

УДК 691.327.333

**РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ  
ПЕРЕРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ  
МОДИФИЦИРОВАННОГО НЕАВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА**

**Забикюлин Айбар Дулатович, Аманбек Багдаулет Бахтжанович**  
**Zabikulin a@bi.group**

Магистранты специальности «Производство строительных материалов, изделий и конструкций» архитектурно-строительного факультета ЕНУ им. Л.Н. Гумилева,  
Нур-Султан, Казахстан  
Научный руководитель – Аруова Л

**Вступление.** При анализе и обобщении современных исследований и опыта производства ячеистых бетонов определено, что необходимо продолжать поиск новых экологических и технических путей расширения сырьевой базы их производства. Кроме того, увеличение производства ячеистого бетона к 2020 году, а также ухудшение состояния окружающей среды из-за роста объемов промышленных отходов требуют принятия новых решений. Наилучший способ утилизации - это утилизация при производстве эффективного и экологически чистого пористого бетона. Это подтверждается анализом существующих исследований. Однако при проведении эколого-технического анализа установлено, что существующие технологии производства ячеистого бетона имеют ряд недостатков, влияющих на экологическую безопасность. К ним относятся: выработка энергии и взрывного давления при высоком давлении и температуре, возможность взрыва путем выделения водорода из бетонной массы после набухания. Возникает комплекс проблем, связанных со строительными техническими свойствами бетонных смесей: избыток воды смешения при литье под давлением технологии заключается в том, что при увеличении набора конструкционной прочности и технологического процесса изготовления, наличии отходов после резания и режущих корок возникает проблема взаимосвязи между вязкостью системы и предельным напряжением сдвига бетонных смесей.

**Постановка задачи.** Целью представленного исследования является разработка двухступенчатого экологического механизма крупномасштабного утилизации промышленных отходов при производстве бетонных изделий с улучшенными физико-техническими свойствами. Установлено, что двухступенчатый экологический механизм крупномасштабного утилизации промышленных отходов при производстве железобетонных изделий включает в себя: экологическую оценку промышленных отходов; определение полного жизненного цикла продукции на основе промышленных отходов; двухэтапный способ утилизации отходов с получением комплексного органо-минерального модификатора и модифицированных неавтоклавных газобетонных изделий; экологическая оценка технологий производства бетонных изделий на основе промышленных отходов; общий экологический рейтинг техногенных отходов, технологии производства и эксплуатации бетонных изделий на основе промышленных отходов на протяжении всего жизненного цикла изделий. На основе предложенной структурной схемы и теоретических основ была разработана экологически безопасная технология производства конструкционного и теплоизоляционного модифицированного газобетона. Она включает в себя несколько основных стадий технологического процесса: подготовку сырья, приготовление бетонной смеси, формование; термообработку.

Способ утилизации техногенных отходов включает технологию производства модифицированных неавтоклавных газобетонных изделий, работающих в замкнутом цикле и включающих основные стадии: предварительно газобетоносмеситель при смешивании дозированных по массе компонентов: песка, цемента с водой и фосфогипсом в течение 3-5 мин; приготовление в смесителе суспензии алюминия в водном растворе поверхностно-активного вещества (органического модификатора) для удаления парафина с поверхности алюминиевого порошка; при смешивании газобетоносмесителя получают суспензию алюминия в водном растворе модификатора с основными компонентами газобетонной смеси в течение 1-3 мин; заливка тщательно перемешанной бетонной смеси происходит при температуре воздуха в цехе +18-20 ° С; набухание бетонной массы в фиксированном виде в течение 30-50 мин.; срезают слой и режут массив в блоки специальным режущим аппаратом с металлическими струнами, возвратно-поступательным и вращательным движением, измельчением, срезают "горку", т. е. выходящую за пределы размеров массива в его верхней части, и возвращают эти отходы в газобетоносмеситель для смешивания с основными компонентами смеси; термообработку срезаемых блоков в камере с изолирующим покрытием. Колпачок позволяет снизить энергопотребление по сравнению с традиционной термической обработкой в автоклавах. Отверждение происходит в течение 5-6 часов. Применение теплоизоляционного колпачка позволяет защитить газобетонные изделия от сквозняков и теплопотерь, что позволяет получить стабильное качество блоков; штабелирование, фасовку готовых блоков и отправку на склад готовой продукции; дефектный продукт, отправленный на измельчение с последующим возвратом к смешиванию в газобетоносмесителе с компонентами смеси.

