

УДК: 666.9: 691.511: 691.316

**БИОПОЗИТИВНЫЙ СТЕНОВОЙ МАТЕРИАЛ И
РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ**

*к.т.н., доц. Любомирский Н.В., д.т.н., проф. Федоркин С.И.
Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

Охрана окружающей природной среды и рациональное использование естественных ресурсов – одна из актуальных глобальных проблем современности. Наиболее важной экологической проблемой является поиск средств, направленных на снижение парникового эффекта Земли, возникновение которого связано с увеличением выбросов углекислого газа в атмосферу Земли от сжигания топлива в электростанциях, резкого увеличения количества отходов от производственной деятельности человека, увеличения автомобильного транспорта и т.д.

Многолетние наблюдения показывают, что в результате хозяйственной деятельности изменяется газовый состав и запыленность нижних слоев атмосферы. При разработке полезных ископаемых, при производстве цемента, при сжигании топлива и выбросе отходов промышленных производств в атмосферу попадает большое количество взвешенных частиц разнообразных газов. Определения состава воздуха показывают, что сейчас в атмосфере Земли углекислого газа стало на 25 % больше, чем 200 лет назад. Каждый год человечество выбрасывает в атмосферу 7 млрд. т углекислого газа. Одновременно с этим на Земле вырубается леса – один из самых главных потребителей углекислого газа. В результате этого круговорот углекислого газа на Земле нарушается, и содержание углекислого газа в атмосфере постоянно увеличивается.

В настоящее время обсуждаются различные меры, которые могли бы воспрепятствовать нарастающему «антропогенному перегреву» Земли. Огромные масштабы антропогенной редукции биосферы уже сейчас дают основание считать, что решение проблемы повышения концентрации CO_2 в атмосфере должно осуществляться путем «лечения» самой атмосферы. Поэтому уже сейчас возникает необходимость в разработке теоретических подходов и экологических программ, обеспечивающих снижение выбросов парниковых газов в атмосферу. Мировая практика нарабатала возможные пути решения этой проблемы, часть из которых внедряется, а некоторые остаются не реализованными из-за отсутствия соответствующих технологий.

Наиболее эффективными, а значит актуальными методами снижения концентрации диоксида углерода в атмосфере Земли, является поиск технологий промышленных предприятий, работающих по замкнутой технологической схеме с использованием различных отходов производства.

В этой связи, комплексное решение экологической проблемы снижения концентрации CO_2 в атмосфере может быть в создании нового подхода к проектированию и строительству жилых, общественных и промышленных зданий и сооружений, принцип которого состоит использовании для возведения строительных объектов материалов и изделий с высокими

теплоизоляционными свойствами, способных в процессе их эксплуатации поглощать из атмосферы и связывать углекислый газ, переводя его в стабильный, экологически безопасный материал.

Принципиальное решение обозначенной проблемы возможно путем разработки экономичных биопозитивных материалов и ресурсосберегающих технологий их производства за счет оптимизации существующих технологий и процессов структурообразования материалов, или разработки новых нетрадиционных направлений получения бесцементных строительных композитов, способных поглощать атмосферный углекислый газ.

К таким композитам можно отнести строительные материалы и изделия на основе извести и вторичного карбонатного сырья. Известь, в сравнении с цементом, является экологически чистым и дешевым вяжущим, способным приобретать прочность и водостойкость за счет поглощения углекислого газа – карбонизироваться [1, 2]. Природная белизна извести позволяет получать облицовочные и отделочные изделия, отличающиеся от цементных и силикатных изделий высокой эстетической выразительностью. Единство природного происхождения извести и карбонатного вторичного сырья обуславливает однородность структуры и высокую прочность композиций на их основе.

