – 1,765⁽²⁾ – 1,725⁽²⁾ – 1,672⁽²⁾ 1,553⁽²⁾ – 1,489⁽²⁾.

На рентгенограмме также можно наблюдать другие пики, которые можно отнести к минералам шабазит и тенардит. В соответствии с таблицами, для этих минералов установлены десятичные максимумы, находящиеся на уровнях 2,93 и 2,94 соответственно. Это позволяет объяснить интенсивность дифракционного максимума, равного 2,958, зафиксированного на рентгенограмме.

Цеолит благодаря высокой поверхностной активности и способности формировать дополнительные связи выступает не только наполнителем, но и активным компонентом, улучшающим физико-механические свойства резиновых смесей. Его применение способствует повышению прочности, износостойкости и других ключевых характеристик резины, что снижает себестоимость и повышает качество конечного продукта.

Резиновые смеси изготавливаются на оборудовании компании ТОО «ЭКО-Шина», где цеолит вводится на первом этапе смешивания для оптимального взаимодействия с другими компонентами. В основе производства лежат стандартные рецептуры, где токсичные ингредиенты заменяются на более безопасные аналоги.

Смеси представляют собой многокомпонентные системы из 10-15 ингредиентов, свойства которых зависят от их природы и пропорций. Для достижения требуемых технических характеристик разрабатываются опытные рецепты, позволяющие подобрать оптимальную формулу под производственные задачи.

Рецепты эталонной и исследуемых резиновых смесей для диэлектрических ковриков приведены в таблице 1.

Научные исследования, проведенные в течение нескольких лет на кафедре «Технология неорганических и нефтехимических производств», выявили, что применение эффективных наполнителей в резиновых смесях приносит значительные преимущества. Полученные результаты подтвердили, что наполнители положительно влияют на технологические и эксплуатационные характеристики как резиновых смесей, так и вулканизатов. В настоящее время уже разработаны основные принципы формирования рецептур и технологии приготовления резиновых смесей с использованием модифицированного цеолита из Чанканайского месторождения. Однако дальнейшее изучение влияния этого минерала на свойства резиновых смесей и самих резин по-прежнему вызывает интерес.

Таблица 1 – Рецепт резиновой смеси для изготовления диэлектрических ковриков

Наименование материалов	Массовые части на 100 масс. ч. каучука			
	Эталон	1	2	3
СКМС – 30 АРКМ15	100	100	100	100
Сера техническая	3,5	3,5	3,5	3,5
Сульфенамид М	2,6	2,6	2,6	2,6
Тиурам	0,4	0,4	0,4	0,4
Белила цинковые	4,98	4,98	4,98	4,98
Стеарин	3	3	3	3
Микровоск	1,2	1,2	1,2	1,2
Масло ПН –6Ш	22,9	22,9	22,9	22,9
Белая сажа БС-120	40	35	20	-
Цеолит Чанканайского месторождения	-	5	20	40
Мел	110	110	110	110
Итого:	288,6	288,6	288,6	288,6

Для оценки влияния цеолита на эксплуатационные свойства резин была выбрана стандартная рецептура резиновой смеси, основанная на каучуке СКМС-30 АРКМ15, предназначенная для изготовления диэлектрических ковриков (табл. 1). Эта выборка позволяет провести глубокий анализ, как добавление цеолита может модифицировать физико-механические свойства конечного продукта. Диэлектрические коврики, применяемые в различных отраслях, требуют высокой надежности и устойчивости к механическим повреждениям, что делает это исследование особенно важным. Анализ влияния цеолита может привести к созданию более качественных и безопасных изделий, что не только повысит потребительские свойства, но и внесет вклад в экологическую безопасность. Таким образом, дальнейшие исследования в данной области обещают открыть новые перспективы для улучшения качества и функциональности резиновых изделий.

После завершения процесса охлаждения резиновые смеси были подвергнуты вулканизации в специализированных прессах при температуре 155°C в течение 20 минут. Данная процедура необходима для получения стандартных образцов и шайб, которые затем использовались для анализа физико-механических свойств вулканизатов.

