

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ СТЕКЛА

В. Т. Ерофеев, А. Д. Богатов, С. Н. Богатова, С. В. Казначеев

В работе приведены результаты исследований процессов структурообразования, свойств и долговечности связующих на основе боя стекла. Получены количественные зависимости изменения коэффициента стойкости материалов в воде, в водных растворах кислот и щелочей, биологически активной среде. Подобраны модифицирующие добавки, позволяющие повысить стойкость связующих в воде, водных растворах кислот и в условиях воздействия микроорганизмов.

В работе приведены результаты исследований процессов структурообразования, свойств и долговечности связующих на основе боя стекла. Получены количественные зависимости изменения коэффициента стойкости материалов в воде, в водных растворах кислот и щелочей, биологически активной среде. Подобраны модифицирующие добавки, позволяющие повысить стойкость связующих в воде, водных растворах кислот и в условиях воздействия микроорганизмов.

В настоящее время проблеме утилизации побочных продуктов промышленного производства в нашей стране не уделяется достаточного внимания. Ежегодно предприятия сбрасывают в отвалы сотни тонн отходов, загрязняющих окружающую среду и негативно влияющих на экологическую обстановку. Учитывая тот факт, что отношение к этому

процессу не имеет тенденции к изменению в лучшую сторону, можно предположить, что в ближайшее время эта проблема будет приобретать все большую актуальность. Поэтому уже сейчас необходимо обратиться на это пристальное внимание и постараться привлечь к решению столь важной задачи максимальное количество хозяйственных отраслей.

Одним из основных препятствий на пути к решению вышеобозначенной проблемы является отсутствие достаточного количества реальных проектов, заключающихся в разработке технологических решений, позволяющих обеспечить повторное использование промышленных отходов при получении продукции различного назначения.

Применение различных форм несанкционированного размещения боя стекла, отработанных источников света и других приборов

нередко обуславливает повышенное содержание ртути в воздухе и почве на территориях, прилегающих к производственным площадям, и в местах захоронения отходов.

В качестве принципиально нового способа извлечения ртути из отработанных источников на одном из предприятий Республики Мордовия принят принцип озонирования с последующей водной обработкой носителя под давлением. По оценке специалистов, содержание ртути в отходах после подобной обработки не превышает уровня ПДК, и они могут быть использованы вторично в качестве компонентов при получении строительной продукции.

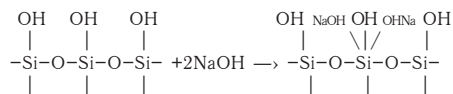
О возможности утилизации отходов стекла светотехнической промышленности за счет индустрии строительных материалов ученые вели разговоры еще с 1970-х гг., однако практические исследования в этой области не проводились. В настоящее время целый ряд отечественных и зарубежных вузов и НИИ заняты разработкой строительных композитов с его использованием. Например, специалисты инженерного факультета и прикладных наук Колумбийского университета (штат Нью-Йорк) работают над проблемой замены каменного заполнителя в бетоне боем стекла. «Строительная газета» (1997. 22 авг.) приводит сведения, что на эти исследования в США выделены 444 тыс. долл. Решением подобных задач занимаются и отечественные ученые. Определенные успехи достигнуты усилиями специалистов Мордовского государственного университета [3; 8].

Основной задачей наших исследований являлась разработка эффективных технологий, позволяющих использовать бой стекла не только в виде заполнителя, но и в качестве основного компонента связующего. Подобные работы проводились и проводятся профессорами А. П. Меркиным, Ю. П. Горловым и их учениками. Ими были разработаны составы бесцементных связующих на основе природных и искусственных стекол, способные отверждаться в условиях гидротермальной обработки [4; 6]. С учетом высокой энергоемкости, а, соответственно, и стоимости подобных технологических операций, наиболее перспективным способом утилизации боя стекла за счет индустрии строительных материалов представляется получение связу-

ющего и бетонов на его основе, твердеющих при температуре изотермического цикла, не превышающей 90 °С. В настоящей работе приводятся результаты исследования подобных композитов.

