

*На правах рукописи*

**ДЖУМАЕВ Джамшед Сатторович**

**ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНО-  
ВЯЖУЩЕЙ КОМПОЗИЦИЙ ИЗ МЕСТНОГО  
СЫРЬЯ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН**

**05.23.05** – Строительные материалы и изделия

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Душанбе – 2012 г.

Работа выполнена на кафедре «Производство строительных материалов, технология и организация строительства» Таджикского технического университета имени академика М.С.Осими Министерства образования Республики Таджикистан и в отделе «Инновационные технологии и научно-образовательные исследования» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Академии наук Республики Таджикистан

**Научный руководитель:** кандидат технических наук, доцент  
**Ходжамуродов Сафар Кавракович**

**Официальные  
оппоненты:** доктор технических наук, профессор  
\_\_\_\_\_

кандидат технических наук  
\_\_\_\_\_

**Ведущая организация:** \_\_\_\_\_

Защита диссертации состоится «\_\_\_» «\_\_\_\_\_» 20\_\_ года в \_\_\_\_\_ часов на заседании диссертационного совета Д.05.12.006 при Кыргызском государственном университете строительства и транспорта (КГУСТА) им. Н.Исанова и Кыргызском Российско-славянском университете (КРСУ) им. Б.Н.Ельцина по адресу: \_\_\_\_\_.

E-mail: \_\_\_\_\_

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Кыргызского государственного университета строительства и транспорта (КГУСТА)

Автореферат разослан «\_\_\_» «\_\_\_\_\_» 20\_\_ года.

**Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат технических наук, доцент**

**Ильченко Л.В.**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** В настоящее время, в связи с возрастающими темпами строительства в Республике Таджикистан, важнейшей задачей строительного производства становится не только наращивание объема производимых материалов, но и повышение эффективности создаваемых материалов и расширение их ассортимента. Наряду с этим, из-за сокращения невозполняемых природных ресурсов, используемых в производстве различных синтетических строительных материалов, необходим поиск новых источников сырья. Перспективными источниками сырья в этом плане могут быть целлюлозосодержащие отходы органической природы, образующиеся после уборки сельскохозяйственного производства. Это определяет актуальность темы исследования.

Одним из путей рационального использования сельскохозяйственных отходов является применение их в качестве теплоизоляционного и теплоизоляционно-конструкционного строительного материала; в большинстве случаев это касается малоэтажного и, особенно, сельского строительства. При этом в качестве связующих можно использовать минеральные и органические вяжущие вещества.

В проведенных ранее исследованиях по данной проблеме, в основном, решены задачи получения подобных материалов. Однако, в настоящее время в необходимом объеме отсутствуют исследования физико-химических, физико-технических, в т.ч. и гигротехнических свойств сельскохозяйственных отходов, особенно стеблей хлопчатника (гуза-паи) и материалов на их основе, и крайне мало изучены эксплуатационно-технические свойства конструкций с использованием этих материалов, что затрудняет прогнозирование долговременной сохранности и, соответственно, обеспечение теплового комфорта жилых домов в резкоконтинентальных климатических условиях Республики Таджикистан.

В связи с этим, в диссертационной работе рассмотрена с единых теоретических позиций и экспериментально подтверждена целесообразность получения и применения арболитовых материалов на основе гуза-паи и местного минерального сырья.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с: «Концепцией развития топливно-энергетического комплекса Республики Таджикистан на период 2003-2015 годы», утвержденной Постановлением Правительства Республики Таджикистан №318 от 03 августа 2002 года; «Стратегией Республики Таджикистан в области науки и технологий на 2011-2015 годы», утвержденной Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 3 марта 2011 года, №114.

**Цель работы** заключается в разработке технологических основ получения арболитовых материалов на основе гуза-паи путем физико-химических исследований процессов их структурообразования.

Поставленная цель исследований достигается решением следующих **задач**:

- анализ особенностей климата Таджикистана и условий, вызывающих перегрев помещений в летний период и изучение конструкций стен на основе местных материалов, применяемых в малоэтажном строительстве;
- определение физико-химических и физико-технических свойств растительного сырья – гуза-паи рыхлой структуры;
- экспериментальные исследования физико-химических и физико-технических свойств арболитовых материалов на основе гуза-паи;
- проведение рентгенофазового анализа твердения композиционной смеси на основе гуза-паи и минерального сырья;
- выяснение физико-химических механизмов структурообразования арболитовых материалов на основе гуза-паи;
- проведение технико-экономического анализа конструкций наружных стен с использованием теплоизоляции из арболита на основе гуза-паи.

**Научная новизна работы** заключается в следующем:

- на основе исследований физико-химических процессов гидратации арболита, выяснены механизмы его структурообразования и научно обоснована возможность его получения из гуза-паи и безобжиговых вяжущих;
- установлены основные закономерности процессов структурообразования арболитовых материалов на основе минерального сырья и гуза-паи в зависимости от структурно-механических факторов с учетом особенностей их строения и химического состава;
- на основе комплекса экспериментально-теоретических исследований и технико-экономического анализа для условий Республики Таджикистан обоснована целесообразность замены однослойных керамзитобетонных панелей на панели с утеплителем из арболита на основе гуза-паи.

**Практическая ценность работы:**

- разработан технологический процесс получения арболитовых материалов на основе гуза-паи, позволяющий прогнозировать качество нового материала при различных изменениях его физико-химических и физико-технических свойств, а также технологических факторов производства;
- получены экспериментальные значения физико-технических свойств органически рыхлых и органически связанных материалов на основе гуза-паи, которые пополняют банк данных физико-технических свойств материалов;
- для условий Республики Таджикистан обоснована целесообразность замены однослойных керамзитобетонных панелей на панели с утеплителем из арболита на основе гуза-паи; экономический эффект на 1 м<sup>2</sup> глухой части панели составил 3,70 у.е.

**Результаты исследований апробированы и внедрены:**

- в ООО «Самт-2» (ЖБК-2) Госкомитета по строительству и архитектуры Республики Таджикистан – при производстве теплоизоляционных и теплоизоляционно-конструкционных строительных материалов.

- в Таджикском НИИ проблем архитектуры и градостроительства – в нормативных документах как справочные материалы.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- результаты экспериментальных исследований физико-химических и физико-технических свойств гуза-паи рыхлой структуры и других сельскохозяйственных отходов, а также строительных материалов на их основе;
- результаты рентгенофазового анализа процесса кристаллизации арболита в различные сроки его гидратации и твердения в воде и в присутствии водорастворимых веществ;
- технология получения арболита на основе гуза-паи;
- технико-экономическое обоснование применения панелей с использованием теплоизоляции из арболита на основе гуза-паи для наружных стен малоэтажных жилых зданий Республики Таджикистан.

**Достоверность результатов исследований** подтверждена: необходимым объемом и повторяемостью экспериментальных данных, полученных в лабораторных и натуральных условиях; расчетными данными, полученными на персональном компьютере (ПК); идентичностью результатов теоретических и экспериментальных исследований с помощью лабораторного оборудования и расчетных данных на ПК.

**Апробация работы:**

Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на: I-ой Международной научно-практической конференции (НПК) «Научно-технический прогресс и развитие инженерной мысли в XXI веке» (г.Худжанд, Худжандский филиал ТТУ им. академика М.С.Осими, 2007 г.); II Республиканской НПК «Из недр земли до горных вершин» (г.Чкаловск, 2008 г.); Республиканской НПК «Строительное образование на современном этапе». (г.Душанбе, 2009 г.); Республиканской НПК «Современные проблемы химии, химической технологии и металлургии» (г.Душанбе, 2009 г.); 15-Internationale Baustofftagung (International Conference on Building Materials) (Weimar, 2009); Республиканской НПК «Прогрессивные методы производства», посв. 35-летию кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ТТУ им. акад. М.С.Осими. (Душанбе, 2009 г.); Республиканской НПК «Горные, геологические и экологические аспекты развития горнорудной промышленности в XXI веке», посв. 100-летию акад. АН РТ С.М.Юсуповой (Душанбе, 2010 г.); Республиканской НПК «Наука и строительное образование на современном этапе», посв. 20-летию независимости Республики Таджикистан и 55-летию Таджикского технического университета (ТТУ) им. акад. М.С.Осими (Душанбе, 2011 г.); Республиканской НПК «Современные проблемы химии, химической технологии и металлургии», посв. 20-летию независимости Республики Таджикистан и 55-летию ТТУ им. акад. М.С.Осими (Душанбе, 2011 г.); Республиканской НПК «Наука и энергетическое образование на современном этапе» (Курган-тюбе, 2011, 2012 гг.).