Процесс карбонизации извести при атмосферной концентрации CO_2 длится на протяжении десятилетий и столетий. Это позволит материалам на основе композиций из извести и отходов добычи известняков, применяемых для возведения строительных объектов, эффективно снижать уровень углекислого газа как внутри помещений, так и снаружи зданий. Однако, при этом, изделия на основе известкового вяжущего обладают низкими физико-механическими характеристиками и водостойкостью, что значительно снижает область их применения в строительстве. Решить эту проблему можно ускоренной карбонизацией изделий отходящими газами, образующихся при получении извести, до требуемых технических свойств на первом этапе; второй этап – длительная карбонизация атмосферным CO_2 – будет способствовать повышению прочности изделий и, как следствие, повышать надежность и долговечность всего здания.

Принцип вторичного использования углекислого газа от обжига известняков позволит создать замкнутую ресурсосберегающую технологию и завод по производству строительных известковых карбонизированных изделий, который мог бы работать в совершенно автономном режиме без дополнительных энерго-, тепло- и ресурсозатрат. Для производства извести будут использоваться отходы добычи известняков. В результате завод будет выпускать высококачественные строительные изделия для кладки стен, декоративной облицовки фасадов зданий и интерьеров помещений, на 100 % состоящие из вторичного карбонатного сырья.

Ранее проведенные исследования [3 – 6] позволили установить, что основными внешними факторами влияющими на карбонизацию известковых вяжущих являются концентрация CO_2 , водосодержание сырьевой смеси, температура, условия формования изделий, продолжительность карбонизации. На сегодняшний день системные исследования по

формированию структуры карбонизированных материалов на основе извести и вторичного карбонатного сырья, кинетике поглощения углекислого газа при искусственной карбонизации их и при естественной учеными практически не проводятся.

Поэтому исследования закономерностей формирования структуры и свойств известково-карбонатных композиций различного состава, твердеющих в среде CO_2 различной концентрации и изменяющихся других технологических факторов, а также получение на их основе изделий для кладки и утепления стен, наружной облицовки и отделки зданий являются своевременными и актуальными. Актуальным является вопрос разработки ресурсосберегающей технологии производства облицовочных изделий на основе известково-известняковых композиций карбонизационного твердения, а также создание автономного автоматизированного завода по выпуску стеновых изделий широкой номенклатуры на основе извести, работающего исключительно на отходах добычи известняков.

В работах [3, 4] изложены основные теоретические и практические аспекты искусственной карбонизации гидратной извести, и установлены следующие закономерности. Создавая оптимальные условия карбонизации: влажность и начальную пористость системы, длительность обработки системы углекислым газом можно добиться максимальной карбонизации известковой матрицы и получения на ее основе водостойкого и обладающего достаточно высокой механической прочностью материала. При оптимальном сочетании удельного давления прессования и формовочной влажности, интенсивный процесс карбонизации не превышает 3 – 5 ч, а при применении определенных способов искусственной карбонизации может составлять 0,5 ч. Полученные карбонизированные образцы на основе извести обладают прочностью до 20 МПа, увеличивающейся во времени и водостойкостью 0,8–0,85, что позволяет классифицировать получаемый карбонизированный материал как водостойкий.

Полученные положительные результаты послужили основанием для разработки различных композиционных материалов, на основе известковой карбонизированной матрицы. Перспективным направлением является использование в качестве наполнителя вторичного карбонатного сырья, а именно отходов камнепиления и дробления известняков. Отличительной особенностью этих побочных продуктов является аналогичная структура составляющего их вещества с продуктом карбонизации извести – вторичным карбонатом кальция. Является вполне обоснованным утверждение, что использование данного сырья позволит создать в известковой матрице дополнительные центры кристаллизации, а также улучшить контакты срастания на границе «наполнитель – вяжущее». Исследования [5, 6] проведенные с целью изучения влияния вторичного карбонатного наполнителя на процесс искусственной карбонизации композиционных систем на основе извести показали, что введение вторичного карбонатного наполнителя не препятствует прохождению карбонизации, получаемый композиционный материал обладает однородной структурой. Установлено, что основополагающим фактором в процессе карбонизации композиционных

систем является водосодержание сырьевой смеси. Физико-механические характеристики опытных карбонизированных образцов соответствуют современным нормативным требованиям предъявляемым для стеновых рядовых и лицевого изделий.

