

На правах рукописи



**ГОРШКОВА АЛЕКСАНДРА ВЯЧЕСЛАВОВНА**

**СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ С МОДИФИЦИРУЮЩЕЙ  
ДОБАВКОЙ НА ОСНОВЕ ТОРФА**

**Специальность 05.23.05 – Строительные материалы и изделия**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**Томск - 2015**

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет» (ФГБОУ ВО «ТГАСУ»)

- Научный руководитель:** **Копаница Наталья Олеговна,**  
доктор технических наук, профессор
- Официальные оппоненты:** **Низина Татьяна Анатольевна,**  
доктор технических наук, доцент,  
ФГБОУ ВПО «Национальный  
исследовательский Мордовский  
государственный университет им. Н.П.  
Огарева», профессор кафедры  
строительных конструкций
- Пичугин Анатолий Петрович,**  
доктор технических наук, профессор,  
ФГБОУ ВО «Новосибирский  
государственный аграрный университет»,  
заведующий кафедры теоретической и  
прикладной физики
- Ведущая организация:** **ФГБОУ ВПО «Новосибирский  
государственный архитектурно-  
строительный университет (Сибстрин)»**

Защита состоится 24 декабря 2015 г. в 10.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.265.01 при ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет» по адресу: 634003, г. Томск, пл. Соляная 2, корп. 2, ауд. 303.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Томского государственного архитектурно-строительного университета по адресу: 634003, г. Томск, пл. Соляная 2 и на сайте <http://www.tsuab.ru/ru/nauka/sovety/info-diss/>

Автореферат разослан « » октября 2015 г.

И.о. ученого секретаря  
Диссертационного совета



Н.К. Скрипникова

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Актуальность работы.** Применение сухих строительных смесей при выполнении кладочных, отделочных и монтажных работ существенно повышает качество и производительность труда, обеспечивает высокие эксплуатационные характеристики готовой продукции. Начиная со второй половины 90-х годов, на российском рынке наблюдается увеличение объемов производства и потребления сухих строительных смесей на основе цементного вяжущего.

Разнообразие потребительских свойств таких смесей определяет необходимость применения комплекса модифицирующих добавок различного назначения. Использование добавок импортного производства в составе сухих строительных смесей приводит к существенному их удорожанию. Производство импортзамещающих конкурентоспособных по свойствам добавок в строительные смеси является важной народнохозяйственной задачей.

Одним из способов решения данной проблемы является организация производства модифицирующих добавок на основе местного сырья. Сырьевая база Сибирского региона позволяет создавать модифицирующие добавки на основе торфа для регулирования свойств сухих строительных смесей. Запасы этого частично возобновляемого ресурса в Томской области составляют 29,3 млрд. тонн в расчете на 40% влажность. По этому показателю Томская область занимает второе место в России, уступая лишь Тюменской.

Вещественный состав торфа представлен разнообразными органическими и минеральными соединениями. Наличие в нем химически активных органоминеральных функциональных групп обеспечивает возможность применения различных способов модифицирования сырья: термического, химического, механического или сочетания нескольких видов воздействия и получения продуктов различного назначения, в том числе и эффективных добавок для сухих строительных смесей. В этой связи, работа, посвященная разработке модифицирующих добавок на основе торфа для сухих строительных смесей и исследованию их влияния на свойства цементных композиций, является актуальной. Работа проводилась при поддержке фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере по программе «УМНИК».

**Степень проработанности проблемы исследования.** Вопросы, связанные с составом и свойствами сухих строительных смесей изложены в работах Ю.М. Баженова, В.А. Безбородова, Л.Х. Загороднюк, В.Ф. Коровякова, В.И. Корнеева, В.В. Козлова. В работах большое внимание уделяется подбору и оптимизации состава сухих смесей. Вопросы применения местных материалов в составе сухих строительных смесей занимались В.И. Калашников, А.П. Пичугин, В.Г. Хозин, В.В. Строкова, В.С. Демьянова, Н.М. Дубошина, С. Kulasuriya, V. Vimonsati. Большинство работ посвящено разработке наполнителей для сухих смесей на основе местных материалов. Недостаточно изученной остается проблема разработки

модифицирующих добавок для сухих строительных смесей на основе местного природного сырья.

**Цель диссертационной работы** заключается в разработке научно обоснованных составов и технологии получения сухих строительных смесей модифицированных добавкой из торфа, с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

**Задачи исследований:**

- обоснование возможности использования низинного торфа как сырья для производства модифицирующих добавок для сухих строительных смесей в зависимости от способа их получения;
- выбор способа и режимов получения добавок на основе торфа, исследование их состава и свойств;
- изучение влияния модифицирующих добавок на основе торфа на свойства цементного камня;
- изучение влияния модифицирующих добавок на основе торфа на свойства сухих строительных смесей и растворов из них;
- разработка составов сухих строительных смесей с модифицирующей добавкой на основе торфа;
- разработка технологии производства сухих строительных смесей с модифицирующей добавкой на основе торфа и расчет технико-экономических показателей.