На экологическую безопасность окружающей среды будут влиять качество конструкции и количественные значения показателей строительно-технических свойств. Определение таких свойств модифицированного неавтоклавного газобетона на основе промышленных отходов позволило установить стандарт пригодности, т. е. возможность их использования в строительстве. От качества бетонных конструкций зависит не только их прочность, но и такие важные характеристики, как экологическая безопасность, высокая плотность, теплоизоляция, водопоглощение, капиллярная течь и другие.

**Результаты и обсуждение.** Результаты рентгеноструктурного и микроструктурного анализа показали, что применение модифицированного газобетона на основе промышленных отходов обеспечит экологическую безопасность за счет повышения однородности, твердения структуры, расхода цемента и выработки энергии, а также отопления жилищ при одновременном снижении выброса тепла в атмосферу. Для проведения микроструктурного анализа полученных образцов модифицированного бетона была использована установка электронного растрового микроскопа-микроронда FEI Quanta 200 SEM (рис.1).1-2).

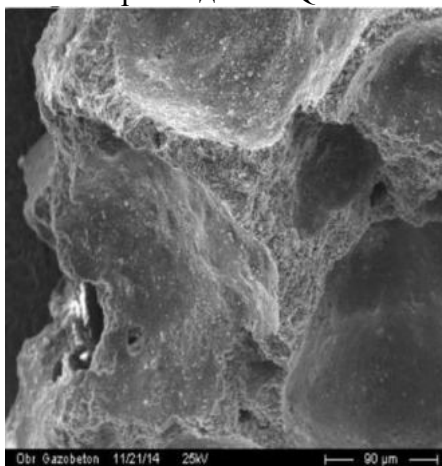


Рисунок. 1. Структура модифицированного неавтоклавного газобетона:  
микроструктура

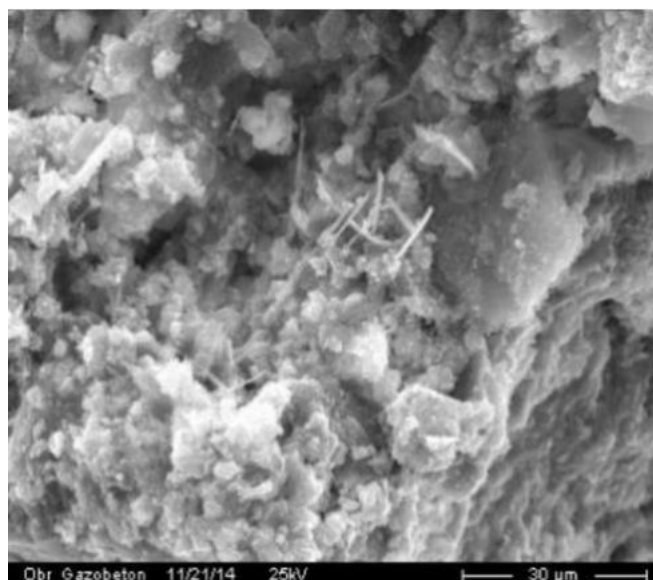


Рисунок. 2. Структура модифицированного неавтоклавного газобетона:  
микроструктура.

Виды и распределение диаметров пор в контрольном составе и модифицированном бетоне, изготовленном по предложенной технологии, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Пористость модифицированного газобетона.