Превращение тонкодисперсного порошка связующего на основе боя стекла в камневидное тело происходит в результате взаимодействия компонентов, входящих в его состав, с водными растворами щелочей [4]. Для уточнения механизма твердения подобного связующего рассмотрим процесс взаимодействия водных растворов, имеющих повышенный уровень водородного показателя, с кремнеземом (основным компонентом вяжущего). Данный процесс представляет собой гетерогенную реакцию и состоит из ряда стадий, главными из которых являются диффузия компонентов жидкой среды к поверхности раздела фаз, процесс адсорбции гидратированных катионов щелочных металлов на активных участках поверхности кремнезема (сорбция в общем случае сопровождается изменением состояния кремнекислородных тетраэдров, что влечет за собой деполимеризацию кремнекислоты за счет разрыва кремнекислотных связей), последующий акт химического взаимодействия и, наконец, отвод продуктов реакции в межзерновой объем.

Процесс деполимеризации кремнезема связан с явлением адсорбции и объясняется привлечением представления о координационной ненасыщенности атомов кремния. Молекулы NaOH подходят к поверхности кремнезема таким образом, что группы — OH — образуют с атомом кремния координационную связь. Механизм, согласно которому происходит взаимодействие NaOH с SiO₂ на стадии деполимеризации кремнезема, можно представить следующим образом:



Моменту адсорбции двух гидроксид-ионов на силановом участке поверхности атома кремния, который находится в тетраэдрическом окружении, соответствует увеличение координационного числа кремния до 6. С достижением последнего происходит перераспределение энергии связей. Образование такого пе-

редонного комплекса приводит к ослаблению $\equiv\text{Si} - \text{O} - \text{Si}\equiv$ связей. Частица, соответствующая мономеру, в таком переходном состоянии удерживается соседями менее прочно. Таким образом, создаются условия для ее перехода в раствор. С увеличением температуры возрастает подвижность элементов кремнекислородного скелета, уменьшается жесткость связей и, следовательно, требуется меньшая энергия для отрыва тетраэдра.

С учетом описанных выше процессов, происходящих при взаимодействии водных растворов щелочей с кремнеземом, механизм твердения связующего на основе боя стекла представляется следующим образом. Первоначально под воздействием щелочи и повышенной температуры на поверхности частиц стекла растворяется тонкодисперсный аморфный кремнезем, в ре-

зультате чего повышается его концентрация в растворе, конденсируется пар, что приводит к понижению pH среды и вызывает реакцию поликонденсации с образованием геля поликремниевой кислоты, который склеивает не полностью растворившиеся частицы стекла и зерна заполнителя. Дальнейшее воздействие температуры в процессе термовлажностной обработки приводит к кристаллизации геля кислоты с образованием труднорастворимых гидроалюмосиликатных соединений.

С целью экспериментального подтверждения данного теоретического предположения нами были проведены исследования процессов структурообразования композитов на уровнях микро- и макроструктуры с использованием метода рентгеноструктурного анализа.

Результаты исследования сырьевых материалов показали, что на дифрактограмме боя стекла в интервале углов 2θ 8—40° наблюдается аморфное гало, характерное для неупорядоченных структур, обладающих лишь ближним порядком в расположении частиц. Кроме стеклофазы, в образце присутствует небольшое количество кристаллических фаз, о чем свидетельствует неполный набор дифракционных рефлексов слабой интенсивности ($d = 0,424; 0,334; 0,228$ нм), соответствующий кристаллической фазе SiO_2 в форме кварца и полевого шпата ($d = 0,322$ нм).

На рентгенограмме, отражающей фазовый состав минеральной добавки, входящей в состав связующего, наблюдается ряд дифракционных отражений, относящихся к кристаллическим фазам кварца ($d = 0,424; 0,228$ нм), полевого шпата ($d = 0,652; 0,424; 0,356; 0,346; 0,326; 0,322; 0,299$ нм) и монтмориллонита ($d = 0,242; 0,168; 0,150$ нм). На дифрактограммах отвержденных образцов связующего (рис. 1 а) фиксируются линии кристаллических новообразований с d , равным 0,707; 0,404; 0,318; 0,268 нм, соответствующие целолиту $\text{Na}_2\text{Ca}_2\text{Al}_6\text{Si}_9\text{O}_{30} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ и щелочным алюмосиликатам типа альбита $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ($d = 0,374; 0,321; 0,292$ нм), а также ряд дифракционных отражений, относящихся к кристаллическим фазам SiO_2 в форме низкотемпературных модификаций кварца ($d = 0,424; 0,334; 0,228$ нм).