**Публикации.** По исследуемой теме опубликовано 14 научных статей, 2 из которых напечатаны в изданиях, рекомендованных ВАК Российской Федерации.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, основных результатов и выводов, списка использованной литературы из 106 наименований на русском и иностранных языках и 5 приложений. Общий объем диссертационной работы состоит из 148 страниц компьютерного набора. Основной текст диссертации изложен на 133 страницах, включая 15 рисунков, 2 схемы и 31 таблицу.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Глава 1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕСТНОГО МИНЕРАЛЬНОГО И РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

В этой главе рассмотрены: требования к материалам наружных стен для климатических условий Республики Таджикистан; сырьевые минеральные материалы в составе материалов для наружных стен зданий; сельскохозяйственные отходы и пути их рационального использования в производстве арболитовых строительных материалов; объекты исследования.

Если учесть тот факт, что две трети сельскохозяйственных отходов Республики Таджикистан используются местным населением в качестве топлива, то оставшаяся их часть с огромными запасами минерального строительного сырья в стране, в количестве 123 месторождений (из них 119 с утвержденными запасами) могут служить базой для производства композиционных материалов на основе растительно-вяжущей композиции (РВК).

На основе проведенного анализа имеющихся литературных данных о физико-химических и физико-технических свойствах материалов на основе РВК обосновано основное направление исследований. Здесь же приведены и объекты исследования.

### **Глава 2. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНО-ВЯЖУЩЕЙ КОМПОЗИЦИЙ**

#### **2.1. Специфические особенности целлюлозосодержащих наполнителей и их влияние на структурообразование растительно-вяжущей композиции (РВК)**

Целлюлозосодержащие наполнители растительного происхождения, наряду с присущими им ценными свойствами (малая средняя плотность, недефицитность, хорошая смачиваемость, легкость обработки), из-за специфических особенностей затрудняют получение материала высокой прочности.

К специфическим особенностям целлюлозосодержащих наполнителей, отрицательно влияющим на процессы структурообразования, прочность и стойкость РВК к влагопеременным воздействиям, а также на технологические

процессы производства, относятся: повышенная химическая активность; значительная степень объемных влажностных деформаций (усушка, разбухание) и развитие давления набухания; сравнительно высокие проницаемость и проводимость; наличие упругопластических свойств; низкая адгезия по отношению к цементному камню; резко выраженная анизотропия (ортотропность); значительная упругость при уплотнении смеси.

## 2.2. Химический состав и химическая агрессивность растительного заполнителя по отношению к минеральному сырью

Для гуза-пай, в основном характерна более равномерная складчатая структура, что подтверждает сходство гуза-пай и древесины по строению и химическому составу. Химический состав различных морфологических частей стебля дается по содержанию компонентов (табл. 1).

Сравнение химического состава стеблей хлопчатника с составом древесного сырья, в частности отходов лесопиления, показывает, что содержание целлюлозы в стеблях хлопчатника несколько ниже, чем в обычной древесине, однако общее содержание углеводов примерно одинаково. Это обусловлено высоким содержанием гемицеллюлозы, в частности, пентозанов, и пониженным содержанием лигнина в стеблях хлопчатника. Содержание веществ, экстрагируемых раствором щелочи, в стеблях хлопчатника больше, чем в древесине. При таком экстрагировании в раствор переходят крахмал, пектины, неорганические соли, некоторые полисахариды, циклические спирты, красители, танины, а также часть гемицеллюлозы, уроновые кислоты и низкомолекулярные фракции целлюлозы.

Таблица 1

Химический состав морфологических частей стеблей хлопчатника

Составные части сырья	Содержание компонентов, % массы сухого сырья								
	Зольные вещества	Вещества, экстрагируемые с этиловым спиртом	Вещества, экстрагируемые с водой	Вещества, экстрагируемые в 1% растворе NaOH	Легко гидролизуемые полисахариды	Общий выход РВ при гидролизе	Целлюлоза	Лигнин	Пентозаны
Древесная часть	2,78	4,11	9,05	33,6	22,35	68,95	42,86	20,98	27,49
Кора и луб	7,39	3,86	17,92	23,7	18,92	60,80	32,24	25,60	15,98
Коробочки	5,71	4,05	26,05	50,7	17,67	60,20	32,76	23,44	19,14
Общая масса	4,28	4,08	14,29	33,07	20,65	65,20	38,72	22,38	25,53

Проведенные исследования показали, что гуза-пая содержит легкогидролизуемые и экстрактивные вещества – «цементные яды», вредные для цемента, которые замедляют набор прочности испытуемых образцов. Поэтому следует нейтрализовать это вредное влияние. Было выявлено, что «цементные яды», состоящие в основном из углеводных групп  $\text{НСОН}$ , осаждаясь на поверхности частичек минералов цемента  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  (трехкальциевый силикат) и  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$  (трехкальциевый алюминат), образуют тончащие оболочки, которые изолируют частицы цемента от воды, замедляют ход процесса гидратации цемента.

Проведенные нами исследования показали, что при удалении легкогидролизуемых веществ из заполнителя на основе растительного сырья прочность арболита удастся увеличить на 8-12%. Следовательно, наличие таких веществ в заполнителе можно рассматривать лишь как один из его недостатков.

### **2.3. Физико-химические закономерности структурообразования материалов на основе РВК**

Эффективность разработки получения строительных материалов с применением целлюлозосодержащих отходов растительного происхождения зависит от выявленных способов перевода их в более реакционноспособные производные. Обоснована необходимость использования химических окислительных и гидролитических процессов для получения вяжущих и модификаторов бетонов на основе лигнинной части сельскохозяйственных отходов, в частности, лигносульфонатов (ЛС).

Предлагая окислительное модифицирование ЛС, отметим, что вещества-окислители должны отвечать следующим требованиям: а) быть недорогими и недефицитными; б) иметь обширную сырьевую базу; в) продукты превращения самих окислителей должны быть экологически безопасными веществами.

Известные способы эффективной химической активации ЛС кислородом связаны с высокими значениями давления и температуры, что затрудняет их практическое использование. Таким образом, наиболее приемлемыми окислителями молекул лигносульфонатов являются пероксид водорода, озон и некоторые гидропероксиды.

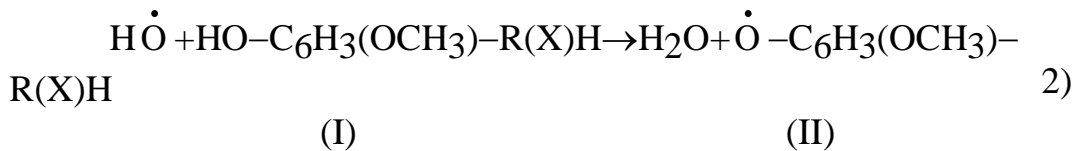
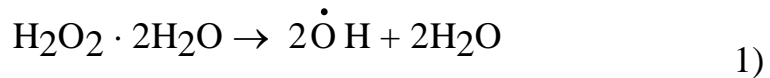
Независимо от природы указанных веществ, окисление органических полимеров в основном протекает по свободнорадикальному механизму и этот процесс не является строго избирательным. В водном растворе окисление ЛС пероксидом водорода будет протекать преимущественно по радикально-цепному механизму с участием фенольных гидроксидов и боковых групп (схема 1).

Таким образом, можно предположить, что окисление пероксидом водорода позволит значительно повысить реакционную способность молекул ЛС при малых энергетических затратах. При этом продуктами превращения самого  $\text{H}_2\text{O}_2$  являются экологически безопасные вещества:  $\text{O}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .

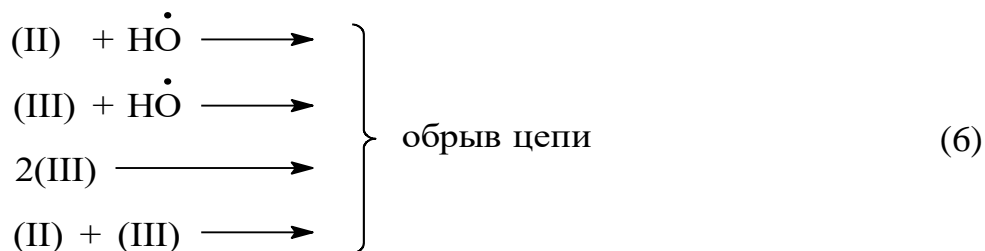
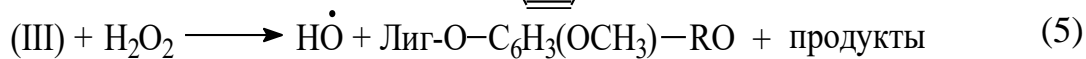
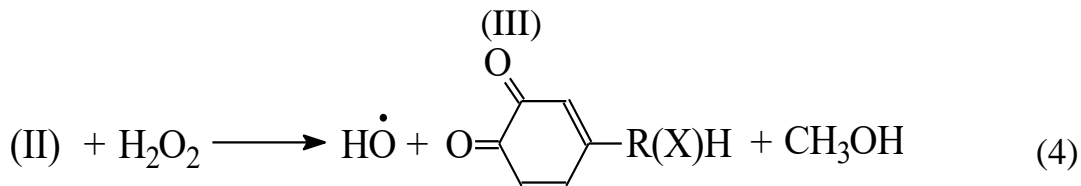
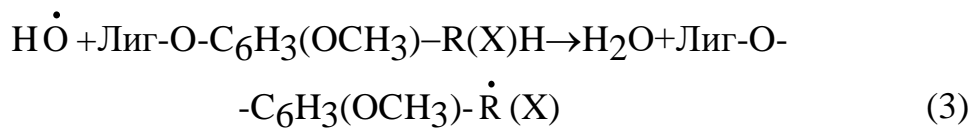


В результате химической окислительной деструкции значительно повышается реакционная способность ЛС благодаря увеличению содержания таких функциональных групп, как гидроксильные, альдегидные, карбонильные, а также образованию новых реакционноспособных фрагментов. Указанные изменения в макромолекулах ЛС повысит как их связующие, так и поверхностно-активные свойства. Поскольку эти свойства ЛС возрастают с увеличением средней молекулярной массы, то окислительная деструкция должна быть неглубокой, т.е. без разрушения молекулярного каркаса ЛС.

### СХЕМА 1



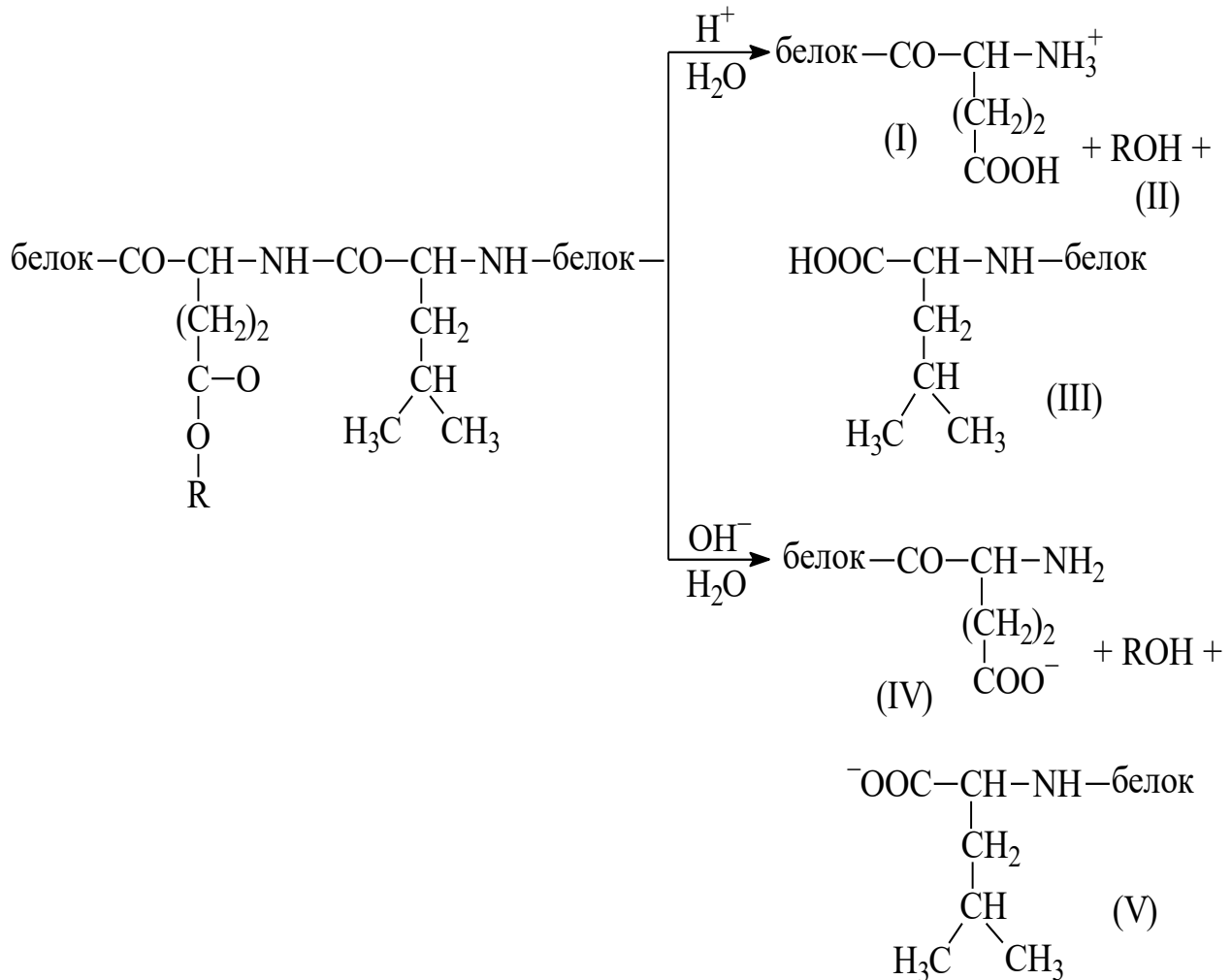
где – R(X)H – пропановое звено с сульфогруппой (X) и другими заместителями.



Другим, более предпочтительным путём переработки отходов растительного сырья в эффективные материалы для строительного производства является гидролитическая деструкция. Следует отметить, что одна из основных ценностей этих отходов определяется, прежде всего, содержанием в них белковых веществ.

В зависимости от условий гидролиза белки могут распадаться как на отдельные полипептидные фрагменты, так и на составляющие аминокислоты. В относительно мягких условиях гидролиз белков будет протекать в основном с образованием полипептидных фрагментов и частично – аминокислот. Гидролиз фрагмента белка, образованного, например, глутаминовой кислотой и лейцином, в присутствии кислоты или щелочи можно представить в виде следующей схемы 2.

СХЕМА 2



Как следует из этой схемы, независимо от природы катализатора, в результате гидролиза будут образовываться растворы амфолитных ПАВ. После нейтрализации использованного катализатора, полученные растворы ПАВ можно применять для модифицирования цементных растворов и бетонов. При этом можно ожидать, что продукты гидролиза, имеющие концевые карбоксильные группы (соединение III) в цементсодержащих растворах будут химически взаимодействовать как с продуктами гидратации цемента (в основном с гидроксидом кальция), так и с гидратированной поверхностью цементных частиц, тем самым, оказывая значительное влияние как на вязкость раствора, так и на процессы структурообразования.

При щелочном гидролизе белков преимущественно будут образовываться растворы анионоактивных поверхностно-активных веществ (ПАВ) (соединение V), у которых преобладают воздухововлекающие и пенообразующие свойства. Таким образом, меняя природу катализатора реакции гидролиза можно, в определенной степени, управлять свойствами получаемых ПАВ.

Из вышеизложенного следует, что с помощью процессов химической (окислительной и гидролитической) деструкции представляется возможным значительно повысить как реакционную способность, так и потребительские свойства химической переработки отходов растительного сырья.

Выполнение вышеуказанных условий позволит получить из биоактивированных частиц материалы на основе растительного сырья без применения вяжущих, а из биоактивированных лигнинов, в частности ЛС – вяжущие вещества.

Свойства материалов в значительной степени определяются его составом и поровой структурой. Поэтому для получения материалов с заданными свойствами важно иметь четкое представление о процессах формирования структуры и возникающих новообразованиях, что изучается на макро- и молекулярно-ионном уровне.

К исследуемым вяжущим материалам относятся цемент, лессовый суглинок и гипс. Что касается лессового суглинка и гипса, то их рентгенофазовые анализы проведены довольно подробно и известны в научной литературе. Поэтому, в основном объектами нашего исследования являются цементы, выпускаемые на Душанбинском заводе. В табл. 2 даны составы и активность цементов, использованных в данном исследовании.