Типы пор	Размер пор, см	Доля в общей пористости, %
Контроль (традиционный бетон)		
Гель	$1 \cdot 10^{-6} - 5 \cdot 10^{-6}$	10 – 15
Капиллярные	$8 \cdot 10^{-5} - 2 \cdot 10^{-4}$	15 – 25
В виде сетки	$10^{-4} - (0.12 - 0.15)$	60 – 75
Модифицированный газобетон		
Гель	$1 \cdot 10^{-6} - 5 \cdot 10^{-6}$	7 – 9
Капиллярные	$8 \cdot 10^{-5} - 2 \cdot 10^{-4}$	10 – 15
В виде сетки	$10^{-4} - (0.12 - 0.15)$	76 – 83

Оптимальная пространственная структура газобетона состоит из цементно-песчаной матрицы, заполненной мелкими порами (менее 0,8 мм в диаметре). Максимальная пористость газобетона При толщине межпористых перегородок 80-100 мкм и диаметре пор 0,8 мм достигает от 76 до 83 %. Применение комплексных органо-минеральных модификаторов типа ГМ в модифицированных неавтоклавных газобетонных изделиях с техногенными отходами значительно повышает вероятность получения качественной продукции за счет управления процессами газообразования и структурообразования за счет органического модификатора.

Из таблицы 1 и рисунка 1 видно, что модифицированный бетон отличается от традиционного более развитой и однородной пористой структурой с повышенной ячеистой пористостью. В этом случае диаметр клеточных пор составляет менее 0,8 мм, или 800 мкм, т. е. уменьшается в 2 раза. Наблюдается снижение гелевой и капиллярной пористости в 1,5-2 раза, что объясняется положительным влиянием гидрофобного эффекта ионного модификатора. С одной стороны, капиллярная пористость и пористость при уносе воздуха снижают морозостойкость насыщенного бетона. С другой стороны, при уносе воздуха пористость и многопористость с размерами пор более 1 мм увеличивают проводимость.

Теплопотери через стенки обусловлены конвективным способом теплопередачи в течение отопительного сезона за счет увеличения теплопроводности. Поэтому уменьшение гелевой и капиллярной пористости снижает риски разрушения бетонных стен при чередовании замораживания и оттаивания. Уменьшение диаметра ячеистой пористости уменьшает теплопотери через стенки.

**Выводы.** Анализ полученных результатов показывает, что применение модифицированного неавтоклавного газобетона на основе промышленных отходов позволит обеспечить экологическую безопасность за счет значительного снижения теплопотерь через стены зданий при образовании трещин под действием мороза и неоднородной поровой структуры традиционного бетона. Экологическая безопасность будет повышена за счет экономии энергии на отопление жилых помещений и за счет снижения выброса тепла в атмосферу. Отвод тепла в атмосферу, как известно, способствует возникновению парникового эффекта. Кроме того, экологическая безопасность зданий и окружающей среды невозможна без надежной эксплуатации ограждающих конструкций – бетонных стеновых блоков. Применение техногенных отходов в модифицированном газобетоне и органико-минеральном модификаторе позволило в 7 раз снизить количество растворимого и подверженного коррозии портландцита по сравнению с традиционным бетоном. В 2 раза увеличивается количество этtringита. Поэтому переработка техногенных отходов в модифицированный газобетон и органоминеральный модификатор значительно повышает экологическую безопасность окружающей среды за счет упрочнения конструкции, повышения ее однородности и тепловых свойств.

#### Список использованной литературы

1. С. А. Ткач, В. И. Теличенко, Экология урбанизированных территорий 2, 39-44 (2016 год)
2. В. И. Теличенко, Д. В. Орешкин, Экология урбанизированных территорий 2, 31-33 (2015)
3. Д. В. Орешкин, стройматериалы 11, 6-8 (2010)
4. И.В. Сумин, В.В. Строкова, В.В. Нелюбова, С. А. Еременко, строительные материалы 1-2, 70-75 (2016)
6. Е. В. Ткач, С. А. Ткач, Р. Ф. Серова, Е. А. Стасилович, Современные проблемы науки и образования 1-2, 83-88 (2015)