

**Keywords:** *gypsum, modeling, gypsum stone, setting time.*

Об авторе:

НЕКРАСОВА Ирина Юрьевна – аспирант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: ir.ne-13@yandex.ru

About the author:

NEKRASOVA Irina Yuryevna – Postgraduate Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: ir.ne-13@yandex.ru

УДК 658.567.1

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУЛЬФАТОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Г.В. Новиченков, С.О. Токарев**

© Новиченков Г.В., Токарев С.О., 2024

***Аннотация.** Статья посвящена актуальной теме – получению строительных материалов на основе отходов промышленности. Для стеновых материалов были использованы сульфатосодержащие отходы и отходы лесопереработки. Представлены результаты исследования совместного влияния давления прессования и водотвердого отношения на прочностные характеристики стеновых материалов.*

***Ключевые слова:** отходы промышленности, сульфат кальция, прессование, прочность.*

Охрана окружающей среды, включающая вопросы защиты от загрязнений воздушного и водного бассейнов планеты, рациональное использование естественных природных ресурсов, переработка промышленных отходов, относится к числу актуальных проблем.

Ежегодно в России образуется порядка 20 млн т сульфатосодержащих отходов, залежи которых занимают большие площади,

загрязняют окружающую среду [1]. В то же время не все регионы имеют качественные месторождения гипса и возможность осуществлять большие капитальные вложения в их разработку. В связи с этим технологов давно заинтересовали сульфатосодержащие отходы как сырье для получения гипсовых вяжущих и изделий. Наиболее высококачественные строительные изделия получают непосредственно из гипсовых отходов, исключая процесс переработки их в вяжущее [2]. Вовлечение в промышленное производство всех отходов лесопереработки также относится к числу задач, стоящих перед строительной отраслью. За счет волокнисто-пористой структуры древесина отличается низкими значениями тепло- и звукопроводности, однако для данного материала характерны высокие показатели водопоглощения и гигроскопичности, что наряду со сравнительно высокой стоимостью ограничивает применение древесины в качестве теплоизоляционного материала. Поэтому в чистом виде натуральная древесина используется в качестве энергоэффективных конструкционных, облицовочных и отделочных материалов и изделий. В то же время измельченная древесина и другие древесные отходы, составляющие до 37 % от объемов лесозаготовки и до 52 % от объемов лесопиления и деревообработки [3], по текстуре, структуре и свойствам схожи с первичной деловой древесиной.

Теплоизоляционный материал, полученный на основе сульфатосодержащих и древесных отходов, отвечает современным требованиям: отсутствуют выделения мелких волокон, частиц и токсичных газов при переработке, исходные компоненты являются местным сырьем, доступным, не требующим больших финансовых затрат на доставку и подготовку, а технология отличается простотой и малой энергоемкостью [4].

В данной статье исследовалось влияние режимов прессования на основные свойства гипсовых материалов. При проведении опытов для повышения водостойкости изделий использовались молотые гипсовые отходы, отходы деревообработки (опилки поперечной распиловки) и гашеная известь в виде известковой воды.

Проводился двухфакторный планированный эксперимент, в котором давление прессования ( $P$ ) менялось от 20 до 30 МПа, водотвердое отношение ( $B/T$ ) изменялось от 0,26 до 0,30 (таблица).

Значения варьируемых факторов  
в двухфакторном планированном эксперименте

№ опыта	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	P, МПа	В/Т
1	-1	-1	20	0,26
2	0	-1	25	0,26
3	+1	-1	30	0,26
4	-1	0	20	0,28
5	0	0	25	0,28
6	+1	0	30	0,28
7	-1	+1	20	0,30
8	0	+1	25	0,30
9	+1	+1	30	0,30

По результатам планированного эксперимента и статистической обработки данных было получено уравнение регрессии, которое в кодированных переменных имеет вид

$$Y = 9,154\ 79 + 0,148\ 63 \cdot x_1 - 0,188\ 71 \cdot x_2 + 0,588\ 84 \cdot x_1^2 - 0,681\ 16 \cdot x_2^2 + 0,317\ 5 \cdot x_1 \cdot x_2.$$

На основе этого уравнения был построен график зависимости прочности на сжатие от давления прессования для различных значений водотвердого отношения (рисунок).



Зависимость прочности на сжатие от давления прессования

На основании графика можно сделать вывод о том, что наибольшее значение прочности (9,59 МПа) достигается при давлении прессования 30 МПа (при водотвердом отношении, равном 0,28). Уменьшение прочности при снижении давления прессования до 25 МПа объясняется тем, что частицы двуводного гипса не сближаются на необходимое расстояние для возникновения кристаллизационных контактов срастания, а следовательно, не происходит образования прочной структуры. Однако следует отметить, что снижение прочности незначительно и находится в пределах допустимых значений.

Полученные результаты показывают, что при увеличении водотвердого отношения от 0,26 до 0,28 прочность материала повышается. Это объясняется лучшими показателями удобоукладываемости формовочной смеси с увеличением количества воды.

При дальнейшем увеличении водотвердого отношения от 0,28 до 0,3 прочность снижается. С увеличением водотвердого отношения происходит увеличение свободной жидкой фазы в смеси, что приводит к повышению пористости и снижению плотности и прочности полученного материала.

Полученный на основе отходов гипсоволокнистый материал обладает высокими гигиеническими и соответствующими стеновым материалам техническими показателями и низкой себестоимостью, что позволяет применять его в малоэтажном строительстве для кладки внутренних и наружных стен. При устройстве наружных стен необходима облицовка отделочными материалами и качественная гидроизоляция фундамента.

### **Библиографический список**

1. Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11194> (дата обращения: 28.01.2024).
2. Алфимова Н.И. Обзорный анализ способов получения вяжущих из гипсосодержащих отходов промышленных производств / Н.И. Алфимова, С.Ю. Пириева, М.Ю. Елистраткин, Н.И. Кожухова, А.А. Титенко // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 11. С. 8–23.
3. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительные материалы из отходов промышленности: учебно-справочное пособие. Ростов н/Д.: Феникс, 2007. 268 с.

4. Колосова А.С., Пикалов Е.С. Современные эффективные теплоизоляционные материалы на основе древесного сырья // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2021. № 3. С. 66–77.

## THE USE OF SULPHATE-CONTAINING WASTE IN THE PRODUCTION OF WALL MATERIALS

G.V. Novichenkov, S.O. Tokarev

*Abstract.* The article is devoted to an urgent topic – the production of building materials based on industrial waste. Sulphate-containing waste and waste from timber processing were used to produce wall materials. The results of a study of the combined effect of pressing pressure and water-solid ratio on the strength characteristics of wall materials are presented.

*Keywords:* industrial waste, calcium sulfate, pressing, strength.

Об авторах:

НОВИЧЕНКОВ Герман Вадимович – бакалавр, инженерно-строительный факультет, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: german.novi@yandex.ru

ТОКАРЕВ Семен Олегович – бакалавр, инженерно-строительный факультет, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: sema\_o\_tokarev@inbox.ru

About the authors:

NOVICHENKOV German Vadimovich – Bachelor's degree, Faculty of Civil Engineering, Tver State Technical University, Tver. E-mail: german.novi@yandex.ru

TOKAREV Semyon Olegovich – Bachelor's degree, Faculty of Civil Engineering Tver State Technical University, Tver. E-mail: sema\_o\_tokarev@inbox.ru