Таблица 2

Активность и минералогический состав цементов

Наименование цемента	Марка цемента, МПа	Минералогический состав, мас. %			
		C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> FA
Обычный Душанбинский	40,0	55,0	22,0	8,0	13,0
Сульфатостойкий Душанбинский	40,0	50,0	25,0	5,0	18,0
Низкоалюминатный	40,0	47,0	29,0	3,8	17,2
Среднеалюминатный	40,0	61,0	17,0	6,1	14,0
Высокоалюминатный	30,0	36,4	32,0	14,2	14,0
Ахангаранский	50,0	63,0	15,0	4,7	13,1

Чтобы показать эффективность влияния добавок – модификаторов на свойства бетонов, изучена коррозионностойкость цементного камня в основном с использованием цементов М400.

На рентгенограмме фазового структурного анализа обычного негидратированного цемента присутствуют линии, относящиеся к фазам  $C_3S$  ( $3CaO \cdot SiO_2$ ),  $C_2S$  ( $2CaO \cdot SiO_2$ ),  $C_4AF$  ( $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot F_2O_3$ ). Обнаруживаются также линии слабой интенсивности этtringита ( $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaSO_4 \cdot (32-34)H_2O$ ) ( $d = 3,474$ ;  $3,662$ ;  $5,608 \text{ \AA}$ ) в составе цемента.

Для модифицирования свойств цементов и цементсодержащих композиций использован и щелочной экстракт стеблей хлопчатника (ЩЭСХ). Влияние добавок на свойства строительных растворов и бетонов определялось изучением изменений их реологических характеристик, таких как: подвижность и жесткость, определяющие формирующую способность смесей; сохраняемость подвижности жесткости смеси по времени; водовыделение смеси и седиментационное осаждение частиц; воздухововлечение смеси при перемешивании.

Прочность цементного камня определялась при испытании бетонных образцов размером  $15 \times 15 \times 15$  см и  $10 \times 10 \times 10$  см, отвердевших в соответствующих условиях. Для ускорения процесса твердения цементного камня некоторые образцы подвергали тепловлажной обработке (ТВО) при температурах  $(80 \pm 5)^\circ C$ . Прочность образцов испытывалась после 1, 3, 7, 14, 28, 90, 180, 360 и 720 сут. их твердения. Эффективность влияния добавок на повышение прочности цементсодержащих композиций подтверждена результатами как лабораторных, так и промышленных испытаний. Методика определения прочности бетона соответствовала требованиям ГОСТ 18105-86.

Деформативные качества цементного камня оценивались по значениям коэффициента призмной прочности ( $K_n$ ) и модуля упругости ( $E$ , МПа) бетона. Они определялись испытанием образцов размером  $10 \times 10 \times 40$  см после их твердения в течение 28 суток в нормальных условиях по стандартному методу, предусмотренному ГОСТ 24452-80.

Коррозионностойкость цементного камня определялась на образцах размером  $4 \times 4 \times 16$  см строительного раствора и  $10 \times 10 \times 10$  см бетона путем длительного воздействия искусственно созданных агрессивных растворов разных составов. Образцы перед погружением в агрессивные растворы в течение 28 суток твердели в нормальных условиях.

Длительность воздействия агрессивных растворов на образцы бетона и строительного раствора продолжалась до 360 суток. Эквивалентные образцы цементного камня, для сравнения, твердели в нормальных условиях.

Химические и структурно-фазовые анализы корродирования цементного камня проводились как для наружного слоя образца, так и для его внутренних слоев на определенных расстояниях от внешней поверхности.

При изучении механизмов твердения образцов и их разрушения в агрессивных средах использовали комплекс физико-химических методов, принятых в современных исследованиях: рентгенофазовый, дифференциально-термографический и химический анализы. Расшифровка рентгенограмм осуществлялась по известным в научной литературе методам. Проводился полный химический анализ состава цементного камня, цемента, арболита.

Для изучения влияния водорастворимых веществ гуза-паи на структурообразование портландцемента (гидратацию, в том числе и составляющих минералов) и его прочность были использованы водные вытяжки из ее дробленки 15-минутного 3- и 24-часового настаивания.

Исследования показали, что начиная с одних суток твердения и до 6 месяцев, водорастворимые вещества снижают прочность цементного камня при твердении его в воздушно-сухих условиях. Причины снижения прочности и влияние водорастворимых веществ на компоненты, составляющие портландцемент, исследовались с использованием электронно-микроскопических, рентгеноструктурных и дифференциально-термических анализов.

Были проведены физико-химические исследования с минералом, затворенным дистиллированной водой, и приготовленным на ней фильтратом водорастворимых веществ гуза-паи 15-минутного замачивания. Полученные электронно-микроскопические снимки процесса кристаллизации  $C_3A$  ( $3CaO \cdot Al_2O_3$ ) в воде и в присутствии водорастворимых веществ в течение 7 суток свидетельствовали о том, что при гидратации в первые 30 мин в обоих случаях образуются кристаллы в виде прозрачных пластин гексагональной формы с четкими гранями, формирующие агрегаты с признаками сдвигов по плоскости, и кристаллы округлой формы. Через 1 час гидратации трехкальциевого алюмината в воде наблюдается рост и утолщение кристаллов гексагональной формы, а уже через сутки и далее образуется гидроалюминат  $C_3AH_6$  ( $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ ), кристаллизующийся в виде октаэдров, сцепленных по граням. В результате адсорбции водорастворимых веществ через 1 час гидратации  $C_3A$  ( $3CaO \cdot Al_2O_3$ ) нарушается четкость граней гексагональных пластин, что затрудняет определение формы кристаллов и состава гидратных новообразований.

С целью изучения новообразований и их фазовых превращений в присутствии водорастворимых веществ проводился рентгенофазовый анализ процесса гидратации трехкальциевого алюмината, твердевшего в течение 3 месяцев. Он показал, что в отличие от продуктов гидратации минерала в воде, негидратированный  $C_3A$  ( $3CaO \cdot Al_2O_3$ ) (4,30; 4,14; 3,03; 2,74; 2,23; 1,94; 1,58Å) и гидроалюминат состава  $C_3AH_6$  ( $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ ) (4,52; 3,41; 3,20; 2,86; 2,50; 2,08; 1,77; 1,70Å) – в присутствии водорастворимых веществ дополнительно имеется значительное количество гидроалюмината  $C_3AH_8$  ( $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 4H_2O$ ) (3,62; 2,90; 2,60; 2,50; 2,10; 1,66Å) и вероятно  $C_3AH_n$  ( $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 0,5nH_2O$ ).

Наличие неустойчивых гидроалюминатов, состоящих из кристаллов гексагональной метастабильной формы, создает предпосылки для перекристаллизации их в стабильную кубическую форму в условиях уже сформировавшейся кристаллизационной структуры, что приводит к необратимому ослаблению структурной прочности.

Дифференциально-термический анализ (ДТА) исследуемых образцов проводился на пирометре Курнакова ПК-55 с платино-платинородиевой термопарой. Эталоном веществом служила прокаленная окись алюминия, которая в

исследуемом интервале температур не имеет фазовых превращений. Для получения необходимых температур при записи на ПК-55 использовалась электрическая печь сопротивления. Скорость нагрева составляла 8-10°С/мин. Точность измерения температуры составляла  $\pm 5^\circ\text{C}$ .

ДТА твердых фаз гидратированного трехкальциевого алюмината показал, что уже в начальные сроки гидратации (через 15 мин) в присутствии водорастворимых веществ, так же как и при гидратации в чистой воде, образуются гидроалюминаты  $\text{C}_3\text{AH}_6$  ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) кубической модификации. Об этом свидетельствуют эндоэффекты при  $330^\circ\text{C}$  и  $510^\circ\text{C}$  (рис. 1).

