

МРНТИ 64.29.81

Ж.К. Боркулакова¹ – основной автор,
М.Ш. Шардарбек², Б. Абзалбекулы³,
Р.Т. Кауымбаев⁴, Ф.Р. Ташмухамедов⁵,
Э.Е. Сарыбаева⁶, Г.Т. Ораз⁷, Р.А. Жетербаетова⁸

©



^{1,8}Докторант, ²Канд. техн. наук, доцент, ³PhD, ассоц. профессор, ⁴PhD
⁵PhD, и.о. доцента, ^{6,7}PhD, ст. преподаватель

ORCID

¹<https://orcid.org/0000-0001-5382-9064> ²<https://orcid.org/0000-0002-9787-5684>
³<https://orcid.org/0000-0002-9552-0388> ⁴<https://orcid.org/0000-0002-6538-5947>
⁵<https://orcid.org/0000-0001-7579-5061> ⁶<https://orcid.org/0000-0001-7579-5061>
⁷<https://orcid.org/0000-0002-7652-5319> ⁸<https://orcid.org/0000-0002-9552-0388>



^{1,2,3,4,5,6,7,8}Таразский университет им. М.Х. Дулати,



г. Тараз, Казахстан



¹janebklk@gmail.com

<https://doi.org/10.55956/HGGU9407>

ОБРАБОТКА ШЕРСТЯНЫХ ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ БУРОЙ: АНТИМИКРОБНЫЕ СВОЙСТВА И ОГНЕСТОЙКИЙ ПОТЕНЦИАЛ

Аннотация. В работе рассмотрено влияние обработки шерстяных изоляционных материалов бурой на их антимикробные, огнестойкие и теплоизоляционные свойства. Проведенные эксперименты показали, что бораты проявляют выраженные биоцидные свойства против бактерий, однако неэффективны в отношении плесневых грибов. Обработка образцов сопровождалась снижением теплоудержания на 3-4% по сравнению с контрольными. Тем не менее уменьшение показателя не является критичным и компенсируется улучшением биоцидных характеристик материала. Обзор литературных данных подтвердил перспективность использования буры в качестве антипирена, что открывает возможности комплексного повышения эксплуатационных свойств шерстяных теплоизоляционных материалов.

Ключевые слова: овечья шерсть, бура, биоцидная обработка, антимикробный эффект, огнестойкость, теплоудержание, изоляционные материалы.



Боркулакова, Ж.К. Обработка шерстяных изоляционных материалов бурой: антимикробные свойства и огнестойкий потенциал [Текст] / Ж.К. Боркулакова, М.Ш. Шардарбек, Б. Абзалбекулы, Р.Т. Кауымбаев, Ф.Р. Ташмухамедов, Э.Е. Сарыбаева, Г.Т. Ораз, Р.А. Жетербаетова // Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №3(89). – С.246-254. <https://doi.org/10.55956/HGGU9407>

Введение. В условиях современных требований к изоляционным материалам особое внимание уделяется их функциональной многозадачности. Теплоизоляционные материалы из натуральных волокон, в частности шерсти, представляют интерес благодаря экологичности, биосовместимости и способности регулировать влажностно-температурный режим. Однако ограниченное биологическое поведение шерсти сдерживает ее широкое применение в качестве изоляционного материала. Шерстяные волокна

подвержены воздействию микроорганизмов (бактерий, плесневых грибов), что снижает долговечность изделий.

Одним из перспективных подходов к решению указанных проблем является использование соединений бора, в частности буры, также известной как декагидрат тетрабората натрия. Бора известна своей биоцидной активностью, обеспечивающей защиту органических материалов от микробиологического разрушения, а также способностью действовать как антипирен. При нагревании она выделяет воду кристаллизации и формирует на поверхности волокон защитный стекловидный слой бората натрия, что способствует ингибированию горения. Комбинированное действие буры позволяет одновременно повышать микробиологическую стабильность и огнестойкость материалов, что делает ее особенно актуальной для обработки натуральных теплоизоляционных изделий.