Как известно, физико-механические свойства бетона во многом определяются структурной контактной между матричным материалом и

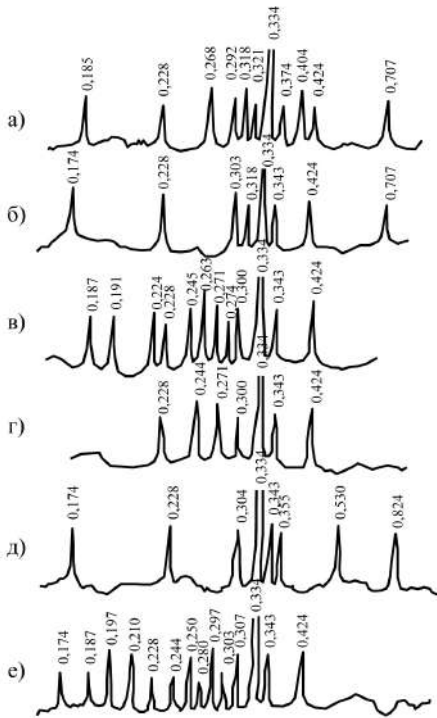


Рисунок 1

Рентгенограммы отвержденного связующего (а) и зон контакта матричного материала с заполнителями: гранитным щебнем (б); керамзитом (в); кирпичным боем (г); боем стекла (д); известняковым щебнем (е)

заполнителем. Под влиянием процессов, протекающих на границе контакта связующего с поверхностью заполняющей части, происходит формирование структуры окаймляющих и омоноличивающих слоев вокруг зернистого заполнителя. Характер и полнота этих процессов зависят от многих факторов: природы минерального вяжущего и наполнителя, дисперсности наполнителя, кристаллохимических свойств и структуры минералов, содержания жидкой среды в смеси, присутствия в системе поверхностно-активных и других добавок, температуры отверждения, степени уплотнения и т. д.

Фазовый состав новообразований в зоне контакта стеклощелочного связующего с заполнителями в настоящее время малоизучен. Отличительной особенностью подобных систем является повышенный уровень водородного показателя матричной составляющей. Едкие щелочи, участвующие в процессе гидратации вяжущего, активно взаимодействуют с минералами глин и другими силикатными веществами, что позволяет использовать в качестве заполнителей широкий спектр естественных и искусственных заполнителей, включая отходы производств.

В наших исследованиях в качестве заполнителей рассматривались гранитный и известняковый щебень, керамзитовый гравий, бой глиняного кирпича и стекла ламп накаливания. Учитывая тот факт, что в начальный период гидратации и структурообразования влияние заполнителя на состав образующихся фаз контакта незначительное, исследования проводились после шести месяцев выдерживания бетонов на основе стеклощелочного связующего при нормальных условиях. В ходе эксперимента установлено, что на рентгенограмме, отражающей фазовый состав зоны контакта гранитного щебня со связующим (рис. 1 б), наблюдается ряд дифракционных отражений, относящихся к кристаллическим фазам гидросиликата кальция C_2SH_2 ($d = 0,303$ нм) и щелочного алюмосиликата типа анальцима $NaAlSi_2O_6 \times H_2O$ ($d = 0,343; 0,174$ нм). При использовании в качестве заполнителя керамзитового гравия и боя глиняного кирпича (рис. 1 в, г) в зоне контакта присутствуют новообразования дисиликата натрия $Na_2Si_2O_5$ ($d = 0,263$ нм); цеолитового соединения $Na_2Al_2 \times SiO_4 \times 6H_2O$ ($d = 0,300; 0,271; 0,245$ нм); гидрата нефелина ($d = 0,274; 0,224; 0,191;$

$0,187$ нм). Зона контакта связующего со стеклянным заполнителем (рис. 1 д) представлена закристаллизованным силикатом натрия Na_2SiO_3 ($d = 0,530; 0,355; 0,304$ нм), гидросиликатом кальция тоберморитовой группы C_2SH_2 ($d = 0,303$ нм) и анальцимом. Новообразования в зоне контакта известнякового заполнителя и вяжущего (рис. 1 е) представлены карбосиликатом кальция $Ca_5Si_2O_7(CO_3)_2$ ($d = 0,307; 0,301; 0,297; 0,280; 0,210$ нм), карбонатом кальция в форме кальцита ($d = 0,303; 0,250; 0,228; 0,208$ нм), гидросиликатом кальция тоберморитовой группы и гидроалюмосиликатным соединением типа анальцима.

