

## Химически стойкий материал для ремонта наружных стен зданий предприятий цветной металлургии

*И.В. Соколова*

*Московский государственный строительный университет*

**Аннотация:** приведены результаты научных исследований по разработке материала для частичного или комплексного ремонта наружных стен зданий предприятий цветной металлургии - легкого полимерсиликатного шунгизитобетона (ЛПСШБ). Этот материал обладает высокой стойкостью в кислой влажногазовой среде производства, характерной для предприятий цветной металлургии. ЛПСШБ не требует лакокрасочной защиты поверхности. В качестве заполнителя для ЛПСШБ был выбран шунгизитовый гравий, обладающий высокой химической стойкостью благодаря своей структуре. Были подобраны несколько составов полимерсиликатных композиций и изучены их свойства, влияющие на долговечность и энергетическую эффективность наружных ограждающих конструкций. В статье приведены результаты комплексных исследований физико-механических свойств материала, его химической стойкости, теплотехнических показателей. Также показано, что арматура в ЛПСШБ имеет хорошую сохранность. Исследования показали, что применение разработанного материала может обеспечить высокую эксплуатационную надежность наружных стен зданий предприятий цветной металлургии, а также и других предприятий с аналогичными агрессивными средами производства.

**Ключевые слова:** наружные стены, цветная металлургия, кислая влажногазовая среда производства, капитальный ремонт, химически стойкий бетон, полимерсиликатный шунгизитобетон, шунгит, долговечность, физико-механические свойства, теплотехнические показатели, коррозия арматуры.

Цветная металлургия является одной из ведущих отраслей народного хозяйства. Технологические процессы на предприятиях цветной металлургии характеризуются наличием агрессивной к конструкциям здания кислой влажногазовой среды. В нашей стране действует большое количество предприятий цветной металлургии, построенных в прошлом и основанных даже в позапрошлом веках. К их числу относятся, например, Кыштымский медеелектролитный завод, предприятие основано в 1757 году, Кольчугинский завод цветных металлов, построенный в 1871 году, предприятие Карабашмедь (1910 г), Пышминский медеелектролитный завод (1934 г), Челябинский цинковый завод (1935 г.) Среднеуральский медеплавильный завод (1940 г.) цех электролиза меди в г. Норильске (1950

г.), цех электролиза цинка в г. Лениногорске (1964г.), цехи электролиза комбината «Южуралникель» (1968г.), гидрометаллургический цех цинкового завода в г. Лениногорске (1985г.). Наружные стены первых производственных зданий выполнялись из кирпича, затем из двух- и трехслойных стеновых панелей на цементном вяжущем, блоков из легкого бетона. Исследования по защите строительных конструкций от коррозии в агрессивной среде производства ведутся в нескольких направлениях. Это защита поверхностей конструкций химически стойкими материалами, [1] либо создание стойких к эксплуатационной среде материалов для изготовления конструкций [2- 4]. Лакокрасочные покрытия дороги и срок их службы ограничен 4-5 годами. В условиях действующего производства восстановление лакокрасочной защиты вызывает определенные трудности, сказывающиеся на качестве покрытия. Визуальные и инструментальные обследования, показали, что материал наружных стен под воздействием агрессивной технологической среды подвергся частичному или полному разрушению. Кроме того, старые стены не отвечают современным требованиям по энергетической эффективности [5]. Своевременный ремонт позволит значительно увеличить эксплуатационную надежность наружных стен. Автором разработан стеновой материал для полной или частичной замены наружных и внутренних ограждающих конструкций, подвергшихся разрушению под воздействием эксплуатационной среды. Автор предлагает заменять разрушенные участки стен блоками из легкого полимерсиликатного шунгизитобетона (ЛПСШБ) на кислотостойком шунгитовом растворе. ЛПСШБ, предлагаемый автором, соединяет в себе свойства широко известного полимерсиликатного бетона и легкого кислотостойкого заполнителя шунгизита. Тяжелые полимерсиликатные бетоны применяются для защиты строительных конструкций от коррозии с 60-х годов прошлого века для изготовления сборных и монолитных несущих конструкций и