Целью настоящего исследования является изучение антимикробных свойств шерстяных изоляционных материалов, обработанных бурой, а также анализ огнезащитного потенциала соединений бора применительно к шерсти. В работе представлены экспериментальные результаты по биоцидной эффективности обработки, оценка их теплоудерживающей способности, а также обзор литературных данных по огнезащитному потенциалу соединений бора применительно к шерстяным волокнам.

Условия и методы исследований. В качестве исследуемого материала использован нетканый материал, изготовленный из овечьей шерсти иглопробивным способом. Для определения антимикробной активности были подготовлены образцы, обработанные водным раствором буры (натрий тетраборат декагидрат, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) в концентрациях 10%, 15% и 20%. Контрольный образец без обработки использовался для сопоставления результатов. Обработка проводилась методом импрегнации (пропитки).

Образцы были разрезаны на фрагменты 20×20 мм. Антимикробные свойства исследовали в отношении следующих микроорганизмов:

- *Escherichia coli* (грамотрицательная бактерия);
- *Aspergillus spp.* (плесневый гриб).

Оценка антимикробной активности образцов проводилась в соответствии с МУК 4.2.1890-04 «Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам. Методические указания» [1]. Антимикробную активность определяли по наличию зоны подавления роста микроорганизмов вокруг образца. Испытания были проведены в Научно-исследовательской лаборатории по оценке качества и безопасности продовольственных продуктов АО «Алматинский технологический университет» (г. Алматы) при стандартных условиях (температура 21°C, относительная влажность 64%).

Для оценки влияния обработки на теплофизические свойства материала были проведены испытания по измерению теплоудерживающей способности образцов. Исследования проводились в лаборатории «CENTEXUZ» Ташкентского института текстильной и легкой промышленности (г. Ташкент). Оценка теплоудержания проводилась согласно ASTM D1518-85 [2] с использованием прибора теплопроводности «AW-2». Перед испытаниями все образцы размером 300×300 мм были кондиционированы при относительной влажности 65% и температуре 22°C. Для оценки теплоудерживающих свойств использовались четырехслойные образцы нетканого материала одинаковой структуры и плотности. Одна часть образцов не подвергалась обработке и использовалась в качестве контрольной группы, другая – была обработана

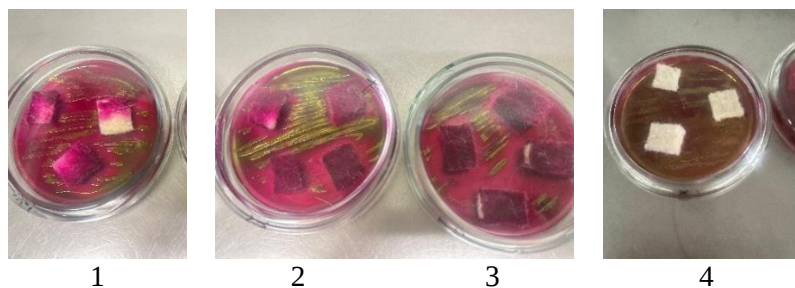
раствором технической буры. Оценка теплоудержания осуществлялась методом измерения продолжительности работы нагревателя с образцом и без него. Показатель коэффициента теплоудержания (%) рассчитывался по формуле:

$$\text{Теплоудерживаемость (\%)} = \left(1 - \frac{b}{a}\right) \times 100 \quad (1)$$

где: а – продолжительность работы нагревателей без образца, сек; b – продолжительность работы нагревателей с образцом, сек.

В рамках подготовки исследования по оценке свойств шерстяных материалов, обработанных бурой, был проведен обзор литературных источников, посвященных ее применению в текстильных материалах и огнезащитным свойствам. Обзор литературы проводился с использованием методов библиографического и сравнительно-аналитического анализа научных публикаций.

Результаты исследований и их обсуждение. *Антибактериальная активность против E. coli.* Оценка антибактериальной активности нетканых шерстяных материалов, обработанных различными концентрациями буры, проводилась в отношении бактерии *Escherichia coli* методом диффузии в агар. На рисунке 1 представлены результаты оценки зон ингибирования для каждого образца.