Таким образом, с учетом полученных результатов можно сделать вывод, что на поздней стадии твердения композиционных материалов на основе стеклощелочного связующего заполнители способствуют образованию весьма плотной и однородной структуры контактной зоны из соединений сложного щелочного и щелочно-щелочноземельного гидроалюмо-силикатного состава.

Прочностные свойства связующего на основе боя стекла определяются содержанием отдельных компонентов в составе. Были проведены исследования зависимости прочности от количественного содержания в композиции водного раствора едкого натра и минеральной добавки, а также типа последней. Установлено, что лучшими свойствами обладают те составы, в которых в качестве минерального компонента используются тонкоизмельченные порошки мела и керамзита.

На основе разработанных связующих получены составы растворов и бетонов с оптимальным соотношением компонентов и изучены их физико-технические свойства. Основные характеристики материалов приведены в табл. 1.

Полученные составы растворов и бетонов по физико-механическим, теплотехническим, технологическим показателям удовлетворяют требованиям, предъявляемым к стеновым материалам, и могут быть использованы при возведении надземной части малоэтажных зданий. Одной из отличительных особенностей новых материалов является то, что для их наполнения могут быть использованы пески с глинистыми примесями. При твердении растворов и бетонов на таких песках

Таблица 1
Физико-технические показатели строительных материалов
на основе стеклообразующего связующего

Показатель	Строительный раствор	Тяжелый бетон	Легкий бетон	Ячеистый бетон	Бетон с заполнителями из микросфер
Прочность при сжатии, МПа	18	25	16	0,5—0,9	20
Средняя плотность, кг/м ³	2 000	2 400	1 400	500	650
Коэффициент теплопроводности, Вт/м · °С	—	—	0,43	0,13	0,19
Модуль упругости, МПа	6 000	9 750	4 600	400	6 500
Коэффициент температурного расширения	$0,897 \times 10^{-5}$	$1,558 \times 10^{-5}$	$0,427 \times 10^{-5}$	—	—
Линейная усадка, %	0,13	0,12	0,24	—	—
Водопоглощение за 24 ч, % по массе	0,3—0,6	0,2—0,3	1,5—4,5	30—50	0,2

в условиях повышенной щелочности жидкой фазы происходит гидратация глинистых минералов, в результате чего образуются щелочные гидроалюмосиликаты, способствующие уплотнению их структуры. Так, на основании экспериментальных исследований установлено, что при использовании для приготовления строительного раствора песка с содержанием глины 7 % его прочность после термовлажностной обработки оказалась на 18 % выше, чем у аналогичного состава, заполнителем в котором являлся чистый кварцевый песок.

Таким образом, применение вяжущего на основе стеклобоя позволяет использовать для получения бетонов пески с высоким содержанием глинистых включений, которые для цементных бетонов не рекомендуются. Следует отметить, что запасы таких песков в России достаточно велики, тогда как во многих регионах проводятся дорогостоящие операции по обогащению местных песков.

На машиностроительных, химических и пищевых предприятиях, складах химикатов, объектах сельского хозяйства строительные

конструкции подвергаются воздействию агрессивных сред. Большинство технологических процессов на этих предприятиях связано с контактированием материалов с водными растворами кислот, щелочей, нефтепродуктами, биологически активными средами. Это приводит к снижению ресурса конструкций, увеличению расходов на ремонт и проведению дорогостоящих материалоемких мероприятий по защите конструкций от коррозии. По этой причине решение вопросов, связанных с повышением коррозионной стойкости строительных композиционных материалов, является важной научной задачей. В данной работе приведены результаты исследования долговечности связующих на основе боя стекла. Технология их получения приведена в работе [9].

Водостойкость является одним из самых универсальных показателей, характеризующих долговечность строительных композиционных материалов. Вода, обладая высокой проникающей способностью, оказывает деструктивное воздействие практически на все виды материалов. Водостойкость связующего

определяется в основном его способностью противостоять физическому воздействию проникающей воды, приводящему к пластификации композиции, уменьшению адгезионного взаимодействия частиц в результате обводнения поверхности контакта. Кроме того, прочность связующего при водонасыщении снижается вследствие того, что микротрещинообразование облегчается при адсорбции твердым телом полярной жидкости [2].