Определение технологических и физико-механических характеристик резиновых смесей и их вулканизатов проводилось с использованием аккредитованных стандартных методов испытаний, что обеспечивает достоверность и воспроизводимость полученных данных. Эффект наполнения резиновых смесей цеолитом оценивался через сравнительный анализ образцов, содержащих цеолит, с эталонными образцами резины, не содержащими этот наполнитель. Результаты сравнительного анализа были представлены на рисунках 3-6, что позволило глубже изучить влияние цеолита на характеристики резиновых смесей и, следовательно, оценить его потенциал как эффективного наполнителя для улучшения эксплуатационных свойств вулканизатов.

Важнейшей особенностью, определяющей в значительной степени механические свойства резин, являются физико-механические показатели.

Во время вулканизации заготовки резиновых смесей проходят обработку, в результате чего из сформированных пластин создаются образцы. Далее проводятся выборочные испытания, целью которых является определение физико-механических свойств. К таким свойствам относятся прочность на растяжение, относительное и остаточное удлинение, а также твердость по Шору. Все эти показатели зависят от назначения резины и от тех нагрузок, которым она подвергается в процессе эксплуатации.

На рисунке 3 представлены данные пластичности (в условных единицах) в зависимости от массовой доли содержания цеолита. Эталонный образец имеет пластичность 0,3 усл.ед. Анализ проведен для массовых долей цеолита 5%, 20% и 40%. При массовой доле цеолита 5% – пластичность составляет 0,28 усл.ед, это на 0,02 усл.ед ниже, чем у эталонного образца. Такое снижение соответствует 6,7% уменьшению относительно эталона. При массовой доле цеолита 20% – пластичность увеличивается до 0,29 усл.ед, это на 0,01 усл.ед единицу ниже, чем у эталона, что составляет 3,3% уменьшение относительно эталона. При массовой доле цеолита 40% – пластичность достигает значения 0,3 усл.ед, что полностью соответствует

эталонному образцу. В данном случае показатель пластичности полностью восстанавливается.

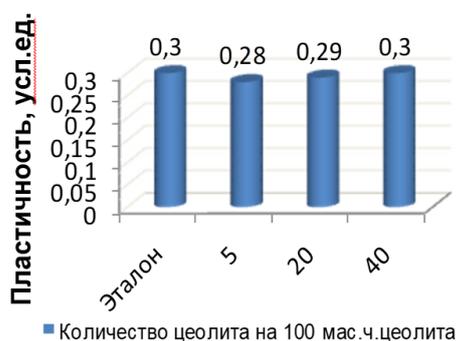


Рисунок 3 – Диаграмма зависимости пластичности резиновой смеси от содержания цеолита

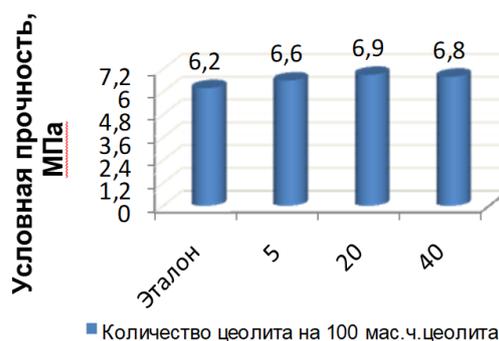


Рисунок 4 – Диаграмма зависимости условной прочности от содержания цеолита



Рисунок 5 – Диаграмма зависимости относительного удлинения от содержания цеолита

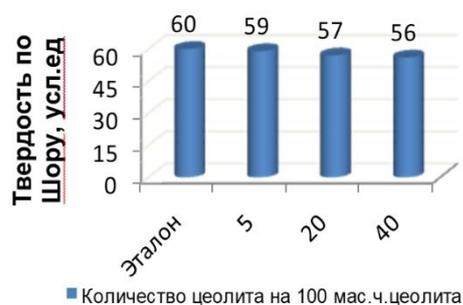


Рисунок 6 – Диаграмма зависимости твердости по Шору от содержания цеолита

На рисунке 4 представлены зависимость условной прочности от содержания цеолита. При массовой доле цеолита 5% – условная прочность увеличивается до 6,6 МПа, что на 0,4 МПа выше эталона. Это соответствует росту на 6,5% относительно эталонного значения. При массовой доле цеолита 20% – условная прочность достигает 6,9 МПа, что на 0,7 МПа выше эталона. Это самый высокий показатель, превышающий эталон на 11,3%. При массовой доле цеолита 40% – условная прочность составляет 6,8 МПа, что на 0,6 МПа выше эталона. Это соответствует росту на 9,7% относительно эталона.