1 – обработанный 10% бурой; 2 – обработанный 15% бурой; 3 – обработанный 20% бурой; 4 – контрольный.

Рис. 1. Оценка антимикробной активности образцов против *E. coli*

Образец, обработанный раствором буры с концентрацией 10% (чашка Петри №1), демонстрировал наличие зоны подавления роста бактерий диаметром 2-3 мм. Контуры зоны ингибирования были слабо выражены, что свидетельствует о низкой, но присутствующей антибактериальной активности.

При обработке бурой в концентрации 15% (чашка Петри №2) наблюдалось расширение зоны ингибирования до 2-4 мм с более четкими границами, что указывает на умеренную эффективность антимикробного действия.

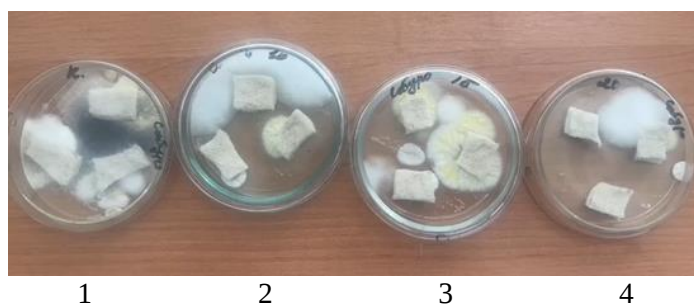
Максимальный эффект был достигнут при концентрации буры 20% (чашка Петри №3), где зона ингибирования составила 5-6 мм. В этой области

отсутствовал рост колоний *E. coli*, что подтверждает выраженную антибактериальную активность образца.

Контрольный образец, не подвергавшийся обработке бурой (чашка Петри №4), не продемонстрировал каких-либо признаков ингибирования роста бактерий. Бактериальная флора развивалась равномерно по всей поверхности питательной среды, включая область, прилегающую к образцу.

Полученные данные указывают на наличие дозозависимого антибактериального эффекта: с увеличением концентрации буры возрастает выраженность зоны ингибирования роста *E. coli*.

Антимикотическая активность против Aspergillus spp. Оценка противогрибковой активности исследуемых образцов нетканого шерстяного материала, обработанных раствором буры, проводилась методом культивирования на питательной среде с последующим наблюдением за ростом мицелия плесневого гриба рода *Aspergillus* (рис. 2). Визуальный анализ чашек Петри позволил определить степень ингибирования роста мицелия.



1 – контрольный; 2 – обработанный 10% бурой; 3 – обработанный 15% бурой; 4 – обработанный 20% бурой.

Рис. 2. Оценка антимикотической активности образцов против *Aspergillus spp.*

В контрольной чашке (чашка Петри №1), содержащей необработанный образец, наблюдался активный рост *Aspergillus*. Мицелий распространялся вплотную к образцу, охватывая его по периметру. Это свидетельствует об отсутствии какого-либо антимикотического эффекта.

Образец, обработанный раствором буры в концентрации 10% (чашка Петри №2), также демонстрировал рост мицелия, однако плотность и скорость распространения грибка были ниже по сравнению с контрольным образцом. Рост оставался вблизи поверхности, без формирования выраженной зоны подавления.

В образце с 15% концентрацией буры (чашка Петри №3) рост мицелия сохранялся, при этом гриб частично охватывал центр чашки, что указывает на сохранение жизнеспособности *Aspergillus* даже при повышенной концентрации антисептика.

Наибольший визуальный эффект отмечался при обработке 20% раствором буры (чашка Петри №4). В данном случае рост мицелия был менее интенсивным, его распространение ограничивалось периферией чашки. Однако зона ингибирования не формировалась четко, края образца частично покрывались грибом, и подавление роста происходило неравномерно.