В наших исследованиях деградация структуры под воздействием воды оценивалась по изменению коэффициента стойкости, определяемому как относительное изменение предела прочности при сжатии после выдерживания в воде. При проведении эксперимента рассматривали составы с активными минеральными добавками, в качестве которых использовались молотые керамзит и мел, а также смесь порошков керамзита и известняка, взятых в соотношении 1 : 1. Каждый состав включал в себя две партии образцов, одна из которых отверждалась в условиях термовлажностной обработки при температуре 90 °С, а другая — при нормальных условиях.

Испытания проводились на образцах — кубах с ребром 20 мм. Результаты испытания составов после выдерживания в воде в течение 90 суток показали, что как тип минеральной добавки, так и способ отверждения связующих оказывают значительное влияние на стойкость (рис. 2). Из графиков видно, что лучшим показателем коэффициента стойкости обладают составы с использованием в качестве активных минеральных добавок молотого керамзита и бинарного наполнителя, отвержденные в условиях термовлажностной обработки. После 90 суток выдерживания относительное изменение предела прочности при сжатии составило 0,70—0,75. Составы, отвержденные при нормальных условиях, обладают значительно меньшим коэффициентом водостойкости, величина которого колеблется в пределах 0,15—0,25 в зависимости от вида минеральной добавки. Причиной столь резкого отличия показателей водостойкости от способа отверждения является тот факт, что при твердении в нормальных условиях, для обеспечения более полного протекания процессов структурообразования, вводится дополнительное количество щелочного компонента. В итоге часть щелочи оказывается

несвязанной. Свободный гидроксид натрия в водной среде пептизирующе воздействует на гель кремниевой кислоты, снова превращая ее в легко растворимый золь [1].

Для улучшения свойств связующего на основе боя стекла эффективны полимерные добавки, модифицирующие поровую структуру продуктов гидратации стеклощелочного цемента.

Положительные результаты можно также получить при модификации связующего некоторыми неорганическими добавками, которые при взаимодействии с компонентами связующего образуют нерастворимые или трудно растворимые соединения. Результаты эксперимента по увеличению водостойкости связующего за счет использования при его получении модифицирующих добавок приведены на рис 2.

Из графиков видно, что при введении эпоксидного олигомера ЭД-16 в количестве 3 мас. ч. водостойкость связующего повышается на 25 %. При использовании в качестве модификатора шестиводного хлористого алюминия в количестве 3 мас. ч. от массы связующего водостойкость увеличилась на 20 %.

С целью исследования химического сопротивления связующих на основе боя стекла в водных растворах щелочей были изготовлены оптимизированные по прочностным показателям составы, аналогичные использованным при определении водостойкости.

Результаты испытания образцов после выдерживания в 10 % растворе едкого натра в течение 90 суток (рис. 3) показали, что лучшая стойкость соответствует составу, в котором в качестве минеральной добавки использовали бинарный наполнитель. Относительное изменение прочности данной композиции составило 0,5; у составов, наполненных керамзитовой пылью, этот же показатель снизился на 70 %.

С целью исследования химического сопротивления связующих на основе боя стекла в водных растворах кислот были изготовлены составы, в которых в качестве активных минеральных добавок использовались молотый керамзит, мел, а также бинарный наполнитель, состоящий из смеси порошков известняка и керамзита, взятых в соотношении 1 : 1. Каждый состав включал в себя две партии образцов, одна из которых отверждалась в условиях термовлажностной обработки, а

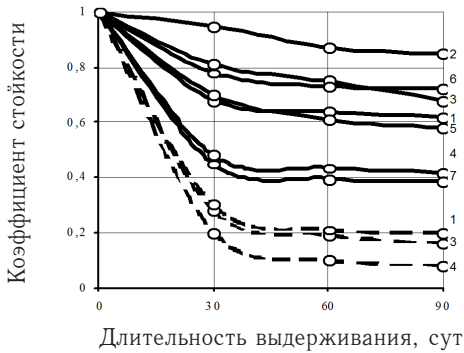


Рисунок 2

Зависимость изменения коэффициента водостойкости связующего на основе бля стекла от длительности выдерживания;

