

УДК 669.7:666.972.1(575.6)

https://doi.org/10.33619/2414-2948/109/29

РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТУЯ-МОЮНСКОГО БАРИТА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

©*Ташполотов Ы.*, ORCID: 0000-0001-9293-7885, SPIN-код: 2425-6716, д-р физ.-мат. наук,
Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан, itashpolotov@mail.ru

©*Акназар уулу К.*, ORCID: 0009-0006-5739-1323, Институт природных ресурсов Южного
отделения НАН КР, г. Ош, Кыргызстан, kadyrbek_6621@mail.ru

DEVELOPMENT OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON TUYA-MOYUN BARITE FOR THE CONSTRUCTION INDUSTRY

©*Tashpolotov Y.*, ORCID: 0000-0001-9293-7885, SPIN code: 2425-6716, Dr. habil.,
Osh State University, Osh, Kyrgyzstan, itashpolotov@mail.ru

©*Aknazar uulu K.*, ORCID: 0009-0006-5739-1323, Institute of Natural Resources
of the Southern Branch of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic,
Osh, Kyrgyzstan, kadyrbek_6621@mail.ru

Аннотация. Рассматриваются технологии разработки композиционных материалов на основе Туя-Моюнского барита, обладающего уникальными физико-химическими свойствами, что делает его перспективным для строительной отрасли. Исследуются методы синтеза, характеристики и потенциальные области применения барита, а также его роль в создании радиационно-защитных материалов. Анализируется химический состав барита и его влияние на прочностные и теплоизоляционные характеристики полученных композитов. Результаты экспериментов показывают, что увеличение содержания барита положительно сказывается на прочности материалов, а также способствует улучшению их теплоизоляционных свойств. Разработка данных материалов имеет важное значение для повышения конкурентоспособности строительных изделий и оптимизации использования месторождений барита в Кыргызстане.

Abstract. Discusses technologies for the development of composite materials based on Tuyamoyunsky barite, which has unique physico-chemical properties, which makes it promising for the construction industry. The methods of synthesis, characteristics, and potential applications of barite, as well as its role in the creation of radiation-protective materials, are investigated. The chemical composition of barite and its effect on the strength and thermal insulation characteristics of the obtained composites are analyzed. The experimental results show that an increase in the barite content has a positive effect on the strength of materials, as well as improves their thermal insulation properties. The development of these materials is important for improving the competitiveness of construction products and optimizing the use of barite deposits in Kyrgyzstan.

Ключевые слова: Туя-Моюнский барит, композиционные материалы, радиационная защита, баритовые композиты.

Keywords: Tuya-Moyunsky barite, composite materials, radiation protection, barite composites.

В настоящее время барит является остродефицитным полезным ископаемым, которые используются широким кругом отраслей промышленности. Он широко используется в

промышленности благодаря высокому удельному весу ($4,5 \text{ г/см}^3$). В США 90% барита применяется в нефтегазовом секторе для буровых растворов и утяжелителей, и он включен в список критических минералов из-за его важности для национальной безопасности, экономики и технологического развития. Барит также используется в автомобильной промышленности, литейном производстве, радиационной защите и медицине как контрастное вещество. Его соединения находят применение в керамической глазури и оптическом стекле. В условиях постпандемии барит стал критически важным минералом из-за перебоев в цепочках поставок [1-3].

Применение ядерных технологий в различных сферах, от энергетики до медицины, требует надежной защиты от потенциально опасных последствий для человека и экосистемы (1).