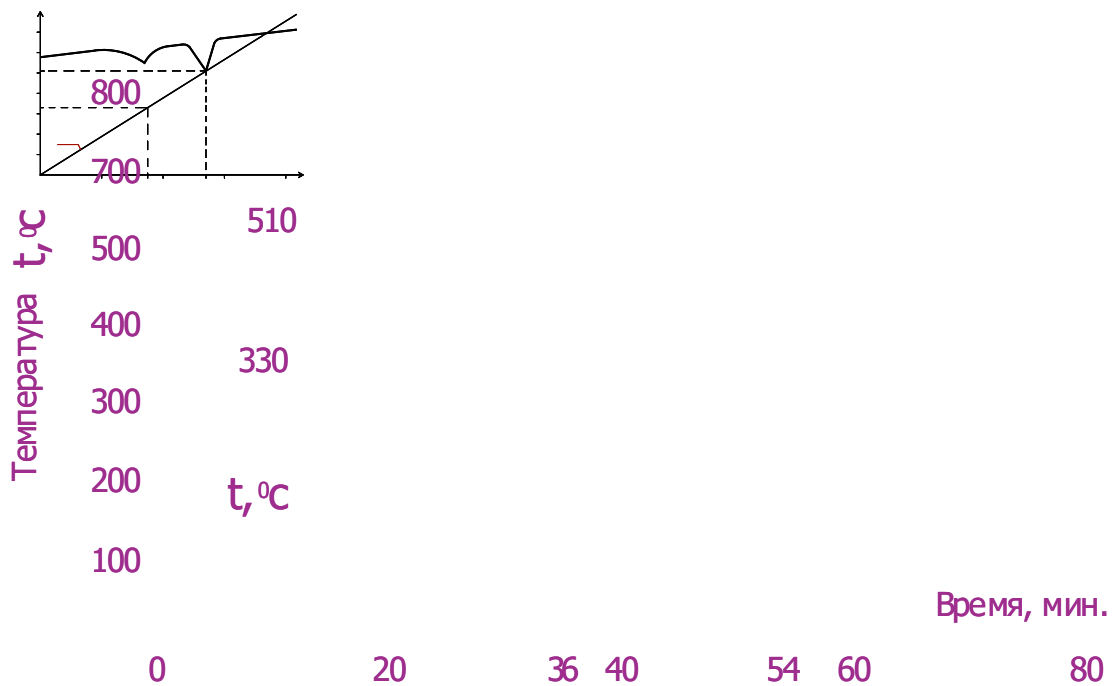


Рис. 1. Термограмма гидроалюмината  $\text{C}_3\text{AH}_6$  ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ).

Отсутствие гидроалюминатов  $\text{C}_3\text{AH}_6$  ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) на рентгенограммах в ранние сроки гидратации свидетельствует о тонкодисперсном состоянии микрокристаллов новообразований, не улавливаемых при рентгенофазовом анализе. Исследования подтвердили, что одной из причин снижения прочности цементного камня в арболите является замедление фазовых превращений гидроалюминатов в стабильную модификацию в результате адсорбционного модифицирования водорастворимых веществ гуза-паи.

#### 2.4. Взаимосвязь химического свойства и фракционного состава растительного заполнителя при твердении арболита

При вылеживании гуза-паи в результате биологического и климатического воздействия содержание в ней водорастворимых веществ уменьшается (табл. 3).

Кинетика изменения химического состава стеблей хлопчатника, (%)

Дата изъятия пробы	Влага	Химический состав				
		Легкогидролизруемые вещества	Трудногидролизруемые вещества	Растворимые в воде продукты	Лигнин	Зольность
Ноябрь	65,12	15,71	31,9	12,0	30,0	6,5
Март	24,11	17,00	34,3	9,9	31,2	6,4
Июль	9,24	17,10	34,8	2,8	32,4	-

В процессе хранения гуза-паи, происходит ферментативный гидролиз полисахаридов растительной клетки и в результате они переходят в водорастворимое состояние. Ввиду того, что гуза-паи могут быть заготовлены один раз в год, процесс длительного вылеживания является неотъемлемой частью облагораживания заполнителей. Определено, что с увеличением размеров частиц заполнителя из гуза-паи средняя плотность и прочностные характеристики арболита имеют тенденцию к уменьшению. Поэтому при дальнейших исследованиях была использована гуза-пая фракции до 30 мм.

Исследования показали, что предварительная обработка растительного материала с целью удаления легкогидролизруемых и водорастворимых веществ улучшает качество арболитового материала на их основе. Кроме того, исследования показали, что с возрастанием размеров частиц гуза-паи, средняя плотность и прочность арболита уменьшается.

## **2.5. Адгезия заполнителя растительного происхождения с цементным камнем**

Проблема адгезии заполнителя растительного происхождения с цементным камнем заключается в необходимости обеспечения совместной работы его составляющих. При тепловой обработке и применении насыщенной водой арматуры возникает опасность нарушения сцепления между бетоном и растительным сырьем из-за усушки последнего и образования вокруг него сквозного зазора.

Прочность сцепления арболита на гуза-пае с металлической арматурой составляет 0,08-0,35 МПа, в зависимости от класса арболита, профиля стержней (гладкий, периодический) и защитной обмазки; сцепление фактурного слоя из цементно-песчаного раствора 1:3 (цемент:песок) с арболитом - 1,43-1,55 МПа.

## **2.6. Технологическая схема выделения экстрактивных веществ гуза-паи**

В работе приведена технологическая схема получения щелочного экстракта стеблей хлопчатника (ЩЭСХ). Гуза-пая измельчается в дробилке до фракции меньше 5 мм и подается в реактор, куда через дозатор поступает рас-

твор щелочи NaOH. В реакторе при температуре 100-105°C происходит обработка стеблей для экстрагирования компонентов их состава раствором NaOH. Раствор экстрактивных веществ гуза-пай после охлаждения в холодильнике собирается в емкость. После отделения экстрагируемых веществ волокнистая масса гуза-пай собирается в емкость для дальнейшего использования в качестве армирующего компонента цементсодержащих смесей.

Улучшение деформативных параметров бетонов с добавками ЩЭСХ происходит благодаря упрочняющему действию добавки на твердение цементного камня. ЩЭСХ снижает водопотребность цементов и значительно ускоряет скорость процессов структурообразования и гидратации, и тем самым повышает прочность цементсодержащих композиций.

## 2.7. Технологические особенности изготовления арболитовых материалов и конструкций с использованием гуза-пай

На основании результатов исследований разработана технологическая схема изготовления арболитовых изделий (рис. 2).

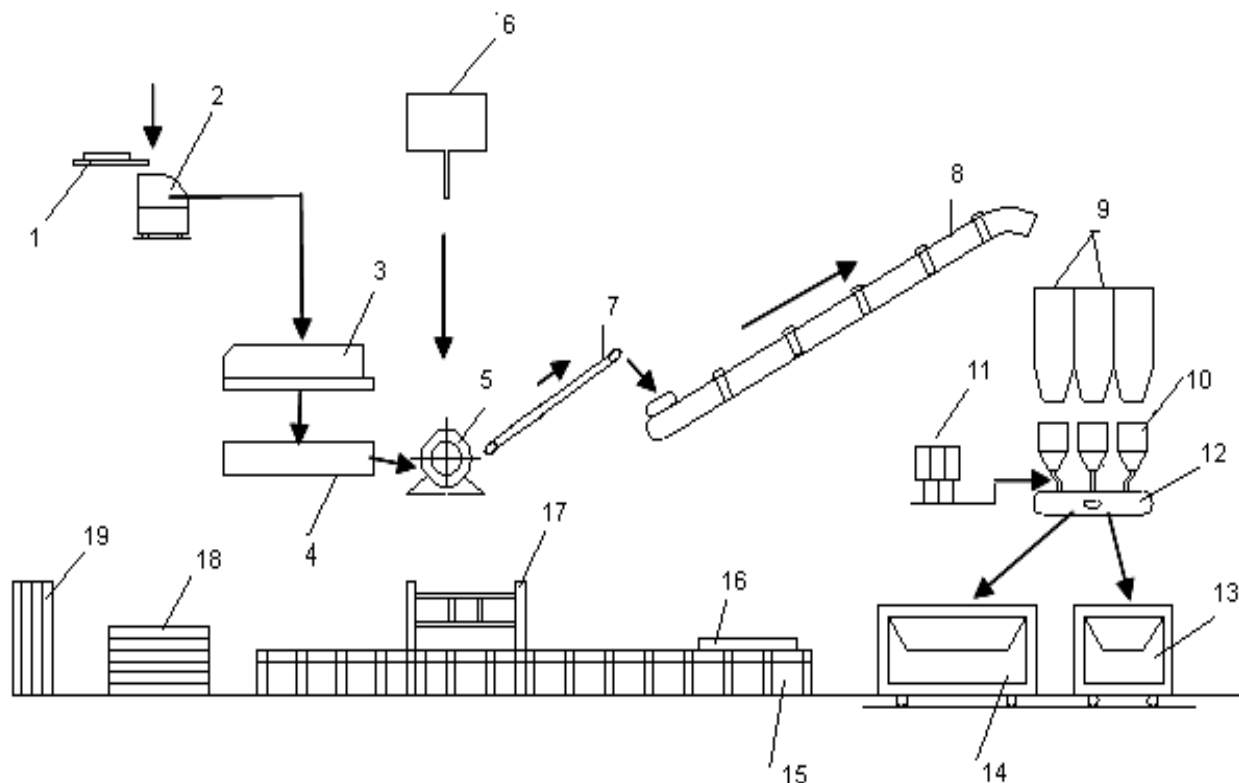


Рис. 2. Технологическая схема получения арболитовых изделий. 1 – ленточный транспортер; 2 – молотковая дробилка; 3 – вибросито; 4 – приемник; 5 – ковшовая мешалка; 6 – бак с водой; 7 – транспортер; 8 – элеватор; 9 – расходные бункера; 10 – дозаторы; 11 – бак с дозаторами для добавок; 12 – смеситель; 13 – укладчик фактурного слоя; 14 – укладчик арболитовой массы; 15 – рольганг; 16 – формы; 17 – пресс; 18 – участок выдержки; 19 – пост распалубливания и вырезания.