На рисунке 5 представлены зависимость относительного удлинения. При массовой доле цеолита 5% – относительное удлинение увеличивается до 230%, что на 7% выше эталона. Это соответствует увеличению на 3,1% относительно базового значения. При массовой доле цеолита 20% – относительное удлинение достигает 237%, что на 14% выше эталона. Это самый высокий показатель, превышающий эталон на 6,3%. При массовой доле цеолита 40% – относительное удлинение составляет 230%, что также на 7% выше эталона, аналогично 5%-му содержанию цеолита (увеличение на 3,1%).

На рисунке 6 представлены зависимость твердости по Шору. При массовой доле цеолита 5% – твёрдость составляет 59 усл.ед., что на 1 усл.ед. ниже эталона. Это соответствует уменьшению на 1,7%. При массовой доле цеолита 20% – твёрдость снижается до 57 усл.ед., что на 3 усл.ед. ниже эталона. Это соответствует уменьшению на 5%. При массовой доле цеолита 40% – твёрдость уменьшается до 53 усл.ед., что на 7 усл.ед. ниже эталона. Это соответствует уменьшению на 11,7%.

Таким образом, оптимальной долей цеолита для достижения лучших механических свойств материала – 20%. При этой доле наблюдается максимальное улучшение как по прочности, так и по удлинению. Добавление цеолита в массовых долях 5% и 40% даёт хорошую стабильность характеристик, при этом 5% являются наиболее близким к эталону с точки зрения твёрдости, а 40% полностью восстанавливают пластичность. Важно учитывать,

что повышение содержания цеолита в материале, хотя и повышает прочностные характеристики, может снижать твёрдость, что нужно учитывать в зависимости от требований к материалу.

Заключение

Проведённое исследование подтвердило целесообразность использования природного цеолита из Чанканайского месторождения в качестве наполнителя для резиновых смесей. Оптимальная массовая доля цеолита в 20% обеспечивает рост условной прочности на 11,3% (до 6,9 МПа) и увеличение относительного удлинения на 6,3% (до 237%) по сравнению с эталонными значениями. Добавление цеолита до 40% сохраняет пластичность на уровне эталона, а меньшие доли (5% и 20%) снижают её незначительно. Снижение твёрдости при добавлении цеолита находится в пределах допустимых значений, что делает его пригодным для применения в различных резиновых изделиях. Частичная замена белой сажи на цеолит позволила снизить себестоимость производства без ухудшения качества продукции. Цеолит не выделяет пыль в процессе смешивания, что снижает вредное воздействие на здоровье работников и минимизирует экологический ущерб.

Результаты работы открывают новые горизонты для применения цеолита в резиновой промышленности. Внедрение цеолита позволяет:

- Создавать более экологичные и безопасные производственные процессы, соответствующие современным стандартам.
- Повышать качество и долговечность резинотехнических изделий, таких как диэлектрические коврики.
- Расширять область применения цеолитов, включая разработку новых рецептур и технологий для улучшения эксплуатационных свойств резины.

Таким образом, природные цеолиты Чанканайского месторождения представляют собой перспективный и эффективный компонент для оптимизации состава резиновых смесей.

Список литературы

1. Исследование влияния цеолитовых наполнителей на свойства резин / Ж.К. Конысбек и др. // Научные труды ЮКГУ им.М.Ауэзова. – 2018. – № 3(47). – С. 24-31.
2. 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.
3. Гришин Б.С. Материалы резиновой промышленности: монография / Б.С. Гришин. – Казань: КГТУ, 2010. – 506 с.
4. Прокопчук Н.Р. Модификация свойств эластомерных композиций: монография / Н.Р. Прокопчук. – Минск: БГТУ, 2012. – 218 с.
5. Simultaneous immobilization of ammonia and phosphorous by thermally treated sediment co-modified with hydrophilic organic matter and zeolite / D. Pingzhou et al // Journal of Environmental Management. – 2023. – V 3391, № 117800. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117800>.
6. Antiswelling and Frost-resistant Properties of a Zeolite-modified Rubber Mechanical Seal at Low Temperature / N.N. Petrova et al // Bulletin of the Korean Chemical Society. – 2015. – V 36. <https://doi.org/10.1002/bkcs.10075>.
7. Hydrocracking Rubber Seeds Oil for Biofuel Production Using Bifunctional Sarulla-Derived Natural Zeolite-Ni and Ni-Mo/SNZ Catalyst / J.L. Sihombing et al // Energy Technology. – 2024. – V 12. <https://doi.org/10.1002/ente.202301318>.
8. Highly water-selective mixed matrix membranes from natural rubber-blend-poly (acrylic acid) (NR-blend-PAA) incorporated with zeolite 4A for the dehydration of water-ethanol mixtures through pervaporation / S. Amnuaypanich et al // Journal of Applied Polymer Science. – 2012. – V 124.
9. Васильянова Л.С. Цеолиты в экологии / Л.С. Васильянова, Е.А. Лазарева // Новости науки Казахстана. – 2016. – № 1(127). – С. 61-85.
10. Perera D. Effect of zeolite on the properties of natural rubber foams / D. Perera, Kumanayaka T.O., Walpalage S. // International Journal of Scientific and Research Publications. – 2014. – Т. 5, № 9. – P. 1-5.