---

технологического оборудования, работающего в условиях воздействия кислых агрессивных сред (электролизных ванн, емкостей для кислот, плит для кислотостойких полов, блоков и плит для футеровки технологических аппаратов). Легкий пористый наполнитель шунгизит получают путем обжига кислотостойкого минерала шунгита. Шунгит кислотостоек благодаря своей структуре, близкой к антрациту [6]. Он почти целиком состоит из углеродистой фазы. Шунгизит также кислотостоек. Кислотостойкость шунгизита выше, чем у перлита, керамзита и аглопорита. Данные по химическому составу шунгита и шунгизита приведены в статье [7]. В настоящее время накоплен опыт применения шунгизитобетонов на цементном вяжущем в гражданском, промышленном и сельском строительстве для наружных ограждающих конструкций, не подверженных воздействию агрессивной среды [8,9]. Данные о ЛПСШБ плотностью 1000-1200кг/м<sup>3</sup> в литературных источниках отсутствуют. Нет опыта использования этих материалов для конструкций, работающих в кислых влажно-газовых средах производства.

Подобранные составы химически стойкого бетона содержат жидкое стекло, кремнефтористый натрий и фуриловый спирт, как традиционные компоненты полимерсиликатов. В качестве крупного наполнителя использован шунгизитовый гравий фракций 10-20 и 5-10 мм, насыпной плотностью соответственно 0,3г/см<sup>3</sup> и 0,5 г/см<sup>3</sup>, марка по морозостойкости F15, влажность менее 1%. В качестве мелкого наполнителя использовался шунгизитовый песок, фракции 0,15-2,5-5,0 мм. Насыпная плотность песка – 0,69 г/см<sup>3</sup>, марка по морозостойкости – F15, кислотостойкость – 96%, влажность – не более 1 % , тонкомолотые фракции шунгита и шунгизита. В качестве тонкомолотого наполнителя использовались шунгитовая и шунгизитовая «мука». Тонкость помола шунгитового наполнителя составляла около 2000 см<sup>2</sup>/г. Насыпная плотность шунгизитового и

---

шунгитового наполнителей была равна соответственно 0,86 и 1,22 г/см<sup>3</sup>. Все перечисленные мелкие фракции представляют собой отходы производства шунгизитового гравия. Их использование позволит улучшить экологическую обстановку [10].

Для проведения исследований были выбраны граничные условия, характерные для цехов производства цветных металлов: температура воздуха в помещении не выше 50°C, влажность внутри помещения – 75%, выпадение конденсата на внутренней поверхности стен не допускается. Воздушная среда содержит сернистый газ и аэрозоль серной кислоты. Требования к материалу стен, обусловленные назначением и условиями работы, были приняты в соответствии с СП 72.13330.2016 Защита строительных конструкций от коррозии, требования по обеспечения энергетической эффективности – по СП 50.1333.02012 Тепловая защита зданий. Требования к легкому бетону приняты по ГОСТ 25192-82. Классификация и общие технические требования и ГОСТ 25246-82 Бетоны химически стойкие.

Были подобраны составы ЛПСШБ плотностью 1000-1200 кг/м<sup>3</sup>, изучены его физико-механические свойства и стойкость материала к эксплуатационным воздействиям. Так как материал предназначается для наружных стен, то были изучены его теплотехнические характеристики. Также проведены исследования состояния арматуры в ЛПСШБ.