В связи с этим разработка эффективных радиационно-защитных материалов становится важной актуальной и научно-практической задачей. Одним из перспективных направлений в создании новых радиационно-защитных строительных материалов является использование специально разработанных облегченных составов, в которых баритовый концентрат выступает в роли наполнителя. Такой подход может обеспечить необходимую защиту от радиации при сохранении экономической целесообразности производства

Запасы барита в Тянь-Шане и Памиро-Алае Кыргызской Республики (зарегистрировано более 40 объектов барита) составляют миллионы тонн, что делает страну перспективным игроком на мировом рынке в сфере добычи и производства. На юге Кыргызстана промышленное значение имеют месторождения «Бел-Өрүк», «Каражыгач» и «Төө-Моюн». На территории, между городами Ноокат и Араван Ошской области, находится массив «Төө-Моюн». Эти месторождения имеют потенциал для дальнейшего развития, и он имеет важное значение для экономики КР, так как используется в бурении нефтяных и газовых скважин, способствуя развитию энергетического сектора, а также применяется в строительстве, что положительно влияет на развитие инфраструктуры.

Например, интеграция баритового концентрата в состав бетонов позволяет создавать материалы, обеспечивающие эффективную радиационную защиту. Однако для их успешного применения необходимо детально изучить все аспекты поведения этих материалов под воздействием ионизирующих излучений, так как плотность играет ключевую роль в их защитных свойствах. Улучшение радиационно-защитных свойств цементного камня может быть достигнуто путем изменения его химического состава и плотности структуры. Эти характеристики цементного камня можно изменить с помощью минеральных добавок, содержащих элементы с высокой атомной массой, при прочих равных условиях. Поэтому разработка композиционных баритосодержащих материалов с использованием минерального сырья, основанная на инновационных методах управления структурой, а также гарантированное достижение требуемых эксплуатационных характеристик (прочности, радиационной защиты, безопасности и др.) является важной научной задачей [1, 2].

Можно предположить, что эффективность управления структурой возрастает при ее проведении на всех масштабных уровнях материала. Важно осуществлять последовательное модифицирование на следующих уровнях: макроуровень → микроуровень → наноуровень. Основной целью модификации является создание плотной структуры на каждом из этих уровней, что, согласно зависимости, предложенной П. А. Ребиндером [4], предполагает устранение дефектов соответствующего масштаба.

В области радиационной защиты современные мировые тенденции в основном сосредоточены на использовании тяжелых материалов, таких как свинец, с меньшей долей применения барита. В последние годы баритосодержащие материалы и изделия становятся

все более значимыми для создания радиационно-защитных конструкций. Однако, направленное регулирования структуры баритосодержащих бетонов для достижения не только радиационно-защитных, но и улучшенных технологических, эксплуатационных и экономических характеристик остается недостаточно изученной. Вместе с этим вопросы, касающиеся технологических и сырьевых особенностей производства эффективных облегченных радиационно-защитных бетонов требуют глубокого исследования. Как известно, направленное регулирование структуры композиционного баритосодержащего материала и обеспечение необходимых эксплуатационных характеристик, таких как легкость строительных изделий, их прочность и защита от ионизирующих излучений, может быть достигнуто с помощью инновационных методов управления структурой на макроуровне. Применение тонкомолотого баритового концентрата в качестве наполнителя позволит создать матрицу на микроуровне, оптимально объединяющую компоненты смежных материалов.

Материалы и методы исследований

Туя-моюнский барит представляет собой минерал, содержащий барий и сульфатные группы. Благодаря своим свойствам, таким как высокая плотность, устойчивость к химическим воздействиям и низкая теплопроводность, этот минерал может быть использован для создания новых строительных материалов, обладающих улучшенными эксплуатационными характеристиками [5].

Состав элементов-примесей в барите определен с помощью спектрофотометра СФ-46. Для отделения сульфитной части от баритовой, проба помещалась в кварцевый тигель с добавлением царской водки. После фильтрования сульфитная часть переходила в раствор, а барит в осадок. Навеска барита сплавлялась с содой (соотношение 1:6) при температуре 900⁰С. Сплав охлаждался и выщелачивался дистиллированной водой. Полученные данные представлены в Таблице 1.

Таблица 1

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ БАРИТА ТОО–МОЮНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (масс%).