— составы, отвержденные в условиях термовлажностной обработки;
 - - - - - составы, отвержденные при нормальных условиях;

1 — состав с керамзитовой пылью; 2 — то же с добавкой ЭД-16 в количестве 3 мас. ч.;
 3 — состав с бинарной добавкой (керамзит + известняк в соотношении 1 : 1); 4 — то же с мелом без добавки; 5, 6, 7 — то же с мелом с добавкой $AlCl_3 \times 6H_2O$ в количестве 1, 3, 5 мас. ч. соответственно.

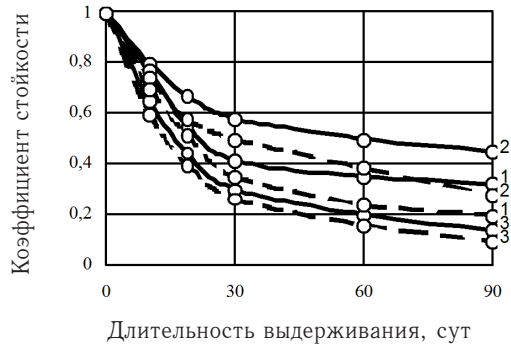


Рисунок 3

Зависимость изменения стойкости связующих в 10 % растворе NaOH;

— составы, отвержденные в условиях термовлажностной обработки;
 - - - - - составы, отвержденные при нормальных условиях;

1 — состав с керамзитовой пылью; 2 — то же с бинарной добавкой (керамзит + известняк в соотношении 1 : 1); 3 — то же с мелом

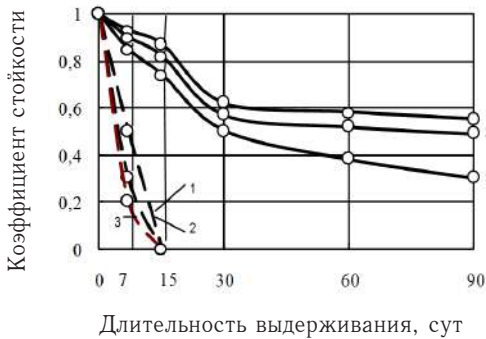


Рисунок 4

Зависимость изменения коэффициента стойкости в 10 % растворе H_2SO_4 от длительности выдерживания;

— составы, отвержденные в условиях термовлажностной обработки;
 - - - - - составы, отвержденные при нормальных условиях;

1 — состав с керамзитовой пылью; 2 — то же с бинарной добавкой (керамзит + известняк в соотношении 1 : 1);
 3 — то же с мелом

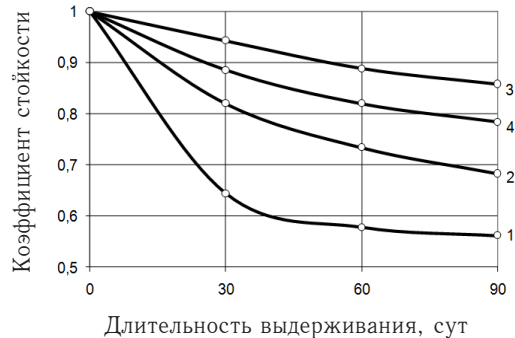


Рисунок 5

Зависимость изменения коэффициента стойкости композитов с барийсодержащей добавкой в 10 % растворе H_2SO_4 от длительности выдерживания.

1 — контрольный бездобавочный состав;
 2 — то же с 5 мас. ч. добавки;
 3 — то же с 10 мас. ч.;
 4 — то же с 15 мас. ч.

вторая при нормальных температурно-влажностных условиях.

Результаты испытания, приведенные на рис. 4, свидетельствуют о значительном влиянии на стойкость в 10 % растворе серной кислоты способа отверждения композиций. Как следует из графика, лучшие показатели химической стойкости в 10 % растворе H_2SO_4 присущи составу, отвержденному в условиях термовлажностной обработки, в котором в качестве активной минеральной добавки использовался молотый керамзит. После 90 суток выдерживания в среде данная композиция имела коэффициент химической стойкости более 0,6. Все составы, отвержденные при нормальных условиях, разрушились полностью в течение первых 5–10 суток.

