

## Негативные факторы использования отделочных материалов из цемента Сореля

Марина Гравит<sup>1</sup>, Олег Недрышкин<sup>1\*</sup> и Андрей Журавлев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, 29, Россия, 195251

<sup>2</sup> Московский государственный строительный университет, Ярославское шоссе, 26, Москва, Россия, 129337

**Аннотация.** Стекломагний лист – листовый строительно-отделочный материал на основе магнезиального вяжущего. Стекломагнелие листы в основном используются в качестве строительной основы при изготовлении фасадов зданий, как для нового строительства, так и для ремонта уже построенных объектов. Одним из самых значительных недостатков данной композиции является низкая водостойкость изделий, приводящая к коррозии стальных конструкций.

### 1 Введение

Магнезитовые листы (МЛ) применяются для изготовления легких фасадов, как для нового строительства, так и для реконструкции существующих объектов, также они используются в качестве основы для нанесения штукатурки. Магнезитовые огнеупорные листы относятся к негорючим материалам класса А, низкая теплопроводность и высокая устойчивость к воздействию высоких температур позволяет использовать их в качестве пожарной защиты строительных конструкций для повышения пределов огнестойкости строительных конструкций и противопожарных перегородок.

Основным компонентом МЛ является магнезиальное вяжущее вещество, также известное, как цемент Сореля: оксид магния (MgO) 40-50%, хлорид магния (MgCl<sub>2</sub>) 30-35%, также перлит (SiO<sub>2</sub>), вулканическое стекло 3-8%, щепки (древесные опилки) 15%, вода, стекловолокно, полипропилен. Таким образом, исходя из состава, следующие факторы процесса производства влияют на качество МЛ [1]:

- Качество стекловолокна: использование стекловолокна высокого качества обеспечивает гибкость и прочность листа;
- Количество слоев стекловолокна: чем больше слоев, тем прочнее лист, разрешено использовать 3-4 слоя;
- Добавление минеральной ваты и ее разновидностей: уменьшает плотность материала;
- Процентное содержание оксида магния: чем выше содержание оксида магния (95%), тем прочнее лист;
- Использование древесных опилок (количество, тип, размер, сорт): влияет на снижение плотности и прочности листа.

Также важно соблюдать технологию производства: ее нарушение негативно сказывается на цвете, прочности и долговечности материала, качестве формы: она определяет качество поверхности.

---

\*Ответственный автор: nedryshkin@gmail.com

Лидером международного рынка сбыта и производства магнезита является Китай [2]. Самые известные компании по производству МЛ: «Fedmet Resources Corporation», «Fengchi Imp. and Exp. Co.», компании г. Хайчэн («Fengchi Co.», «Fengchi Mining Co.», «Fengchi Refractories Co.»), «Puyang Refractories Co., Ltd.»).

Материал МЛ обладает достаточным количеством преимуществ, но также имеет некоторые недостатки.

Во-первых, он более хрупкий, чем гипсоволокнистый лист (ГВЛ). Во-вторых, листы, изготовленные в Китае, отличаются по качеству и часто далеки от эталонных. Основной характеристикой данного материала является плотность листа и процентное содержание магнезита в составе: чем ниже плотность материала, тем более он рыхлый, более подвержен впитыванию влаги, более подвержен повреждению, как при транспортировке на поддонах, так и при переноске вручную. Независимо от низкой цены МЛ, дополнительных расходов на сопутствующие материалы, установку, существует высокий процент нарушений монтажа. Материал с очень высокой плотностью теряет прочность сцепления, его гибкость заметно уменьшается.

Российские магнезитовые листы продаются под различными брендами и, в основном, делятся на четыре категории («Премиум», «Стандарт», «Фасад», «Эконом») в соответствии с категориями листа стекловолокна. Каждая категория имеет свои свойства, характеристики и применение (Таблица 1). Основная характеристика – плотность, она определяет класс материала и возможные области применения. Однако, проблема заключается в том, что даже под маркой «Премиум» в России может быть продан материал, чьи характеристики не соответствуют присвоенной ему категории.

**Таблица 1.** Классификация плотности МЛ в России.

Наименование	Средняя плотность материала	Применение
Супер премиум	$\rho = 1200 - 1400 \text{ кг/м}^3$	Внутренняя и наружная облицовка строительных конструкций. Создание перегородок и декоративное оформление стен. Фасады.
Стандарт	$\rho = 900 - 1000 \text{ кг/м}^3$	Внутреннее оформление помещения.
Премиум	$\rho = 1000 - 1100 \text{ кг/м}^3$	Монтаж перегородок и формирование основы для пола - «сухая стяжка», а также основы под наклонную крышу.