Несмотря на некоторое снижение интенсивности роста *Aspergillus* при повышении концентрации раствора, четко выраженной зоны ингибирования не наблюдалось. Это свидетельствует о том, что используемый метод модификации обладает ограниченным эффектом против плесневых грибов и требует дальнейшей оптимизации для повышения фунгицидной эффективности.

Теплоудерживающие свойства образцов. В целях определения влияния обработки на теплотехнические характеристики, образцы нетканых материалов были разделены на две группы: контрольную (без обработки) и экспериментальную (обработанную водным раствором технической буры десятиводной). Результаты представлены на рисунке 3.

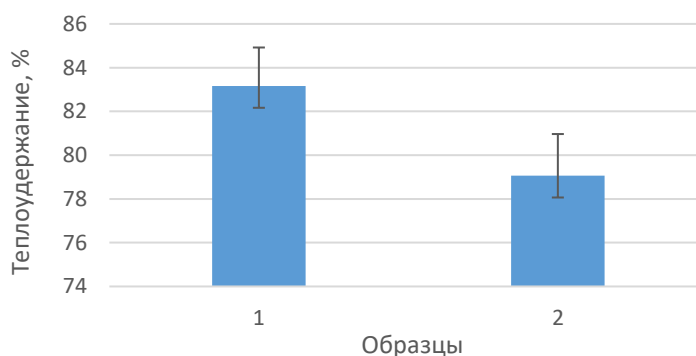


Рис. 3. Сравнительная теплоудерживающая способность обработанных и необработанных образцов

Установлено, что в контрольной группе теплоудержание варьировалось в диапазоне от 81,5% до 85%, а образцы, обработанные раствором буры, продемонстрировали показатели в пределах 77,2-81%. Снижение среднего значения теплоудержания в обработанных образцах по сравнению с контрольными составило около 3-4%. Данное уменьшение может быть обусловлено частичным заполнением межволоконных пор кристаллами буры, что снижает долю воздуха – основного теплоизоляционного компонента в структуре шерстяных материалов. Однако снижение показателя не является критичным и компенсируется улучшением биоцидных свойств материала.

Обзор огнестойких свойств шерсти и антипиренового действия буры. Шерсть относится к числу природных волокон, обладающих относительно высокой естественной огнестойкостью по сравнению с другими текстильными материалами растительного или синтетического происхождения. Это свойство обусловлено ее химическим составом и структурой: кератиновые волокна содержат значительное количество азота (15-16%) и серы (3-4%), а также имеют высокую степень влагосодержания (8-16%). Шерсть обладает высоким пределом кислородного индекса (LOI). Благодаря высокому LOI и химическому составу и структуре волокна, для горения шерсти требуется больше кислорода, чем есть в обычной атмосфере. При нагревании шерсти происходит последовательный пиролиз: от 167 до 197°C начинается выделение аммиака и углекислого газа; при 230-240°C разрушается спиральная структура кератина; в диапазоне 250-295°C происходит выделение сернистых соединений (H_2S , SO_2) и образование угольного защитного слоя; при дальнейшем нагреве (270-320°C) продолжается выделение SO_2 , тиолов и

других летучих продуктов. Формирование углистого остатка препятствует доступу кислорода к материалу и подавляет дальнейшее горение. Таким образом пиролиз (начало термического разложения) начинается при 245°C, воспламенение – 228-230°C, стадия полного горения – при 570-60°C [3-5].