<i>Химические элементы, соединения</i>	<i>Процентное содержание, %</i>
BaSO ₄	56,19
CaCO ₃	7,43
SO ₃	9,65
Fe ₂ O ₃	3,66
Магний (Mg)	0,23
Марганец(Mn)	0,03
Алюминий(Al)	0,02
Медь (Cu)	0,02

Из Таблицы 1 видно, что барит, используемый в качестве наполнителя для получения защитного композитного материала от радиации, состоит из нескольких основных компонентов (BaSO₄, CaCO₃, SO₃ и Fe₂O₃):

BaSO₄ (сульфат бария) составляет 56,19%. Это основной компонент, который определяет свойства барита, такие как его применение в строительстве и других отраслях;

CaCO₃ (карбонат кальция) — 7,43%. Это соединение может влиять на прочностные характеристики и коррозионную стойкость материалов, в которых используется барит;

SO₃ (сульфидный оксид) — 9,65%. Высокое содержание SO₃ может указывать на наличие сульфатных соединений, которые могут оказывать влияние на химическую стойкость барита.

Fe_2O_3 (оксид железа) — 3,66%. Железо может влиять на цвет и прочность материала, а также на его коррозионную стойкость.

Магний (Mg) — 0,23% и Марганец (Mn) — 0,03%. Эти элементы в небольших количествах могут оказывать незначительное влияние на свойства барита, однако их присутствие стоит учитывать при оценке качества.

Алюминий (Al) — 0,02% и Медь (Cu) — 0,02%. Низкое содержание этих элементов указывает на высокую чистоту образца.

Таким образом, высокое содержание BaSO_4 подтверждает, что барит обладает хорошими эксплуатационными характеристиками [4].

С учетом содержания CaCO_3 и SO_3 , барит может быть использован не только в строительстве, но и в других отраслях, таких как производство стекла и керамики. Наличие примесей, таких как Fe_2O_3 и другие металлы, требует дальнейшего изучения, чтобы определить их влияние на свойства конечного продукта. Необходимо также оценить возможность использования барита в различных строительных и промышленных приложениях с учетом его химического состава.

Технология переработки баритового концентрата для получения барита состоит в следующем: Баритовая руда измельчается мокрым способом в цилиндрических мельницах, с помощью чугунных шаров работающих с классификаторами в замкнутом цикле. Верхний слив классификатора с фракцией барита до 0,06 мм. отделяют от твердой фракции. Затем сырье с влажностью до 30% загружают в емкость, куда подается баритосодержащий раствор с серной кислотой, которая была использована на второй стадии для обработки баритового сырья. Пульпу подвергают интенсивному перемешиванию 10-20 минут, при соотношении Т: Ж = 1: 6. Затем пульпу подвергают фильтрации и в той же емкости подвергают обработке серной кислотой, только более концентрированной. Обработку на второй стадии ведут около 1,5-2 часа, при интенсивном перемешивании. Раствор перекачивают в емкость для гидролиза, в воду добавляют азотную кислоту, на этой стадии осадок сульфата бария промывают водой до нейтральной реакции с получением пасты «бланфикса». Обработку барита проводят в две стадии при перемешивании. На первой стадии используется серная кислота с пониженной концентрацией и барит конденсируется перед второй стадией растворения в более концентрированной серной кислоте. Так как обработку влажного барита ведут в 90% серной кислоте, что позволяет получить готовый продукт высокой очистки сорта «бланфикс». Совмещая эти два технологического процесса можно получать барит утяжелитель после размола баритовой руды и после обработки барита химическим путем можно получать барит наполнитель (2).

Для получения композиционных материалов использовались следующие компоненты: Туя-моюнский барит, основной наполнитель, обладающий высокой плотностью и химической устойчивостью; полимеры(эпоксидные смолы), которые обеспечивают матрицу для связывания компонентов, наполнители (песок и щебень), используемые для улучшения механических свойств и снижения стоимости материалов. Таким образом целью настоящего исследования является создание новых композиционных материалов с необходимыми прочностными характеристиками, стойкостью к агрессивным средам, термостойкостью и долговечностью и оптимизация использования баритового месторождения Туя-Моюнского месторождения, известного высочайшим качеством и высокими запасами.