Отличительной особенностью получаемого в результате искусственной карбонизации материала на основе извести является возможность управления величиной степени превращения гидроксида кальция в карбонат кальция, или степенью карбонизации извести. Управляя этим процессом, можно получать изделия с требуемыми физико-механическими свойствами, и обладающие способностью в течение длительного времени поглощать из атмосферы и связывать углекислый газ, переводя его в стабильный, экологически безопасный материал – карбонат кальция, при этом, постоянно улучшая свои физико-механические характеристики. Опытным и расчетным путями было установлено, что кирпич стандартных размеров на основе известково-известняковых композиций полусухого прессования искусственно карбонизированный на 40 – 50 %, поглощает CO_2 из воздуха со скоростью 0,003 л/ч. При данной степени карбонизации он способен поглощать углекислый газ из воздуха, концентрация которого составляет около 0,03 %, в течение 50 лет. Не составляет труда предположить, что если выполнить стены здания из подобных изделий, то внутрикомнатный воздух будет отличаться меньшей концентрацией CO_2 , чем, например, воздух уличный, или в помещениях, стены которых выполнены из других материалов.

Второй отличительной особенностью искусственно карбонизированных изделий является их внешний вид. Благодаря природной белизне извести, можно получать изделия любого цвета. Регулируя количество пигмента, можно добиваться различной насыщенности цвета – от бледных едва заметных до ярких контрастных тонов, в т.ч. с рисунком, повторяющим структуру мрамора и других ценных горных пород. При этом боковые поверхности прессованных изделий благодаря пластичным свойствам известкового вяжущего напоминают полированные с характерным блеском.

Таким образом, способ искусственной карбонизации как метод направленного регулирования структурообразования и свойств искусственного камня на основе извести можно использовать для разработки ресурсосберегающей технологии производства биопозитивных стеновых изделий на основе известково-известняковых композиций карбонизационного типа твердения, работающую по замкнутому циклу и включающую следующие основные операции:

- добычу и переработку известняка;
- получение негашеной извести и помол вторичного карбонатного сырья;
- гашение извести в пушонку с контролируемой влажностью;
- весовая дозировка сырьевых компонентов;
- принудительное перемешивание смеси на основе продукта гашения и вторичного карбонатного сырья;
- формование изделий методом двухстороннего полусухого прессования и последующую их обработку отходящими печными газами.

- предварительная очистка печных газов от твердых примесей и их охлаждение.

На рис. 1 представлена технологическая схема производства карбонизированных облицовочных изделий на основе извести и вторичного известнякового сырья, на основании которой совместно с ЧП «Агрегат», г. Ялта разработан комплект технологического оборудования для производства карбонизированного облицовочного кирпича. План цеха с технологическим оборудованием по производству карбонизированных изделий показан на рис. 2.

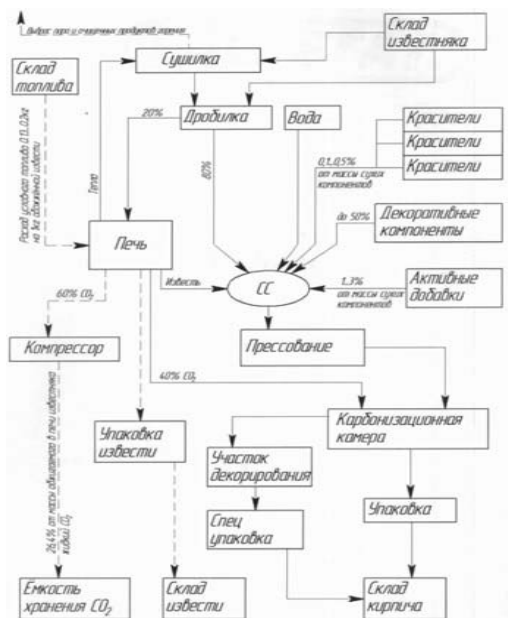


Рис. 1. Технологическая схема линии по производству кирпича на основе известково-известняковых композиций карбонизационного твердения