## 2 Результаты

Отрицательные свойства влагопоглощения магнезитовых листов связаны с содержанием в них свободного хлорида магния ( $\text{MgCl}_2$ ), который очень гигроскопичен. Кроме того, цемент Сореля неустойчив при относительной влажности 93%. Теоретически, хлорид магния уже начинает поглощать влагу при относительной влажности 33%, но на практике магнезитовые листы, содержащие данный компонент, начинают поглощать влагу из воздуха в большом количестве при высокой влажности.

В технической литературе четко отмечается, что магнезиальное вяжущее вещество не водостойко при высокой влажности и что относительная влажность воздуха 93% является критическим пределом [1 - 7].

В Дании была проведена серия экспериментов, в которых магнезитовые листы помещали в среду с относительной влажностью 93% или менее [8]. Листы впитывали влагу из воздуха в значительном количестве, за процессом поглощения наблюдали в течение одного месяца или более. На поверхности листа образовывались капли воды между 7-м и 14-м днем при относительной влажности воздуха 93%. Эксперименты, проведенные при относительной влажности воздуха 85%, показали аналогичные результаты. Считается, что:

- Содержание хлорида магния в магнезитовых листах ( $\text{MgCl}_2$ ) приводит к поглощению влаги;

- Примерно через 7 дней на поверхности отобранной плиты наблюдается влага (относительная влажность 90% или выше);
- Магnezитовые листы могут привести к коррозии прилегающих частей из нержавеющей стали;
- Деревянные части конструкций, соприкасающиеся с магnezитовыми листами, начинают впитывать влагу более интенсивно, чем обычное дерево, что приводит к образованию плесени (Рисунок 1).



**Рисунок 1.** Пример строительства.

Жидкость, выделяемая из магnezитовых листов – это концентрированный раствор с высоким содержанием хлорида магния, вызывающего коррозию металлического крепежа и обшивки в точке соприкосновения с листами (Рисунок 2) [9].



**Рисунок 2.** Коррозия металлических поверхностей, соприкасающихся с МЛ.

Огнезащитные шторы изготавливаются из кремнеземных материалов и хорошо подходят для предотвращения распространения пожара в зданиях с атриумом. В качестве демонстрации распространения пожара приведен расчет материалов в графическом интерфейсе пользователя программы «FDS» с применением «PyroSim», «Smokeview» (Рисунок 2 – 3).

Существует ряд исследований, направленных на снижение негативных свойств магnezитовых листов при использовании во влажных условиях [1-7, 10-13], но практического применения их результатам пока не нашлось, из-за увеличения стоимости МЛ в случае изменения состава панели. В [10] авторы предлагают для повышения водостойкости изделий из вяжущих магnezияльных веществ добавлять в них такие минералы в

форме порошков, как волластонит, диопсид, цеолит. Он одновременно увеличивает прочность и уменьшает величину усадки во время уплотнения. Добавление волластонита в количестве от 60 до 80 весовых частей приводит к повышению прочности при высокой влажности (более 95%). Диопсид также можно использовать для повышения водостойкости. В [11] исследована возможность повышения водостойкости изделий из вяжущих магниевых веществ за счет введения в их состав дунитов и серпентинитов.

В исследовании [12] показана возможность уменьшения случаев появления продуктов кристаллизации на поверхности изделий с добавлением диабазы вяжущего вещества. Автор [13] предлагает использовать полуводный гидратированный сульфат кальция (гипс строительный марки G-5AP), снижающий поглощение воды и продлевающий срок осадки вяжущего вещества. За рубежом МЛ практически не используются для объектов капитального строительства. Например, авторитетная организация – Служба оценки Международного Совета по нормам и правилам, которая на протяжении многих лет является лидером в технической оценке строительных материалов, в своих исследованиях пришла к выводу, что магниевые плиты нельзя использовать в среде с повышенным уровнем влажности. Согласно американским стандартам, магниевые панели запрещено использовать в душевых и ваннах административных зданий [14].

Компания Джеймса Харди (США), специализирующаяся на производстве материалов для покрытий, в 2007 году подвергла резкой критике магниевые плиты. По инициативе компании был создан консультативный совет, который после ряда исследований настаивал на запрещении использования панелей на основе вяжущего магниевых веществ в качестве облицовочного материала [15]. В 2015 году существенное внимание привлекла датская группа неправительственного института по исследованию МЛ [8] своим заключением по нецелевому использованию МЛ. Исследования были посвящены распаду и коррозии листов стекловолокна, используемых для облицовки библиотечного комплекса «Dokk1» или «Dokken» - сооружение, общественная библиотека и культурный центр в Орхусе, Дания. Он расположен на площади Хака Кампманна в центре города на набережной рядом со зданием таможни.



Рисунок 3. Библиотека «Dokk1». Фото Каспера Дальхоффа.