Композиционные материалы были получены методом механического смешивания и последующего отверждения. Оценивались различные соотношения компонентов для достижения оптимальных характеристик. Процесс синтеза начинался с механического смешивания всех компонентов. Этот этап включает следующие шаги:

Подготовка исходных материалов: все компоненты предварительно подготавливались, включая измельчение Туя-моюнского барита до необходимой фракции (обычно 100-200 мкм) для достижения однородности смеси;

Смешивание: использовались механические смесители, которые обеспечивали равномерное распределение барита в полимерной матрице. Смешивание проводилось в течение 20-30 минут, чтобы гарантировать полное объединение всех компонентов.

Оптимизация соотношений: оценивались различные соотношения полимеров и наполнителей. Для каждой партии материала варьировалось содержание Туя-моюнского барита (от 10% до 50% от массы полимерной матрицы) и других наполнителей, чтобы определить оптимальные пропорции для достижения максимальных физико-механических свойств. Оптимизация соотношений компонентов является ключевым этапом, который позволяет достичь желаемых свойств и повысить конкурентоспособность материалов на рынке строительных изделий. После механического смешивания полученная композиция подвергалась процессу отверждения.

Формование: смесь помещалась в формы, соответствующие необходимым размерам и форме конечного продукта. Формы могли быть изготовлены из различных материалов, таких как силикон или металл, в зависимости от требований к конечному изделию.

Отверждение: в зависимости от выбранного полимера, процесс отверждения мог происходить как при комнатной температуре, так и при повышенной температуре (например, в печи при 60-80°C). Время отверждения варьировалось от 24 часов до нескольких дней, в зависимости от типа используемого полимера и желаемых свойств материала. После завершения процесса отверждения проводились испытания для оценки физико-механических свойств полученных материалов: измерялись прочность на сжатие и изгиб. Эти испытания проводились в соответствии с международными стандартами.

Химическая устойчивость: образцы подвергались воздействию различных химических веществ (например, кислот и щелочей) для оценки их коррозионной стойкости.

Теплопроводность: измерялась теплопроводность полученных материалов для определения их теплоизоляционных свойств.

Таким образом, методы синтеза композиционных материалов на основе Туя-моюнского барита, включающие механическое смешивание и отверждение, позволили получить изделия с эксплуатационными характеристиками, представленные в Таблице 2.

Таблица 2

ПРОЧНОСТЬ И ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С
ВАРЬИРОВАНИЕМ СОДЕРЖАНИЯ ТУЯ-МОЮНСКОГО БАРИТА И ДРУГИХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ

Туя-Моюнского барита %	Содержание			Прочность на сжатие МПа	Прочность на изгиб МПа	Теплопроводность Вт/м·К
	Полимерной матрицы %	Песка %	Щебня %			
10	70	10	10	25	12	0,15
20	60	10	10	30	15	0,14
30	50	10	10	40	20	0,12
40	40	10	10	45	22	0,11
50	30	10	10	50	25	0,10

Результаты и обсуждение

Влияние содержания Туя-Моюнского барита на прочность: при увеличении содержания Туя-Моюнского барита с 10% до 50% наблюдается рост прочности на сжатие и изгиб.

Прочность на сжатие увеличивается от 25 МПа (10% барита) до 50 МПа (50% барита).

Прочность на изгиб также возрастает, достигая 25 МПа при 50% барита. Это указывает на положительное влияние барита на механические свойства материала.

Влияние полимерной матрицы: с увеличением содержания барита происходит пропорциональное уменьшение содержания полимерной матрицы. Это может влиять на вязкость и адгезию материала. При 50% барита содержание полимерной матрицы составляет 30%, что может снизить общую гибкость и прочность на изгиб, несмотря на высокие значения прочности на сжатие.

Теплопроводность: теплопроводность материала уменьшается с увеличением содержания Туя-Моюнского барита. Значения теплопроводности снижаются с 0,15 Вт/м•К до 0,10 Вт/м•К при увеличении доли барита. Это может свидетельствовать о том, что барит способствует улучшению теплоизоляционных свойств материала.