Согласно разработанной технологии (см. рис. 1), процесс производства карбонизированных изделий исключает образование отходов. Так в результате камнепиления и дробления известняков в карьере, образующиеся мелкие отходы являются основным сырьем, используемым как для производства извести, так и в качестве заполнителя в сырьевой смеси. Печные газы от известково-обжиговой печи являются основным сырьевым компонентом, активизирующим химический процесс перехода извести в карбонат кальция. Необходимо отметить, что на существующих предприятиях по производству извести, отходящие печные газы содержащие CO_2 направляют в атмосферу. В процессе работы технологической линии по

производству облицовочных изделий на основе известково-известняковых композиций карбонизационного твердения, попутно производится также негашеная известь и сжиженный CO_2 , которые являются дополнительной продукцией, пользующейся широким спросом в определенных отраслях промышленности.

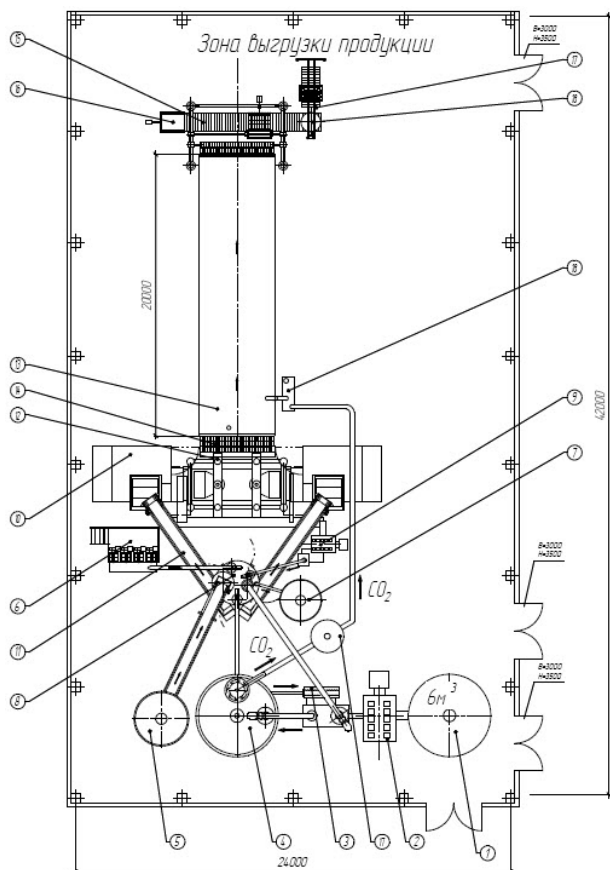


Рис. 2. План цеха по производству карбонизированного кирпича на основе извести и вторичного карбонатного сырья: 1 – бункер исходного сырья; 2 – дробилка; 3 – сушильная установка; 4 – известковая печь; 5 – бункер добавок; 6 – дозатор добавок; 7 – емкость с водой; 8 – смешительно-загрузочный комплекс; 9 – измельчитель; 10 – пресс полусухого прессования; 11 – конвейер; 12 – манипулятор-садчик; 13 – карбонизационная камера; 14 – транспортная система камеры карбонизации; 15 – манипулятор разгрузки; 16 – манипулятор упаковщик; 17 – накопительная емкость CO_2

В состав основного оборудования входит:

- пресс гидравлический двухстороннего действия;
- смесительно-загрузочный комплекс;
- печь обжига извести;
- карбонизационная камера.

Пресс полусухого прессования оборудован двумя встречно направленными гидроцилиндрами, обеспечивающими более равномерное уплотнение сырья, что позволило повысить качество получаемых изделий (прочность, морозостойкость, водостойкость и др.) и создать технологию производства кирпича со сквозными и не сквозными пустотами.