Со склада стебли хлопчатника ленточным транспортером 1 подаются на измельчение в молотковую дробилку 2, затем в наклонное вибросито 3 на рассев. Рабочая фракция стеблей через бункер с питателем 4 (приемник) поступает



в ковшовую мешалку 5, куда одновременно из бака 6 подается вода. Вымоченные в течение 15 мин стебли погружаются на конвейер с сетчатой лентой 7 (транспортер), через которую стекает вода. Рабочая фракция дробленных стеблей на вымачивание может быть подана в сетчатых контейнерах в ванну с водой, а затем тельфером транспортирована в бункер 9. Тогда из технологической линии исключаются агрегаты 5, 7 и 8.

Далее масса элеватором 8 подается в расходный бункер 9, затем через дозатор 11 в смеситель 12. Цемент механическим или пневматическим транспортом подается в расходный бункер 9, а затем через дозатор 11 – в смеситель 12. Сюда же из баков, оборудованных дозаторами 11, поступают водные растворы добавок минерализатора, заполнителя и ускорителя твердения цемента, а при необходимости и вода. Перемешанная арболитовая масса попадает в укладчик 14 и далее в форму 16, установленную на рольганге 15. Рольганг подает форму 16 в пресс 17, где крышка уплотняется до заданной толщины, фиксируемой специальным ограничителем, затем форма 16 транспортируется на участок выдержки 18, а далее - на пост распалубивания 19. Затем изделия вызревают до приобретения отпускной прочности.

### **Глава 3. ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АРБОЛИТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СТЕБЛЕЙ ХЛОПЧАТНИКА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ**

#### **3.1. Экспериментальные исследования механических и гигротехнических свойств материалов рыхлой структуры на основе растительного сырья**

Результаты исследований по изучению изменения влажности гуза-паи, хранившейся на воздухе в пакетированном состоянии в течение года, показали, что с увеличением срока хранения уменьшается ее весовая влажность и к 7-8 месяцам она достигает своего стабильного значения - 10-12%. Насыпная плотность гуза-паи (различных фракций измельчения при 12% влажности) составляла 180-382 кг/м<sup>3</sup>. Следует отметить, что при уменьшении размеров фракций измельченной гуза-паи ее насыпная плотность имеет тенденцию к увеличению.

Было установлено, что водопоглощение гуза-паи составляет около 67%. Исследования сорбции и десорбции гуза-паи, которая служила армирующим компонентом теплоизоляционно-конструкционного материала на основе опилок древесины и стеблей табака, показали, что равновесная влажность гуза-паи (при использовании специальных гидрофобных добавок для этого материала) при относительной влажности воздуха  $\varphi_{\text{в}}=97\%$  составляет 0,806%. Это дает возможность использовать обработанную гуза-паю для теплоизоляции наружных стен. Гуза-пая почти несжимаема (ее спрессовываемость составляет 96,0%) и имеет малую упругость (1,6%).

### 3.2. Экспериментальное исследование механических и гигротехнических свойств арболитовых материалов

Свойства исследуемых материалов в сухом состоянии определялись после высушивания образцов при температуре  $100\pm 5^\circ\text{C}$ . Для определения прочностных характеристик материала на основе гипса, армированного гуза-паей, изготавливались образцы размером  $40\times 40\times 160$  мм. Образцы высушивались до постоянного веса. Их испытывали сначала на изгиб на приборе МИИ-100, а затем половинки образцов – на сжатие с помощью стандартных пластинок площадью  $25\text{ см}^2$  на гидравлическом прессе. После чего были определены прочность при сжатии и прочность на изгиб.

#### 3.2.1. Механические свойства арболитовых материалов на основе гипсовых вяжущих

Результаты исследования механических свойств гипсо-гуза-паитового материала (ГГТМ) и уравнения регрессии, описывающие свойства исследуемых материалов приведены в табл. 5.

Таблица 5

Физико-технические характеристики гипсо-гуза-паитового теплоизоляционного материала (ГГТМ)

№ пп.	Свойства материала	Показатели	Пределы формулы	Коэф. корр-ции
1.	Средняя плотность, $\text{кг/м}^3$	$\gamma_o = \gamma_o^r + 5,1 \cdot \text{H}^2 - 23,7 \cdot \text{H}$ $\gamma_o = 1361 \cdot \exp(-0,281 \cdot \text{H})$	$0 \leq \text{H} \leq 5$ $5 \leq \text{H} \leq 20$	0,967 0,982
2.	Прочность на изгиб, МПа	$R_{\text{изг}} = R_{\text{изг}}^r - 0,015 \cdot \text{H}^2 - 0,094 \cdot \text{H}$ $R_{\text{изг}} = 0,478 \cdot \exp(-0,128 \cdot \text{H})$	$0 \leq \text{H} \leq 5$ $5 \leq \text{H} \leq 20$	0,934 0,983
3.	Прочность на сжатие, МПа	$R_{\text{сж}} = R_{\text{сж}}^r \cdot \exp(-0,281 \cdot \text{H})$	$0 \leq \text{H} \leq 20$	0,970

Гуза-пай измельчались до фракций  $0,63-5,0$  мм и добавлялись в гипсовую смесь. Для количественной оценки механических свойств ГГТМ при содержании в нем измельченной гуза-пай в процентном отношении по массе от смеси образцы выбирались по схеме:  $\text{H} = 2, 5, 7, 10, 12, 15, 17$  и  $20\%$ .

#### 3.2.2. Механические и гигротехнические свойства арболитовых материалов на основе цементных вяжущих

Определено, что арболит со средней плотностью  $400-850\text{ кг/м}^3$  имеет предел прочности при сжатии  $0,5-5,0$  МПа. Такие невысокие прочностные характеристики могут быть объяснены химической агрессивностью органического целлюлозного заполнителя. Сорбционное увлажнение арболита зависит от его средней плотности, применяемого органического целлюлозосодержащего

заполнителя и введенных добавок; при относительной влажности воздуха 40-90% оно составляет 10-15%.

Для определения марки, а также деформационно-прочностных характеристик арболита испытаны изготовленные одновременно с панелями кубы размером 15x15x15 см и призмы размером 15x15x60 см. Испытания показали, что отношение призмной прочности к кубиковой для арболита на основе дробленых гуза-пай составляет 0,61-0,65. Начальный модуль упругости арболита на основе дробленых гуза-пай вдвое превышает нормативные значения и равен 400 МПа. Водопоглощение арболита на гуза-пае колеблется от 30 до 80% по весу. Установлено, что с уменьшением расхода цемента и объемной массы водопоглощение арболита возрастает.

### **3.3. Кинетика изменения прочности арболита в зависимости от влажности**

Наибольшие структурные изменения под воздействием влажностных деформаций наблюдаются при снижении общей влажности арболита. При этом максимальная прочность арболита разных составов отмечается при влажности 15-17%, дальнейшее снижение влажности ведет к уменьшению прочности, что может быть объяснено нарушением связей в контактных зонах, т.е. деструкцией (нарушением) контактов между отдельными частицами заполнителя.

Результаты исследований показали, что в арболите на гуза-пае, высушенном до абсолютно сухого состояния, а затем увлажненного до влажности, соответствующей экстремальному значению, первоначальная прочность не восстанавливается. Исследования показали, что в точке оптимальной влажности ( $W=16\%$ ) появляется величина гистерезиса прочности –  $\Delta R$  и для нашего случая  $\Delta R=0,18$  МПа. Вероятно снижение прочности арболита при высушивании (ниже  $W=15-18\%$ ) вызвано деструктивными процессами, протекающими на границе раздела фаз «цементный камень – растительный заполнитель».