Столь резкое отличие химической стойкости составов при воздействии на них кислотной среды от способа отверждения можно объяснить тем, что при твердении в нормальных условиях значительное количество вводимой извне щелочи оказывается несвязанной. Свободная щелочь определяет большую скорость протекания химических процессов, способствующих разрушению структуры материала.

С целью повышения стойкости материала в условиях воздействия жидких кислых сред, в частности растворов серной кислоты, была рассмотрена барийсодержащая добавка. Известно, что при взаимодействии бария с сульфатами образуется очень плотная нерастворимая соль $BaSO_4$.

Исследования по выявлению влияния добавки на прочностные характеристики составов показали, что при введении добавки в количестве до 10 мас. ч. наблюдается лишь незначительное снижение прочности (до 15 %). Дальнейшие исследования сводились к определению химической стойкости модифицированных составов.

Результаты, представленные на рис. 5, свидетельствуют о том, что введение барийсодержащей добавки в состав стеклощелочного связующего в количестве 10 мас. ч. увеличивает его устойчивость в условиях воздействия 10 % раствора серной кислоты на 30 %.

Долговечность и надежность строительных материалов и конструкций, эксплуатирующихся в животноводческих зданиях и птицеводческих комплексах, мясомолочных и консервных комбинатах, предприятиях микро-

биологической промышленности и в других отраслях, где применяются и перерабатываются органические материалы, способные быть питательной средой для различных микроскопических организмов, обусловлены степенью их защищенности от биологических повреждений. Под биоповреждениями понимают любое нежелательное изменение свойств и нарушение работоспособности материалов и конструкций в результате воздействия биологически активных сред и продуктов их жизнедеятельности. К биологически активным средам относятся бактерии, грибы, актиномицеты. Самыми активными разрушителями-микроорганизмами являются мицелиальные грибы, которые осуществляют деградацию путем непосредственного потребления материала или отдельных его компонентов как продуктов питания, а также за счет химического воздействия на материал продуктов их жизнедеятельности, к которым в первую очередь относятся органические кислоты, ферменты, аминокислоты [5]. Подсчитано, что ущерб, причиняемый зданиям и сооружениям в результате биоповреждений, составляет несколько десятков миллиардов долларов ежегодно.

Поселяясь на поверхности строительных конструкций, микроорганизмы, наряду с разрушающим воздействием, вызывают ухудшение экологической ситуации в зданиях и сооружениях (приводят к возникновению запаха плесени в помещениях и выделяют токсичные продукты, аллергены), что может быть причиной серьезных заболеваний, так как некоторые виды микроорганизмов являются патогенными по отношению к человеку и животным. Например, специальный журнал Европейского медицинского общества сообщает, что попавшие в человеческий организм мельчайшие дозы грибкового яда могут вызвать через несколько лет появление раковых опухолей; финскими специалистами подсчитано, что на лечение одного больного с аллергическими заболеваниями затрачивается в год около 3 400 долл. Из вышеизложенного следует, что риск возникновения и развития биоповреждений должен быть исключен на самой ранней стадии, т. е. уже при проектировании зданий и сооружений. В этой связи создание строительных материалов и конструкций с улучшенным биологическим сопротивлением является важной задачей в области строительного материаловедения.

Таблица 2
**Результаты исследования грибостойкости
компонентов связующих**

Наименование материала	Степень обрастания грибами в баллах		Характеристика по ГОСТ
	Метод 1	Метод 3	
Известняк	2	5	Грибостоек
Кирпичная пыль	4	5	Негрибостоек
Порошок стекла	2	5	Грибостоек
Керамзитовый порошок	2	5	Грибостоек
Глина	3	5	Негрибостоек
Шлак	2	5	Грибостоек
Гипс	1	5	Грибостоек

Таблица 3
**Результаты исследования грибостойкости
компонентов связующих на основе боя стекла**

Наименование материала	Степень обрастания грибами в баллах		Характеристика по ГОСТ
	Метод 1	Метод 3	
Стеклощелочное связующее: 1) с молотым кирпичом	0	0	Фунгициден
2) с молотой глиной	0	3	Грибостоек
3) с молотым керамзитом без добавки	0	0	Фунгициден
с добавкой: а) шестиводного хлорида алюминия	0	3	Грибостоек
б) алюмината натрия	0	0	Фунгициден
в) ацетона	0	0	Фунгициден

Исследование биологического сопротивления связующих на основе боя стекла осуществлялось в соответствии с ГОСТ 9.049-91.