11. Experimental Study on Rubberized Concrete using Zeolite and Geopolymer / S. Nikhil et al // International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology (IJRASET). – Vol. 11. – P. 5845-5851.
12. Effects of magnetically modified natural zeolite addition on the crosslink density, mechanical, morphological, and damping properties of SIR 20 natural rubber reinforced with nanosilica compounds / R. Murniati et al // Journal of Polymer Research. – 2020. – Vol. 27, № 37. <https://doi.org/10.1007/s10965-020-2013-0>.
13. Перспективы применения природного цеолита месторождения Даубаба (Казахстан) для наполнения полимеров / Г.Ф. Сагитова и др. // Технология текстильной промышленности. Известия высших учебных заведений. – 2021. – № 6(396). – С. 327-332.
14. Сагитова Г.Ф. Цеолитті қолдана отырып резина қоспаларына арналған құрама оқшаулаушы композицияларын әзірлеу: монография / Г.Ф. Сагитова. – Шымкент: Издательский центр «Асем», 2021. – 160 с.

References

1. Issledovanie vliyaniya tseolitovykh napolnitelei na svoistva rezin / ZH.K. Konysbek i dr. // Nauchnye trudy YUKGU im.M.Auehzova. – 2018. – № 3(47). – S. 24-31. (In Russian).
2. 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).
3. Grishin B.S. Materialy rezinovoï promyshlennosti: monografiya / B.S. Grishin. – Kazan': KGTU, 2010. – 506 s. (In Russian).
4. Prokopchuk N.R. Modifikatsiya svoistv ehlastomernykh kompozitsii: monografiya / N.R. Prokopchuk. – Minsk: BGTU, 2012. – 218 s. (In Russian).
5. Simultaneous immobilization of ammonia and phosphorous by thermally treated sediment co-modified with hydrophilic organic matter and zeolite / D. Pingzhou et al // Journal of Environmental Management. – 2023. – V 3391, № 117800. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117800>. (In English).
6. Antiswelling and Frost-resistant Properties of a Zeolite-modified Rubber Mechanical Seal at Low Temperature / N.N. Petrova et al // Bulletin of the Korean Chemical Society. – 2015. – V 36. <https://doi.org/10.1002/bkcs.10075>. (In English).
7. Hydrocracking Rubber Seeds Oil for Biofuel Production Using Bifunctional Sarulla-Derived Natural Zeolite-Ni and Ni-Mo/SNZ Catalyst / J.L. Sihombing et al // Energy Technology. – 2024. – V 12. <https://doi.org/10.1002/ente.202301318>. (In English).
8. Highly water-selective mixed matrix membranes from natural rubber-blend-poly(acrylic acid) (NR-blend-PAA) incorporated with zeolite 4A for the dehydration of water–ethanol mixtures through pervaporation / S. Amnuaypanich et al // Journal of Applied Polymer Science. – 2012. – V 124. (In English).
9. Vasil'yanova L.S. Tseolity v ehkologii / L.S. Vasil'yanova, E.A. Lazareva // Novosti nauki Kazakhstana. – 2016. – № 1(127). – S. 61-85. (In Russian).
10. Perera D. Effect of zeolite on the properties of natural rubber foams / D. Perera, Kumanayaka T.O., Walpalage S. // International Journal of Scientific and Research Publications. – 2014. – T. 5, № 9. – P. 1-5. (In English).
11. Experimental Study on Rubberized Concrete using Zeolite and Geopolymer / S. Nikhil et al // International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology (IJRASET). – Vol. 11. – P. 5845-5851. (In English).
12. Effects of magnetically modified natural zeolite addition on the crosslink density, mechanical, morphological, and damping properties of SIR 20 natural rubber reinforced with nanosilica compounds / R. Murniati et al // Journal of Polymer Research. – 2020. – Vol. 27, № 37. <https://doi.org/10.1007/s10965-020-2013-0>. (In English).
13. Perspektivy primeneniya prirodnogo tseolita mestorozhdeniya Daubaba (Kazakhstan) dlya napolneniya polimerov / G.F. Sagitova i dr. // Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. – 2021. – № 6(396). – S. 327-332. (In Russian).
14. Sagitova G.F. Tseolitti қолдана отырып резина қоспаларына арналған құрама оқшаулаушы композицияларын әзірлеу: монография / G.F. Sagitova. – Shymkent: Izdatel'skii tsentr «AseM», 2021. – 160 s. (In Russian).