### **3.4. Влияние щелочного экстракта стеблей хлопчатника на свойства цементсодержащих композиций**

Влияние щелочного экстракта стеблей хлопчатника (ЩЭСХ) на реологические свойства цементсодержащих смесей исследовалось при использовании обычного среднеалюминатного цемента М400 без добавки. ЩЭСХ, оказывая некоторое пластифицирующее влияние, снижает нормальную плотность цементного теста. При расходах добавки до 0,7% массы цемента нормальная плотность теста снижается от 24% для обычного цемента без добавки до 21,5% с добавкой, для портландцемента со шлаком снижение водопотребности происходит с 24% до 22%, для сульфатостойкого - соответственно, с 24,5% до 21,5%, причем снижение водопотребности обычных цементов происходит при расходах щелочного экстракта до 0,1%, при дальнейшем увеличении расхода добавки нормальная плотность цементного теста практически стабильна.

Кинетика твердения бетона 360 сут. возраста в зависимости от содержания ЩЭСХ в составе сульфатостойкого цемента показывает, что образцы, изготовленные из состава 1:1,78:3,3 при В/Ц=0,5, твердели в нормальных и естественных условиях. В раннем возрасте влияние добавки на упрочнение сульфатостойкого цемента проявляется мало, затем с увеличением срока твердения прочность состава с добавкой значительно возрастает. Сравнение этих результатов с данными, полученными при использовании других цементов, показывает, что ЩЭСХ в системе «цемент-вода» более интенсивно ускоряет реакции гидратации и образования кристаллического сростка из алюминатных и алюмоферритных фаз цементного клинкера, чем силикатных. Увеличение скорости гидратации минералов  $C_3A$  ( $3CaO \cdot Al_2O_3$ ) и  $C_4AF$  ( $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$ ) ускоряет схватывание цементного теста, что проявляется больше для обычных цементов, чем для сульфатостойкого, как было отмечено выше. Ускорение гидратации алюминатсодержащих фаз цемента инициирует реакции гидратации и твердения других минералов.

### **3.5. Влияние щелочного экстракта стеблей хлопчатника на стойкость цементного камня в агрессивных средах**

Коррозионностойкость цементного камня с добавкой ЩЭСХ изучалась путем хранения образцов, изготовленных из состава 1:1,51:2,57 при В/Ц=0,4 и Ц=475 кг/м<sup>3</sup> на обычном среднеалюминатном цементе М400 Душанбинского завода, в агрессивных средах дистиллированной воды и раствора 0,25 моль/л  $H_2SO_4$  в течение 180 суток. В дистиллированной воде и растворе  $H_2SO_4$  происходит возрастание прочности составов с ЩЭСХ по сравнению с прочностью состава без добавки во всех сроках испытания. Коэффициент стойкости бетона в основном также возрастает при увеличении расхода добавки в составе цемента.

Некоторое постоянство значения  $K_c$  при хранении образцов с добавкой в растворе  $H_2SO_4$ , в течение, 30 сут. объясняется не снижением их прочности по сравнению с прочностью образца без добавки, а возрастанием прочности образцов нормального твердения в этом возрасте. Установлено, что прочность образцов с добавкой в растворе кислоты существенно увеличивается по сравнению с прочностью состава без добавки. Коэффициент его стойкости больше 0,6.

### **3.6. Экономическая эффективность применения материалов на основе РВК в многослойных панелях**

Для определения критерия сравнения панелей наружных стен был использован показатель «стоимости 1 м<sup>2</sup> глухой части панели». Расчеты показали, что замена однослойной керамзитобетонной панели, предложенной трехслойной панелью на гибких связях с теплоизоляцией на основе арболита дает экономический эффект 2,71 – 3,22 у.е./м<sup>2</sup>. Из этого следует, что применение панелей наружных стен с теплоизоляцией на основе гуза-паи в малоэтажном строительстве Республики Таджикистан является экономически выгодным.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Установлено, что структурообразование арболитовых материалов на основе гуза-паи сопровождается двумя противоположными процессами: конструктивным (твердением цементного камня и повышением его сцепления с заполнителем, т.е. упрочнением структуры) и деструкционным (вызывается в основном объемными влажностными деформациями растительного заполнителя). Показано, что выдержка гуза-паи в течение 6 месяцев и более, без применения предварительного замачивания повышает прочность арболита в 2 раза и выше. Замачивание выдержанной гуза-паи позволяет повысить прочность дополнительно на 10-20%.

2. Методом рентгенофазового анализа продуктов процесса кристаллизации и гидратации трехкальциевого алюмината  $C_3A$  ( $3CaO \cdot Al_2O_3$ ) в воде и в присутствии водорастворимых веществ установлено, что при гидратации в первые 30 мин. в обоих случаях образуются кристаллы в виде прозрачных пластин гексагональной формы с четкими гранями, формирующие агрегаты с признаками сдвигов по плоскости и кристаллы округлой формы. В результате адсорбции водорастворимых веществ через 1 час гидратации  $C_3A$  ( $3CaO \cdot Al_2O_3$ ) нарушается четкость граней гексагональных пластин, что затрудняет определение формы кристаллов и состава гидратных новообразований. Выявлено, что после 3-х месячного твердения  $C_3A$  ( $3CaO \cdot Al_2O_3$ ), в отличие от продуктов гидратации минерала в воде, негидратированный  $C_3A$  ( $3CaO \cdot Al_2O_3$ ) (4,22; 4,06; 2,97; 2,69; 2,19; 1,90; 1,55Å) и гидроалюминат состава  $C_3AH_6$  ( $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ ) (4,43; 3,55; 3,14; 2,80; 2,45; 2,04; 1,74; 1,67Å) – в присутствии водорастворимых веществ дополнительно образовывается значительное количество гидроалюмината  $C_3AH_8$  ( $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 4H_2O$ ) (3,55; 2,84; 2,55; 2,45; 2,06; 1,63Å) и вероятно  $C_3AH_n$  ( $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 0,5nH_2O$ ).

3. Предложена технологическая схема изготовления арболитовых материалов, изделий и конструкций на основе гуза-паи. Определено, что при сушке повышается прочность арболита на 15-20%. При этом время затвердевания арболита уменьшается на 17-20%.

4. Определено, что в арболите на гуза-пае, высушенном до абсолютно сухого состояния, а затем увлажненного до влажности, соответствующей экстремальному значению, первоначальная прочность не восстанавливается. В точке оптимальной влажности ( $W=16\%$ ) появляется величина гистерезиса прочности –  $\Delta R=0,18$  МПа. Выявлено, что снижение прочности арболита при высушивании (ниже  $W=15-18\%$ ) вызвано деструктивными процессами, протекающими на границе раздела фаз «цементный камень – растительный заполнитель».

5. Подтверждена эффективность применения химической добавки - щелочного экстракта стеблей хлопчатника (ЩЭХС) для получения коррозионно-стойких композиций из обычных цементов, на основе исследования физико-химических, строительно-технических, технологических и эксплуатационных свойств цементосодержащих систем в различных условиях, в т.ч. агрессивных средах: мягких и минерализованных водах, растворах 3-6%  $MgSO_4$ , 0,25 и 0,5

моль/л  $H_2SO_4$ , 0,1 моль/л  $HCl$ , 0,1 моль/л  $CH_3COOH$ , резкоконтинентального климата Республики Таджикистан.

6. Экономический эффект при применении панелей с использованием арболита на основе гуза-паи в малоэтажных жилых зданиях вместо существующих однослойных керамзитобетонных панелей составляет 3,70 у.е. на  $1\text{ м}^2$  стенового ограждения, что достигается за счет применения недефицитных связующих материалов и дешевых отходов хлопководства – гуза-паи.

### **Основные результаты диссертаций изложены в следующих публикациях:**

1. Кобулиев З.В., Комилов А.Х., Джумаев Д.С. Структурообразование строительных материалов на основе минерального сырья Республики Таджикистан // Доклады АН Республики Таджикистан. – Душанбе, 2005. – Том XLVIII. – №8. – С.53-59.

2. Джумаев Д.С. Проблемы использования сельскохозяйственных отходов в производстве строительных материалов // Информационный листок №7-2006. – Душанбе, НПИЦентр. – 4 с.

3. Джумаев Д.С., Ходжамуродов У.К., Кобулиев З.В. Физико-химические аспекты использования минерального сырья и растительных отходов в производстве строительных материалов // Материалы I-ой Международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс и развитие инженерной мысли в XXI веке». – Худжанд, 2007. – С.52-55.

4. Джумаев Д.С., Кобулиев З.В., Ходжамуродов У.К. Методика проведения эксплуатационных испытаний строительных материалов на основе отходов / Материалы II Республиканской научно-практической конференции «Из недр земли до горных вершин». – Чкаловск: ГМИТ, 2008. – С.124-129.