Для повышения огнезащитных характеристик шерстяных материалов широко применяются различные антипирены – химические вещества, замедляющие или предотвращающие процесс горения. Огнезащитные добавки как правило состоят из соединений, содержащих такие элементы, как фосфор (в различных органических и неорганических формах); галогены (бромированная, хлорированная органика, фториды циркония); кремний (органическая или неорганическая формы); бор; металлы (гидроксиды Al, Mg, Ca, фосфинаты Al, Zn и Ca, а также бораты цинка, фториды циркония); азот (отдельно или вместе с фосфором, неорганическим или органическим); сурьма (оксиды вместе с галогенами) [6]. Такое разнообразие обусловлено различными механизмами действия добавок на процесс горения. На этом фоне соединения бора выделяются своей способностью сочетать газофазный и конденсофазный механизмы ингибирования пламени. Бура (декагидрат тетрабората натрия, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) представляет собой неорганическую соль борной кислоты. Бура и ее производные используются в качестве антипиренов благодаря способности при нагревании выделять воду кристаллизации (дегидратация при нагревании) и образовывать защитный стекловидный слой бората натрия на поверхности волокон. Этот слой препятствует доступу кислорода к материалу, а также стабилизирует угольный остаток, снижая скорость теплопередачи [7-10]. Особое внимание уделяется сочетанию буры и борной кислоты. Установлено, что бура эффективно препятствует распространению пламени по поверхности материала, однако может способствовать тлению. Напротив, борная кислота снижает интенсивность тлеющего горения, но слабо влияет на распространение пламени. Поэтому их совместное использование обеспечивает более сбалансированную огнезащиту. На практике часто применяется раствор буры и борной кислоты, известный как полибор, с общей формулой $\text{Na}_2\text{B}_x\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. При добавлении буры ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) в насыщенный раствор борной кислоты растворимость системы возрастает: полимеризация полиборатов удаляет из раствора свободные ионы борной кислоты и борат-ионы, позволяя раствориться большему количеству компонентов. Полученный раствор (с отношением $\text{Na}_2\text{O}/\text{B}_2\text{O}_3$, близким к максимуму растворимости) образует полибор, который легко растворяется в воде, формируя пересыщенные растворы. Высокая растворимость и стабильность этого продукта делает его удобным для применения в качестве антипирена при обработке различных материалов [11,12].

Сравнительный анализ данных показывает, что эффективность буры как антипирена зависит от концентрации и метода введения в материал. Например, в исследовании LeVan и Tran отмечено, что для древесины требуются уровни загрузки не менее 7,5% (около 48 кг/м³) буры-борной кислоты (Ba-Bx) для достижения заметного огнезащитного эффекта [7]. В работе Gilbert и Liepins введение бора на уровне изначальных 2-3%, которое снижалось до стабильных 0,3-0,5% после промывки шерстяного материала, обеспечивало надежную огнезащиту, эффект сохранялся до семи процедур стирки. Ценным результатом стало использование буры и борной кислоты в качестве источников бора, тогда как метилполиборат оказался наименее эффективным. Этот пример показывает, что даже минимальное содержание бора, равномерно

введенное и прочно закрепленное, может значительно улучшить огнестойкость шерстяных материалов при умеренной устойчивости к стирке [13]. В работе Hassan показано, что обработка смесовой ткани полиэстер-хлопок раствором, содержащим бору и борную кислоту, приводит к росту кислородного индекса (LOI) и образованию более плотного угольного слоя. При этом повышение концентрации бора усиливало огнезащитный эффект, но сопровождалось снижением прочности и воздухопроницаемости ткани [10]. В исследованиях Lili отмечено, что антипирены, содержащие борную кислоту или бору, эффективно снижают тепловыделение и дымовыделение бамбукового волокна. Однако влияние химических веществ на процесс горения было совершенно разным: бора продемонстрировала лучшую эффективность в сдерживании скорости тепловыделения, чем борная кислота, в то время как для общего количества тепловыделения и дымовыделения результат был обратным. Рекомендуемым соотношением Ва-Вх было 1:1. Волокна были обработаны погружением в растворы различной концентрации при температуре 100°C на 2 часа, с последующим помещением в камеру для кондиционирования при температуре 50°C и относительной влажности 60% [8]. Водорастворимые антипирены проще всего наносить пропиткой ткани водным раствором антипирена с последующей сушкой, также можно наносить распылением или кистью. Для текстильных материалов чаще всего применяется метод пропитки с последующей термофиксацией (pad-dry-cure), либо просто пропитки (impregnation).