Б.Ш. Хасанходжаева¹, Г.Ф. Сагитова^{1*}, А.С. Сидиков², С.А. Сакибаева¹

¹М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
160012, Қазақстан Республикасы, Шымкент қаласы, Тәуке хан даңғылы, 5
²И.М.Губкин атындағы Ресей мемлекеттік мұнай және газ университетінің филиалы,
Өзбекстан Республикасы, Ташкент қаласы, Дурмон Юли көшесі, 34
*e-mail: guzalita.f1978@mail.ru

ДИЭЛЕКТРЛІК КІЛЕМШЕЛЕР ӨНДІРІСІНДЕ ТАБИҒИ ЦЕОЛИТТЕРДІ ҚОЛДАНУ

Бұл мақалада Чанканай кен орнының табиғи цеолитін резина қоспаларына толтығырғыш ретінде пайдалану мүмкіндігі қарастырылады. Минералды толықтырғыштардың резина сипаттамаларына әсерін зерттеуге арналған көптеген зерттеулер осы саланың болашағы мен даму мүмкіндігін көрсетеді.

Стандартты жағдайларда резиналарды минералды компоненттермен толықтыру кезінде бірқатар оң әсерлер байқалады. Атап айтқанда, бұл материалдың құнын төмендетуге, оның серпімді-беріктік сипаттамаларын жақсартуға және композицияның технологиялық қасиеттерін оңтайландыруға әкеледі. Бұл өзгерістер шығындар мен материалдардың сапасын бақылауда шешуші рөл атқаратын өнеркәсіп үшін өте маңызды.

Бұл жұмыстың өзекті міндеті резина қоспаларының барлық қажетті сипаттамаларын сақтау үшін қымбат толықтырғыштарды қол жетімді баламаларға ауыстыру болып табылады. Сондықтан жаңа ингредиенттер дайын өнім стандарттар мен пайдалану талаптарына сәйкес келуі үшін бірдей немесе жақсартылған қасиеттерді қамтамасыз етуі керек. Беріктікті, икемділікті, тозуға төзімділікті және басқа да негізгі көрсеткіштерді сақтау алмастырғыштарды іздеу және енгізу кезінде басты басымдыққа айналады, бұл өнімнің сапасын жоғалтпай шығындарды азайтуға мүмкіндік береді. Зерттеу аясында Чанканай кен орнының цеолиттері мен диэлектрлік кілемшелерді өндіру үшін пайдаланылатын резинаны зерттеу нысандары болып табылады, олар жоғары электр оқшаулау қасиеттеріне және механикалық беріктікке ие болуы керек.

Цеолиттердің физика-химиялық қасиеттерін талдау үшін ИҚ спектроскопиясы мен рентгендік құрылымдық талдауды қолдана отырып зерттеулер жүргізілді. Бұл әдістер цеолит ұнтақтарының құрылымы мен құрамы туралы егжей-тегжейлі ақпарат береді. Бұл олардың резинаны толықтырғыштар ретіндегі әлеуетін бағалау үшін өте маңызды.