5. Гуломов А.Г., Кобулиев З.В., Шералиев М.У., Джумаев Д.С. Структурообразование эффективных строительных материалов на основе целлюлозосодержащих отходов // Известия АН Республики Таджикистан: Серия физико-математических, химических, геологических и технических наук. – 2008. – № 4(133). – С.49-56.

6. Кобулиев З.В., Джумаев Д.С., Ходжамуродов С.К. Прогнозирование теплопроводности строительных материалов различного строения / Материалы Международной научно-практической конференции «Строительное образование на современном этапе». – Душанбе, 2009. – С.92-95.

7. Гуломов А.Г., Джумаев Д.С., Курбонов М.Х. Учет кинетики изменения химического состава стеблей хлопчатника при изготовлении растительно-цементной композиции // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Современные проблемы химии, химической технологии и металлургии». – Душанбе, 2009. – С.36-38.

8. Sharifov A., Jumaev J.S. Gypsum-concrete mixtures with the wastage cotton components / 15-Internationale Baustofftagung (International Conference on Building Materials) (23-26 September 2003, Weimar). – Weimar: Bundesrepublik Deutschland, 2009. – p.367-370.

9. Джумаев Д.С. Строительное материаловедение и особенности использования местного сырья в разработке теплоизоляционно-конструкционных материалов // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Прогрессивные методы производства», посвященной 35-летию кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ТТУ им. акад. М.С.Осими. – Душанбе, 2009. – С.152-155.

10. Джумаев Д.С. Физико-химические особенности гидратации цемента в экстракте водоростворимых веществ // Материалы Республиканской НПК «Горные, геологические и экологические аспекты развития горнорудной промышленности в XXI веке», посв. 100-летию акад. АН РТ С.М.Юсуповой. – Душанбе, 2010. – С.104-109.

11. Джумаев Д.С., Ходжамуродов С.К. Энергосберегающие строительные материалы и конструкций на основе отходов / Материалы Республиканской НПК «Наука и энергетическое образование на современном этапе», посв. 20-летию независимости Республики Таджикистан и 5-летию Института энергетики Таджикистана. – Курган-тюбе, 2011. – С.123-127.

12. Джумаев Д.С., Ходжамуродов С.К., Джуракулов М.Р. Исследование прочности растительно-цементной композиций в зависимости от влияния легкогидролизруемых веществ растительного заполнителя / Материалы Республиканской НПК «Наука и строительное образование на современном

этапе», посв. 20-летию независимости Республики Таджикистан и 55-летию Таджикского технического университета (ТТУ) им. акад. М.С.Осими. – Душанбе, 2011. – С.359-363.

13. Джумаев Д.С., Саидов Ф.Х., Тагойбеков Ш.С. Наружные стены энергоэффективных зданий из композиционных строительных материалов / Сб. тезисов Международного Симпозиума «Архитектурная среда: Современность и перспективы» (г. Душанбе, 3-4 мая 2012 г.). – Душанбе, 2012. – С.59-62.

14. Саидов Д.Х., Ходжамуродов С.К., Джумаев Д.С. К кинетической теории переноса при гетерогенных химических реакциях в высокодисперсных пористых телах / Материалы Республиканской НПК «Наука и энергетическое образование на современном этапе», посв. 20-летию Исторической XVI сессии Республики Таджикистан, 15-летия мира и согласия и году энергетики. – Курган-тюбе, 2012. – С.95-99.

## РЕЗЮМЕ

**диссертации Джумаева Джамшеда Сатторовича на тему: «Энергосберегающие строительные материалы на основе растительно-вяжущей композиций из местного сырья Республики Таджикистан» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 – Строительные материалы и изделия**

*Ключевые слова: энергосбережение, ресурсосбережение, минеральное сырьё, сельскохозяйственные отходы, стебли хлопчатника (гуза-пай) добавки, растительно-вяжущая композиция (РВК), структурообразование.*

Работа посвящена разработке энергосберегающей технологии получения и особенностей структурообразованию строительных материалов на основе растительно-вяжущей композиций из стеблей хлопчатника (гуза-пай) и местного минерального вяжущего. Установлены основные закономерности особенностей структурообразования арболитовых материалов на основе РВК в зависимости от структурно-механических факторов и особенностей строения и химического состава растительного сырья.

Впервые предложен технологический регламент изготовления облегченных арболитовых материалов с улучшенными эксплуатационно-техническими свойствами. Определено, что прочность арболита повышается на 15-20% за счет уменьшения времени на твердение на 17-20%. Экономический эффект от получения и применения панелей с использованием облегченного арболита на основе гуза-пай в малоэтажных жилых зданиях вместо существующих однослойных керамзитобетонных панелей составляет 3,70 у.е. на 1 м<sup>2</sup> стенового ограждения. Это достигается за счет применения недефицитных связующих материалов и дешевых отходов хлопководства – гуза-пай.

**Джумаев Джамшед Сатторовичтин 05.23.05 – Курулуш материалдары жана буюмдары адистиги боюнча техника илимдеринин кандидатынын илимий даражасын алууга арналган «Таджикистан Республикасынын жергиликтүү чийки заттары болгон өсүмдүк-чаптагыч композициясынын негизинде даярдалган энергия үнөмдөөчү курулуш материалдары» темасындагы диссертациясынын**

## РЕЗЮМЕСИ

*Негизги сөздөр: энергия үнөмдөө, ресурс үнөмдөө, минералдык чийки зат, айыл чарба калдыктары, пахтанын сабактары (гуза-пая), кошулмалар, өсүмдүк-чаптагыч композициясы (ӨЧК), структура түзүү*

Иш пахтанын сабактарынын (гуза-паянын) жана жергиликтүү минералдык чаптагыч заттан даярдалган өсүмдүк-чаптагыч композициясынын негизинде курулуш материалдарын

жасоонун энергия үнөмдөөчү технологияларын иштеп чыгууга жана алардын структура түзүүсүнө арналган. ӨЧК негизделген арболит материалдарынын структура түзүүсүнүн өсүмдүк чийки затынын химиялык структура-механикалык факторлорунан жана химиялык курамынын өзгөчөлүктөрүнөн көз карандылыгынын негизги закон ченемдүүлүктөрү аныкталган.

Жакшыртылган пайдалануу-техникалык касиеттерге ээ жеңилдетилген арболит материалдарын даярдоонун технологиялык регламенти биринчи жолу сунушталган. Катырууга кеткен убакытты 17-20% азайтуунун эсебинен арболиттин бекемдиги 15-20% жогорулаары аныкталган. Гуза-паянын негизинде даярдалган жеңилдетилген арболитти колдонуп жасалган панелдерди чыгаруудан жана аларды аз кабаттуу имараттарда азыркы жалгызкат керамзит панелдеринин ордуна пайдалануудан болгон экономикалык эффект дубал тосмонун 1 м<sup>2</sup> аянтына 3,70 ш.б. түзөт. Бул таңсык эмес чапташтыруучу материалдарды жана пахта өндүрүшүнүн арзан калдыктарын колдонуунун эсебинен жетишилет.

## RESUME

**of the Dissertation by Dzhumaev Dzhamshed Sattorovich on topic “Energy saving building materials on base of the plant-binder composition made using local raw materials of the Republic of Tajikistan” for award of the Scientific Degree Candidate of Technical Sciences (PhD) on Specialty 05.23.05 - Building Materials and Articles**

*Keywords: energy saving, resource saving, mineral raw material, agricultural waste, cotton stalks (guza-paya), additives, plant-binder composition (PBC), structure forming.*

The research work is dedicated to development of the energy saving technology for production and to the structure forming peculiarities of building materials on base of plant-binder composition from cotton stalks (guza-paya) and local mineral binder. The main interrelations of structure forming peculiarities of sawconcrete materials on base of PBC, depending from the structural-mechanical parameters and from the structure and peculiarities of chemical composition of plant raw material, are defined.

For the first time the technological regulations for production of lightened sawconcrete materials with improved exploitation-technical properties is proposed. It is defined, that strength of sawconcrete is increasing for 15-20% because of reducing of the hardening time for 17-20%. The economical efficiency of production and use of slabs made of the lightened sawconcrete on base of guza-paya, instead of the existing single layer keramzit slabs in the low-storey buildings, consists of 3,70 conditional unit for 1 м<sup>2</sup> of wall structure. This is achieved by using non-deficient binding materials and low cost wastes of the cotton production – guza-paya.

Разрешено к печати \_\_\_\_ . \_\_\_\_ .20 \_\_\_\_ г.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная.

Гарнитур Times New Roman.

Заказ № \_\_\_\_\_. Тираж 100 экз.

---

Напечатано \_\_\_\_\_