Результаты исследований степени обрастания грибами компонентов, входящих в

состав связующих и непосредственно самих отвержденных композиций, приведены в табл. 2 и 3.

Как показывают результаты исследований, компоненты связующих не обладают

фунгицидными свойствами, однако известняк, молотое стекло, молотый керамзит, полуводный гипс являются грибостойкими. За счет того, что затворение композиций осуществляется щелочным раствором, водородный показатель среды возрастает до значений, неблагоприятных для роста и размножения микроорганизмов, что значительно повышает их биологическое сопротивление. Как видно из табл. 2, большинство исследованных составов обладает фунгицидными свойствами. Наиболее ярко они выражены у состава с добавкой ацетона (радиус зоны ингибирования роста грибов 12 мм).

Выводы:

1. Показана возможность использования боя стекла для получения безавтоклавных строительных композитов.
2. Исследованы процессы структурообра-

зования строительных материалов на основе стеклощелочного связующего.

3. Разработана технология получения и исследованы физико-технические свойства строительных материалов различного назначения на основе стеклощелочного связующего.

4. Получены количественные зависимости изменения коэффициента стойкости связующих на основе боя стекла в воде, в водных растворах кислот и щелочей.

5. Выявлено, что значительное влияние на показатели стойкости оказывает способ отверждения. При этом лучшие показатели характерны для составов, отвержденных в условиях термовлажностной обработки.

6. Подобраны модифицирующие добавки, позволяющие повысить стойкость связующих в воде в водных растворах кислот и в условиях воздействия микроорганизмов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Бадовска Г.** Антикоррозионная защита зданий / Г. Бадовска, В. Данилецкий, М. Мончинский ; пер. с польск. — М. : Стройиздат, 1978. — 308 с.
2. **Вербецкий Г. П.** Прочность и долговечность бетона в водной среде / Г. П. Вербецкий. — М. : Стройиздат, 1976. — 128 с.
3. **Ерофеев В. Т.** Строительные композиты на основе техногенных отходов / В. Т. Ерофеев, А. Д. Богатов // Вестник отделения строительных наук РААСН. — 1999. — Вып. 2. — С. 142—150.
4. Жаростойкие бетоны на основе композиций из природных и техногенных стекол / Ю. П. Горлов, А. П. Меркин, М. И. Зейфман, Б. Д. Тотурбиев. — М. : Стройиздат, 1986. — 144 с.
5. **Каневская И. Г.** Биологическое повреждение промышленных материалов / И. Г. Каневская. — Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1984. — 230 с.
6. **Меркин А. П.** Бетоны и изделия на основе кислых вулканических стекол / А. П. Меркин, М. И. Зейфман // Шлакощелочные цементы, бетоны и конструкции : тез. докл. Всесоюз. науч. конф. — Киев, 1979. — С. 15—16.
7. **Подвальный А. М.** Разрушение нагруженного бетона в коррозионной среде / А. М. Подвальный // Защита строительных конструкций промышленных зданий от коррозии. — М. : Стройиздат, 1973.
8. **Соломатов В. И.** Цементные композиты, наполненные стеклобоями / В. И. Соломатов, В. Т. Ерофеев, Е. А. Митина // Изв. вузов. Стр.-во. — 1997. — № 9. — С. 72—76.
9. **Соломатов В. И.** Технология изготовления бетонов на основе техногенных отходов / В. И. Соломатов, В. Т. Ерофеев, А. Д. Богатов // Збірник наукових праць. Друга Всеукраїнська науково-технічна конференція «Науково-практичні проблеми сучасного залізобетону». — Київ, 1999. — С. 381—382.
10. **Туркова З. А.** Микрофлора материалов на минеральной основе и вероятные механизмы их разрушения / З. А. Туркова // Микология и фитопатология. — 1974. — Т. 8, вып. 3. — С. 219—226.
11. **Цилосани З. Н.** Усадка и ползучесть бетона / З. Н. Цилосани. — Тбилиси : Изд. АН ГрузССР, 1963.

Поступила 16.09.08.