Исследования показали, что ЛПСШБ имеет плотную структуру с межзерновой пустотностью менее 3%. Водопоглощение ЛПСШБ, составляющее в среднем 10% по объему указывает на его низкую проницаемость, удовлетворительную для работы в условиях кислой влажногазовой среды производства. Коэффициент насыщения пор водой, составивший 16-18 %, является одной из причин его высокой морозостойкости, F75. Благодаря значительному количеству мелких закрытых пор, в среднем около 45%, снижается количество теплоты,

---

передаваемой конвекцией и излучением. С точки зрения сорбционного увлажнения материал удовлетворяет условиям относительной влажности внутреннего воздуха не более 80%, что соответствует условиям эксплуатации. Состав на шунгитовом тонкомолотом наполнителе отличается меньшим сорбционным увлажнением. Максимальная сорбционная влажность материала составляет 10%.

По средней плотности и прочности ЛПСШБ удовлетворяет требованиям, предъявляемым к материалу наружных несущих ограждающих конструкций из легких конструктивно-теплоизоляционных бетонов. Кубиковая прочность составляет от 12 до 17 МПа, призмная прочность составляет порядка 0,85 кубиковой прочности. По показателям прочности ЛПСШБ можно отнести к конструктивно-теплоизоляционным бетонам по ГОСТ 25820-83 Бетоны легкие. Технические условия. Исследования стойкости в эксплуатационной среде дали хорошие результаты. Коэффициент водостойкости – 0,8, а коэффициент атмосферостойкости 0,91-0,96 что соответствует нормам. Коэффициент кислотостойкости ЛПСШБ в среднем составляет 0,8 – 0,98 при нормативных показателях – 0,7-0,8. Таким образом, если использовать этот материал, то дополнительной защиты поверхности конструкции не потребуется. Экспериментально установлено, что стены из ЛПСШБ могут быть армированы стальной арматурой при толщине защитного слоя 20мм при эксплуатации в кислой влажногазовой среде.

Были проведены натурные исследования кладки из блоков ЛПСШБ на кислотостойком растворе на основе шунгитовых и шунгизитовых наполнителей при влажности бетона 8%. Среднее значение коэффициента теплопроводности кладки составило 0,42 Вт/(м·°С), сопротивление теплопередаче составило 1,0 м<sup>2</sup>·°С/Вт. Исследования показали, что разработанный автором материал можно классифицировать как химически

---



стойкий конструктивно-теплоизоляционный, обладающий декоративными свойствами ( ЛПСШБ имеет шоколадный цвет с полуматовым блеском). По регламентированным показателям качества и сочетанию свойств ЛПСШБ удовлетворяет требованиям, предъявляемым к ограждающим конструкциям зданий предприятий цветной металлургии. Автор предлагает использовать легкий полимерсиликатный шунгизитобетон для замены пораженных коррозией участков наружных стен, в качестве теплоизоляционного слоя при утеплении наружных стен, при замене или установке новых перегородок в производственных цехах, для облицовки нижних поверхностей ограждающих конструкций. Предлагаемые области применения ЛПСШБ приведены в таблице № 1.

Таблица № 1

Предлагаемые области применения ЛПСШБ при ремонте стен предприятий  
цветной металлургии

№ п/п	Влажностный режим помещений / зона влажности	Группа агрессивных газов	Степень агрессивного воздействия среды	Наименование цехов в отапливаемых помещениях
1	2	3	4	5
1	Влажный/ нормальная	В	Средне-агрессивная	Производство меди, цехи: электролизный, шламовый, купоросный (SO <sub>2</sub> ,SO <sub>3</sub> ). Производство цинка, цехи: электролизный, выщелачивания, вакуум-испарительное отделение (SO <sub>2</sub> ,SO <sub>3</sub> ) Производство никеля, цехи: электролиза, отделение кобальто-очистки и цементации, концентратный и

1	2	3	4	5
				карбонатный переделы (SO <sub>3</sub> , Cl <sub>2</sub> ). Производство кадмия: отделение электролиза (SO <sub>3</sub> ).
2	Нормальный/сухая и нормальная	С	Средне-агрессивная	Производство меди, медеплавильный цех (SO <sub>2</sub> ), сернокислотный цех, отделения: промывное, сушильно-абсорбционное, контактно-компрессионное; склад кислоты (SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub> ). Производство цинка: обжиговый и сернокислотный цехи, отделения: промывное, сушильно-абсорбционное, контактно-компрессионное, склад кислоты (SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub> ).