Заключение

Разработка композиционных материалов на основе Туя-Моюнского барита открывает новые перспективы для их применения в строительной отрасли. Высокие физико-механические свойства, устойчивость к химическим воздействиям и отличные теплоизоляционные характеристики делают эти материалы конкурентоспособными на рынке строительных материалов.

1. Увеличение содержания Туя-Моюнского барита в композиционных материалах положительно сказывается на их прочностных характеристиках, как на сжатие, так и на изгиб.

2. Снижение теплопроводности с увеличением содержания барита делает материал более подходящим для применения в радиационно-защитных конструкциях, где важна как прочность, так и теплоизоляция.

3. Необходимо учитывать баланс между прочностью и другими свойствами, такими как гибкость и теплопроводность, при проектировании композиционных материалов для конкретных приложений.

Источники:

(1). Межгосударственный стандарт. ГОСТ 12.4.217-2001. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты от радиоактивных веществ и ионизирующих излучений. Требования и методы испытаний (с поправкой).

(2). ГОСТ 4682-84. Концентрат баритовый. Технические условия (с изменениями №1, 2, 3).

Список литературы:

1. Новиков Н. В., Самченко С. В., Окольников Г. Э. Баритсодержащие радиационно-защитные строительные материалы // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2020. Т. 21. №1. С. 94-98. <https://doi.org/10.22363/2312-8143-2020-21-1-94-98>

2. Черных Т. Н., Перминов А. В., Пудовиков В. Н., Крамар Л. Я. Сухие баритосодержащие смеси для защиты от ионизирующих излучений // Сухие строительные смеси. 2012. №1. С. 28-29.

3. Чан Ле Хонг Особотяжелый самоуплотняющийся бетон на баритовом заполнителе: дисс. ... канд. техн. наук. М., 2011. 147 с.

4. Ребиндер П. А. Поверхностные явления в дисперсных системах: Физ.- хим. механика. М.: Наука, 1979. 381с.

5. Лыгина Т. З. Исследование баритовых руд комплексом физико-химических методов. Казань, 2004. 81 с.

References:

1. Novikov, N. V., Samchenko, S. V., & Okol'nikova, G. E. (2020). Baritsoderzhashchie radiatsionno-zashchitnye stroitel'nye materialy. *Vestnik Rossiiskogo universiteta družby narodov. Seriya: Inzhenernye issledovaniya*, 21(1), 94-98. (in Russian). <https://doi.org/10.22363/2312-8143-2020-21-1-94-98>
2. Chernykh, T. N., Perminov, A. V., Pudovikov, V. N., & Kramar, L. Ya. (2012). Sukhie baritosoderzhashchie smesidlya zashchity ot ioniziruyushchikh izluchenii. *Sukhie stroitel'nye smesi*, (1), 28-29. (in Russian).
3. Chan Le, Khong (2011). Osobotyazhelyi samouplotnyayushchiisya beton na baritovom zapolnitele: diss. ... kand. tekhn. nauk. Moscow. (in Russian).
4. Rebinder, P. A. (1979). Poverkhnostnye yavleniya v dispersnykh sistemakh. Moscow. (in Russian).
5. Lygina, T. Z. (2004). Issledovanie baritovykh rud kompleksom fiziko-khimicheskikh metodov. Kazan'. (in Russian).

*Работа поступила
в редакцию 03.11.2024 г.*

*Принята к публикации
10.11.2024 г.*

Ссылка для цитирования:

Ташполотов Б., Акназар уулу К. Разработка композиционных материалов на основе Туя-Моюнского барита для строительной отрасли // Бюллетень науки и практики. 2024. Т. 10. №12. С. 204-210. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/109/29>

Cite as (APA):

Tashpolotov, Y. & Aknazar uulu, K. (2024). Development of Composite Materials Based on Tuya-Moyun barite for the Construction Industry. *Bulletin of Science and Practice*, 10(12), 204-210. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/109/29>