Таким образом, анализ литературных данных показывает, что эффективность бора и ее производных как антипиренов для шерсти и других целлюлозных или белковых материалов определяется рядом факторов: концентрацией вводимого вещества, способом обработки и устойчивостью закрепления антипирена в структуре волокна. Даже небольшие количества бора (0,3-0,5%), прочно удерживающиеся в материале, способны обеспечить заметное повышение огнестойкости, тогда как для древесины и смесовых тканей требуются более высокие уровни загрузки (от 7,5% и выше). Сочетание бора и борной кислоты позволяет сбалансировать противоположные эффекты – ограничение распространения пламени и подавление тления, что делает такие композиции более универсальными. При этом важно учитывать побочные последствия увеличения концентрации антипирена, в частности снижение механических свойств и воздухопроницаемости тканей. Перспективным направлением остается оптимизация методов введения бора (в первую очередь пропитки с термофиксацией, pad-dry-cure), а также поиск комбинаций с другими огнезащитными агентами, позволяющих достичь высокой долговечности и экологической безопасности огнезащиты текстильных материалов.

Заключение. Проведенные исследования показали, что обработка шерстяных изоляционных материалов борой позволяет комплексно модифицировать их свойства. Экспериментальная оценка подтвердила наличие антимикробной активности в отношении бактерий *Escherichia coli*, при этом устойчивость к развитию плесневых грибов рода *Aspergillus* отсутствовала.

По результатам теплофизических испытаний установлено, что снижение среднего значения теплоудержания обработанных образцов по сравнению с контрольными составило 3-4%. Данное уменьшение может быть связано с частичным заполнением межволоконных пор кристаллами бора, что снижает долю воздуха – основного теплоизоляционного компонента. Тем не менее

снижение не является критичным и компенсируется улучшением биоцидных свойств материала.

Литературный анализ и экспериментальные данные также подтверждают перспективность применения буры в качестве антипирена: соединения бора обеспечивают дополнительную огнезащиту шерстяных материалов за счет сочетания газофазного и конденсофазного механизмов ингибирования горения.

Таким образом, обработка шерстяных изоляционных материалов бурой может рассматриваться как эффективный путь комплексной модификации, позволяющий объединить биоцидные и огнезащитные свойства в едином материале.

Список литературы

1. Opredelenie chuvstvitel'nosti mikroorganizmov k antibakterial'nym preparatam: Metodicheskie ukazaniya [Determination of the Sensitivity of Microorganisms to Antibacterial Agents: Methodological Guidelines]. – Moscow: Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Ministry of Health of Russia, 2004. – 91 p. [in Russian].
2. ASTM D1518-85. Standard Test Method for Thermal Transmittance of Textile Materials, 2003.
3. Horrocks A.R., Anand S.C. (ed.). Handbook of technical textiles. – Elsevier, 2000.
4. Cardamone J.M. Flame resistant wool and wool blends //Handbook of fire resistant textiles. – Woodhead Publishing, 2013. – 245-271 p.
5. Brebu M., Spiridon I. Thermal degradation of keratin waste //Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. – 2011. – Vol. 91. – No. 2. – P. 288-295.
6. Gaan S. et al. Flame retardant functional textiles //Functional textiles for improved performance, protection and health. – Woodhead Publishing, 2011. – 98-130 p.
7. LeVan S.L., Tran H.C. The role of boron in flame-retardant treatments //First International Conference on Wood Protection with Diffusible Preservatives. – Madison, WI: Forest Products Research Society, 1990. – P. 39-41.
8. Yu L. et al. Effects of boric acid and/or borax treatments on the fire resistance of bamboo filament //BioResources. – 2017. – Vol. 12. – No. 3. – P. 5296-5307.
9. Zhang Q. et al. Flame retardance and thermal stability of wool fabric treated by boron containing silica sols //Materials & Design. – 2015. – Vol. 85. – P. 796-799.
10. Hassan M.N. et al. Analysis of the flame retardancy effect of boron-containing compound on polyester-cotton blended fabric //Heliyon. – 2024. – Vol. 10. – No. 13.
11. LeVan S.L. Chemistry of fire retardancy. The chemistry of solid wood // In Advances in chemistry series // Rowell, R. (ed). – American Chemical Society: Washington, D.C., USA. 1984. – 207 p.
12. Kumar R., Gunjal J., Chauhan S. Effect of borax-boric acid and ammonium polyphosphate on flame retardancy of natural fiber polyethylene composites //Maderas. Ciencia y tecnología. – 2022. – Vol. 24.
13. Gilbert S., Liepins R. Treatment for improving flame retardancy of wool and minimizing toxic gas evolution in burning //Journal of Applied Polymer Science. – 1972. – Vol. 16. – No. 4. – P. 1009-1016.