### Литература

1.Ильдарханова Ф.И., Миронов Г.А. Автоматизированная система выбора лакокрасочных покрытий для противокоррозионной защиты промышленных изделий // Коррозия: материалы, защита. 2005. № 2. С. 44-46.

2. Иващенко Ю.Г., Павлова И.Л., Кочергина М.П. Эффект улучшения свойств модифицированием полимерсиликатной композиции водными растворами ацетата цинка. // Сборник трудов конференции. Саратов: ФГБОУ ВО "Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.", 2018. С. 55-61.





3. Lu C., Mai Y.-W. Permeability modeling of polymer-layered silicate nanocomposites //Composites science and technology – 2007 Tom 67, № 14, pp. 2895-2902.

4. Anastasiadis S.N., Chrissopoulou K., Frick B. Structure and dynamics in polymer/layered silicate nanocomposites // Materials Science and engineering:B – 2008 Tom 152, № 1-3, pp 33-39

5. Петров К.С., Воронцова О.В., Рубанова Е.А., Зеленко Е.А. Проблемы повышения энергоэффективности строительной отрасли в Российской Федерации//Инженерный вестник Дона, 2018, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2018/5485

6. Филиппов М.М. Шунгитосодержащие сланцы Карелии – ценное сырье для строительной индустрии России // Горный журнал. 2012. №5. С. 7-8.

7. Соколова И.В. Сорбционная влажность легкого полимерсиликатного шунгизитобетона для наружных стен зданий с кислыми влажногазовыми средами//Инженерный вестник Дона, 2018, №1. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/ N1y2018/4811

8. Ильяшенко В.А. Шунгизитобетон для ограждающих и несущих конструкций//Бетон и железобетон. 1978. №1. С.15-16.

9. Сазонов В.П., Богословский С.В., Лавров М.А. Опыт применения шунгизитобетона в жилищном строительстве// Жилищное строительство. 1985. №7. С.19-21.

10. Фаратов М.А., Файзуллин Д.А. Организационные проблемы использования промышленных отходов// Инженерный вестник Дона, 2018, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2018/5092



## References

1. Il'darhanova F.I., Mironov G.A. Korroziya: materialy, zashchita. 2005. № 2. pp. 44-46.
2. Ivashchenko YU.G., Pavlova I.L., Kochergina M.P. Effekt uluchsheniya svoystv modificirovaniem polimersilikatnoj kompozicii vodnymi rastvormi acetata cinka. Sbornik trudov konferencii. Saratov: FGBOU VO "Saratovskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet imeni Gagarina YU.A.", 2018. Pp. 55-61.
3. Lu C., Mai Y.-W. Composites science and technology. 2007 Tom 67, № 14, pp. 2895-2902.
4. Anastasiadis S.N., Chrissopoulou K., Frick B. Materials Science and engineering: B 2008 Tom 152, № 1-3, pp. 33-39
5. Petrov K.S., Voroncova O.V., Rubanova E.A., Zelenko E.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2018/5485](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2018/5485)
6. Filippov M.M. Gornyj zhurnal. 2012. №5. p. 7-8.
7. Sokolova I.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N1y2018/4811](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N1y2018/4811)
8. Il'yashenko V.A. Beton i zhelezobeton. 1978. №1. pp.15-16.
9. Sazonov V.P., Bogoslovskij S.V., Lavrov M.A. ZHilishchnoe stroitel'stvo. 1985, №7. pp. 19-21.
10. Faratov M.A., Fajzullin D.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2018/5092](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2018/5092)