**Рисунок 4.** Коррозия конструкции «Dokk1». Фото: Технологический Институт.

Открытый в июне 2015 года, комплекс «Dokk1» стал крупнейшей библиотекой в Скандинавии, площадью застройки 35,6 тыс. м. М2 (Рис. 3) расположен в устье реки Орхус (проект фирмы «Шмидт Хаммер Лассен Архитектс»). В июне 2016 года появилось сообщение, что внешний фасад строительной конструкции поврежден коррозией, пришло в негодность около 3000-4000 метров поверхности фасадов и стоимость восстановления оценена в 19-26 миллионов крон (см. Рисунок 4) ... Эксперты объясняют данный случай морским и влажным климатом Дании, и необходимостью использования материалов, соответствующих такому типу климата. Сейчас проверяются другие крупные объекты Дании. [16]

### 3 Обсуждение результатов

Таким образом, использование магнетитовых листов в неподходящих условиях окружающей среды и коррозионных условиях эксплуатации приводит к образованию плесени, поскольку Сореля не устойчив при высокой относительной влажности (выше 80%). Наличие древесных опилок в составе МЛ также способствует росту плесени. Оцинкованные закрепы, обшивка и т.д. конструкции фасада, выполненной из МЛ, рекомендуется заменять, так как высок риск распада панелей из-за повреждения коррозией элементов фасада.

В целом, негативное влияние на конструкции при эксплуатации МЛ ставит под сомнение целесообразность их применения на объектах с высокими требованиями к качеству работы. Обнаруженные в Дании проблемы с магнетитовыми листами произошли из-за климатических условий, в которых они используются. Однако, очевидно, что сложность использования такого материала будет существовать и в других районах с аналогичными климатическими условиями – в скандинавских странах, и других странах, и на территориях с влажным и морским климатом, а также в помещении с соответствующими показателями влажности.

### Ссылки

1. Ажикина Н.В. Стекломагнетит – новый облицовочный материал. «Инженерно-строительный журнал» **1**, 32 – 37 (2010 г.)
2. Мэтью С.Б. Реакции соединений, происходящие в цементе Сореля. «Исследования цемента и бетона» (Cement and Concrete Research) **7**, 575 – 583 (2003 г.)
3. Эль-Гаммаль М.А, Айман М.Х. «Эль-Альфы и Мохамед Н.М. АСР» (El-Alfy and Mohamed N.M. ASR) **8**, 2024 – 2032 (2012 г.)
4. Манало. «Строительные материалы» (Construction and Building Materials) **41**, 642-653 (2013 г.)
5. Лин Х., Лиу Б., Ван Х., Чжу Л., Цзинь Х., Лиу Х., Чжан Г., Сюй Д. «Сиремикс Интернешнл» (Ceramics International) **43**, 1455-1459 (2017 г.)
6. Юрисова Й., Фельнер, Л. Пач. «Акта Химика Словака» (Acta Chimica Slovaca) **8(2)**, 87 – 90 (2017г.)

7. Эль-Гаммаль М.А, Айман М.Х. «Эль-Альфы и Мохамед Н.М. АСР» **8**, 2024 – 2032 (2012 г.)
8. URL:[http://www.bunchbyg.dk/wp-content/uploads/2016/08/MSSCE2016\\_Word\\_208.pdf](http://www.bunchbyg.dk/wp-content/uploads/2016/08/MSSCE2016_Word_208.pdf)
9. URL: [ww.byg-erfa.dk/fugtsugende-vindspærreplader](http://ww.byg-erfa.dk/fugtsugende-vindspærreplader)
10. Зырянова В.Н., Лыткина Е.В., Бердов Т.И. «Материалы университетов. Здания и сооружения» **3**, 21 - 26 (2010 г.)
11. Зырянова В.Н., Бердов Т.И., Верещагин В.И. «Материалы университетов. Здания и сооружения» **8**, 21 – 25 (2009 г.)
12. Лыткина Е.В. «Материалы университетов. Здания и сооружения» **9**, 26 – 29 (2010 г.)
13. Мирюк О. А. «Материалы университетов. Здания и сооружения» **2**, 31 – 36 (2011 г.)
14. URL: [http://www.icc-es.org/Reports/pdf\\_files/ESR-2880.pdf](http://www.icc-es.org/Reports/pdf_files/ESR-2880.pdf)
15. URL: [http://www.icc-es.org/Criteria\\_Development/0710-pre/responses/AC386.pdf](http://www.icc-es.org/Criteria_Development/0710-pre/responses/AC386.pdf)
16. URL:<http://jyllands-posten.dk/aarhus/erhverv/ECE8745371/naar-vi-naar-hen-tilnovember-driver-vandet-ned-ad-pladerne/>