Исследования выполнены в рамках проекта BR24992867 «Разработка ресурсосберегающих технологии для развития и управления водным хозяйством и перерабатывающей промышленностью Казахстана, создание инновационного инжинирингового центра», профинансированного Комитетом науки МНВО РК.

Материал поступил в редакцию 20.08.25, принят 12.09.25.

Ж.К. Боркулакова¹, М.Ш. Шардарбек¹, Б. Абзалбекұлы¹, Р.Т. Кауымбаев¹,
Ф.Р. Ташмухамедов¹, Э.Е. Сарыбаева¹, Г.Т. Ораз¹, Р.А. Жетербаева¹

¹М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан

ЖҮННЕН ЖАСАЛҒАН ОҚШАУЛАҒЫШ МАТЕРИАЛДАРДЫ БУРАМЕН ӨҢДЕУ: АНТИМИКРОБТЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ ЖӘНЕ ОТҚА ТӨЗІМДІЛІК ӘЛУЕТІ

Аңдатпа. Бұл жұмыста жүннен жасалған оқшаулағыш материалдарды бурамен өңдеудің антимикробтық, отқа төзімділік және жылуоқшаулағыш қасиеттеріне әсері қарастырылды. Жүргізілген эксперименттер нәтижесінде бора тұздарының бактерияларға қарсы айқын биоцидтік қасиет көрсететіні, алайда зең саңырауқұлақтарына қарсы тиімсіз екені анықталды. Өңделген үлгілердің жылу ұстау қабілеті бақылау үлгілеріне қарағанда 3-4%-ға төмендеді. Дегенмен бұл көрсеткіштің азаюы айтарлықтай емес және материалдың биоцидтік сипаттарының жақсаруы арқылы теңгеріледі. Әдеби деректерге жасалған шолу бураның антипирен ретінде қолдану мүмкіндігін растады, бұл жүннен жасалған жылуоқшаулағыш материалдардың пайдалану қасиеттерін кешенді түрде арттыруға жол ашады.

Тірек сөздер: қой жүні, бура, биоцидтік өңдеу, антимикробтық әсер, отқа төзімділік, жылу ұстау, оқшаулағыш материалдар.

Zh.K. Borkulakova¹, M.Sh. Shardarbek¹, B. Abzalbekuly¹, R.T. Kautymbaev¹,
F.R. Tashmukhamedov¹, E.E. Sarybaeva¹, G.T. Oraz¹, R. Zheterbayeva¹

¹M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan

TREATMENT OF SHEEP WOOL INSULATION MATERIALS WITH BORAX: ANTIMICROBIAL PROPERTIES AND FIRE-RETARDANT POTENTIAL

Abstract. The study examines the effect of borax treatment on the antimicrobial, fire-retardant, and thermal insulation properties of sheep wool-based materials. The experiments demonstrated that borates exhibit pronounced biocidal activity against bacteria but are ineffective against mold fungi. The treatment of samples resulted in a 3-4% reduction in warmth retention compared to the control samples. However, this decrease is not critical and is offset by the improvement in the biocidal characteristics of the material. A review of the literature confirmed the promising potential of borax as a flame retardant, offering opportunities for the comprehensive enhancement of the performance properties of wool insulation materials.

Keywords: sheep wool, borax, biocidal treatment, antimicrobial effect, fire retardancy, warmth retention, insulation materials.