Смесительно-загрузочный комплекс предназначен для подготовки, приготовления, транспортировки и подачи смеси в пресс. Основным узлом комплекса является смеситель-дробилка, на верхней крышке которой размещены весовые дозаторы основных компонентов смеси.

Печь для обжига извести разработана под использование пылевидного известняка, что снижает себестоимость продукции. Печь может работать как на твердых видах топлива, так и на любом горючем газе. Для снижения энергоемкости продукции печь оборудована высокоэффективными системами рекуперации и пылеудаления.

Карбонизационная камера выполнена в виде туннеля, внутрь которого подается подготовленная газовая смесь углекислого газа оптимальной концентрации CO_2 .

В производственных условиях ЧП «Агрегат» была выпущена опытная партия искусственно карбонизированного кирпича с пустотностью 30 % (рис. 3). Карбонизированный кирпич, обладал следующими физико-механическими характеристиками: средняя плотность кирпича – $1,51 \text{ г/см}^3$; средняя плотность карбонизированного материала кирпича – $2,1 \text{ г/см}^3$; предел прочности при сжатии – 37,8 МПа; водостойкость – 0,88; водопоглощение – 7,4 % мас.; морозостойкость – не менее 35 циклов; теплопроводность – карбонизированного материала кирпича – $0,6 \text{ Вт / м}\cdot\text{К}$.



Рис. 3. Кирпичи карбонизационного типа твердения из опытной партии

Экономическая эффективность производства лицевого карбонизированного кирпича рассчитывалась на основании сырьевых и энергетических затрат на производство готовой продукции. Расчетная себестоимость, учитывающая материальные и энергетические затраты, производства 1000 шт. карбонизированного кирпича составляет 445 грн., что практически в 2 раза ниже себестоимости производства силикатного кирпича, которая составляет около 870 грн.

Таким образом, на основе воздушной извести и отходов добычи известняков можно получать дешевые, качественные отделочные биопозитивные строительные материалы и изделия, обладающими высокими эстетическими характеристиками и способствующими снижению концентрации углекислого газа в воздухе внутри помещений. Разработанная ресурсосберегающая технология производства биопозитивных стеновых изделий, основанная на принципе искусственного карбонизационного твердения известкового вяжущего, является безотходной и не требует кардинального перевооружения существующих предприятий по производству строительных материалов и изделий.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Zalmanoff N. Carbonation of Lime Putties To Produce High Grade Building / N. Zalmanoff // *Rock Products*. – 1956. – August. – P. 182 – 186.
2. Зацепин К.С. Известковые карбонизированные строительные материалы / Зацепин К.С. // *Сборн. материалов Московского науч.-технич. совещания по жил.-гражд. строит., строит. материалам и проектно-изыскат. работам. Т. 2.* – М: Московская правда, 1952. – С. 283 – 290.
3. Любомирский Н.В. Научные и практические аспекты создания ресурсосберегающей технологии получения каменных материалов на основе воздушной извести карбонизационного твердения / Н.В. Любомирский, С.И. Федоркин // *Збірник наукових праць Луганського Національного аграрного університету. Серія: Технічні науки.* – Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2007. – № 71(94). – С. 174 – 181.
4. Любомирский Н.В. Системы на основе извести карбонизационного твердения / Любомирский Н.В., Федоркин С.И., Лукьянченко М.А. // *Строительные материалы*. – 2008. – № 11. – 45 – 47.
5. Любомирский Н.В. Химические принципы структурообразования известковых систем карбонизационного твердения / Любомирский Н.В., Федоркин С.И., Акимов А.М. // *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури.* – Одеса: Зовнішпрекламсервіс. – 2009. – вип. № 33. – С. 257 – 262.
6. Любомирский Н.В. Особенности карбонизации известковых вяжущих материалов / Любомирский Н.В. // *Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури.* – Макіївка: ДонНАБА. – 2010. – Вип. 2010-5(85). – С. 121 – 126.