Эксперименттік зерттеулер нәтижесінде ақ күйені Чанканай кен орнының цеолитіне ішінара ауыстырумен алынған резина қоспасы қанағаттанарлық физика-механикалық көрсеткіштерді көрсететіні анықталды. Бұл резина өнеркәсібінде табиғи цеолиттерді қолданудың жаңа перспективтілігін ашады. Бұл шығындарды азайтуға да, соңғы өнімнің сапасын жақсартуға да ықпал етеді.

Осылайша, жұмыс нәтижелері табиғи цеолиттер сияқты қол жетімді және экологиялық таза материалдарды пайдалана отырып, резина қоспаларының құрамын оңтайландыруға бағытталған осы саладағы қосымша зерттеулердің маңыздылығын көрсетеді.

Түйін сөздер: *толықтырғыш, цеолит, ақ күйе, резина қоспасы, механикалық беріктік, минералды компонент.*

B.Sh. Khassankhojayeveva¹, G.F. Sagitova^{1*}, A.S. Sidikov², S.A. Sakibayeva¹

¹M. Auezov South Kazakhstan University,
160012, Republic of Kazakhstan, Shymkent, Tauke Khan Ave., 5
²FILE Gubkin Russian State University of Oil and Gas (NRU),
Republic of Uzbekistan, Tashkent, Durmon Yuli str., 34
*e-mail: guzalita.f1978@mail.ru

THE USE OF NATURAL ZEOLITES IN THE PRODUCTION OF DIELECTRIC MATS

This article discusses the possibility of using natural zeolite from the Changkanai deposit as a filler for rubber compounds. Numerous studies devoted to the study of the effects of mineral fillers on the characteristics of rubber indicate the prospects and possibilities for the development of this field.

When filling rubbers with mineral components under standard conditions, a number of positive effects are observed. In particular, this leads to a reduction in the cost of the material, improvement of its elastic-strength characteristics and optimization of the technological properties of the composition. These changes are important for the industry, where cost and material quality control plays a key role.

The urgent task of this work is to replace expensive fillers with more affordable alternatives, in order to preserve all the required characteristics of rubber compounds. Therefore, the new ingredients must provide the same or improved properties so that the finished product meets the standards and operational requirements. Maintaining strength, elasticity, wear resistance and other key indicators becomes a top priority in the search and implementation of substitutes, which reduces costs without loss of product quality.

Within the framework of the study, the objects of study are zeolites of the Changkanai deposit and rubbers used for the production of dielectric mats, which must have high electrical insulating properties and mechanical strength.

To analyze the physico-chemical properties of zeolites, studies using IR spectroscopy and X-ray diffraction analysis were carried out. These methods provide detailed information about the structure and composition of zeolite powders, which is critically important for assessing their potential as fillers for rubber.

As a result of experimental studies, it was found that the rubber mixture obtained with partial replacement of white soot with zeolite from the Changkanai deposit demonstrates satisfactory physical and mechanical properties. This opens up new prospects for the use of natural zeolites in the rubber industry, contributing to both cost reduction and improvement of the quality of the final product.

Thus, the results of the work emphasize the importance of further research in this area aimed at optimizing the compositions of rubber compounds using affordable and environmentally friendly materials such as natural zeolites.

Key words: filler, zeolite, white carbon black, rubber compound, mechanical strength, mineral component.

Информация об авторах

Биби-Мариям Шераликызы Хасанходжаева – докторант кафедры «Технология неорганических и нефтехимических производств» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, Шымкент, 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, Шымкент, 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>.

Сауле Абдразаковна Сакибаева – кандидат технических наук, профессор кафедры «Технология неорганических и нефтехимических производств» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: saule.sakibayeva@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8697-9309>.

Авторлар туралы ақпарат

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

Гузалия Фаритовна Сагитова* – техника ғылымдарының кандидаты, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінің «Бейорганикалық және мұнай-химия өндірістерінің технологиясы» кафедрасының профессоры, Шымкент, 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>.

Сауле Абдразаковна Сакибаева – техника ғылымдарының кандидаты, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінің «Бейорганикалық және мұнай-химия өндірістерінің технологиясы» кафедрасының профессоры, Шымкент, Қазақстан Республикасы; e-mail: saule.sakibayeva@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8697-9309>.

Information about authors

Bibi-Mariyam Khassankhojayeva – doctoral student of the department «Technology of inorganic and petrochemical industries» of M. Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, 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. Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, 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) Tashkent, Republic of Uzbekistan; e-mail: sidikov_a@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5393-8201>.