**Научная новизна работы.**

- Теоретически обоснована и практически подтверждена возможность применения торфа для получения функциональных добавок, регулирующих свойства строительных смесей. Исследованы свойства добавок, полученных методом термической активации торфяного сырья без доступа воздуха. Установлены закономерности формирования органоминеральных и минерал-органических комплексов в зависимости от состава и свойств исходного сырья, а также условий термической обработки. Установлено, что наибольшей активностью обладает добавка, полученная при температуре обработки торфа 600 °С. В этих условиях вероятность протекания реакций окисления снижена, что приводит к повышению содержания в добавке минерал-органических комплексов типа  $(R-COO)_nKat$ , где Kat – Ca, Si, Al.
- Установлено, что добавки, полученные при температуре 600 °С, способствуют увеличению прочности цементного камня на 43 %, что связано с процессами взаимодействия минерал-органических соединений добавки с продуктами гидратации цемента, увеличением объема новообразований и формированием тоберморитоподобных соединений в твердеющей композиции. Показано, что оптимальным является содержание добавки 0,5 % от массы портландцемента.
- Установлены особенности формирования прочностных и эксплуатационных свойств цементно-песчаных растворов, связанные с микроармирующим эффектом и формированием более однородной структуры цементного камня при введении модифицирующих добавок на основе торфа, в результате чего, прочность при сжатии цементно-песчаного

раствора увеличивается на 20 %, прочность при изгибе – на 15 %, повышается морозостойкость и снижается величина водопоглощения раствора на 18 %.

– Установлено, что введение модифицирующих добавок на основе торфа в составе строительных растворов приводит к повышению прочности сцепления затвердевших растворов с основаниями до 40 %, что может быть связано с сорбированием на поверхности подложки веществ органических групп, содержащихся в добавке и обладающих низким поверхностным натяжением, что обуславливает увеличение числа и площади контактов срастания взаимодействующих фаз и, следовательно, способствует увеличению адгезионной прочности.

#### **Теоретическая и практическая значимость работы:**

– теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность получения модифицирующих добавок на основе торфа для регулирования свойств цементных композиций. На ранних стадиях гидратации добавка, обладая низкой плотностью, структурирует матрицу цементного камня, что приводит к образованию дополнительного объема пор. Далее, в процессе гидратации, минерал-органические соединения, присутствующие в добавке, взаимодействуя с продуктами гидратации цемента, способствуют увеличению объема новообразований, что приводит к повышению прочности, уплотнению и упрочнению межпорового пространства. Формирование дополнительного объема пор, преимущественно закрытых, приводит к улучшению гидрофизических характеристик материала. Предложены принципы получения сухих строительных смесей с высокими строительно-техническими свойствами, заключающиеся в регулировании этих свойств путем подбора компонентов, составов сырьевых смесей и технологией их переработки.

– получена модифицирующая добавка для регулирования свойств строительных растворов из сухих смесей на основе термоактивированного торфа;

– исследованы и разработаны составы сухих строительных смесей различного назначения с модифицирующей добавкой из торфа;

– разработана технологическая схема производства сухих строительных смесей, включающая технологические операции по производству модифицирующих добавок из торфа.

– Получен патент на полезную модель № 107151 «Установка для получения модифицирующей торфяной добавки и производства сухих строительных смесей с указанной добавкой».

– Разработаны технические условия на модифицирующие добавки для сухих строительных смесей на основе торфа и технологический регламент на производство сухих строительных смесей.

**Методология и методы исследования.** Методологической основой работы послужили труды отечественных и зарубежных ученых в области исследования составов, структуры и свойств композиционных строительных материалов, а также современные методики исследования: математическое

планирование экспериментов, рентгенофазовый анализ, дифференциально-термический анализ, электронная микроскопия, лазерная гранулометрия, ИК-спектроскопия

**Положения, выносимые на защиту:**

- Особенности применения торфяного сырья для получения модифицирующих добавок из торфа для сухих строительных смесей
- Особенности получения модифицирующей добавки для регулирования свойств цементных систем на основе термоактивированного без доступа воздуха торфа;
- Разработанные составы сухих строительных смесей различного назначения с модифицирующими добавками из торфа;
- Зависимости эксплуатационных свойств строительных растворов от вида и содержания модифицирующих добавок из торфа;
- Разработанная технологическая схема производства сухих строительных смесей, включающая технологические операции по производству модифицирующих добавок из торфа.

**Достоверность полученных результатов** и выводов по работе обеспечена методически обоснованным комплексом исследований с использованием стандартных методов испытаний, применением лабораторного поверенного и аттестованного испытательного оборудования и измерительных инструментов, обработкой результатов экспериментов статистическими методами, достаточным количеством проведенных опытов, обеспечивающих адекватность и воспроизводимость результатов.

**Апробация результатов работы.** Основные положения диссертационной работы и результаты исследований представлены на: XVII Международной научно-практической конференции «Качество – стратегия XXI века», г. Томск, 2012 г., Первой всероссийской научной конференции молодых ученых с международным участием «Перспективные материалы в технике и строительстве», г. Томск, 21–25 октября 2013 г., VII – XI Международных конференциях студентов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук», г. Томск, 2010 – 2014 гг., Международной научно-практической конференции «Научные исследования, нано-системы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов» XIX научные чтения, г. Белгород, 5- 8 октября 2010 г., Новые технологии в строительном материаловедении. Международной научно-технической конференции «Новые технологии в строительном материаловедении» в рамках международной выставки «СТРОЙ-СИБ-2012» 1-3 февраля 2012 г., IV Международном семинаре-конкурсе молодых ученых и аспирантов, работающих в области вяжущих веществ, бетонов и сухих смесей, г. Санкт-Петербург, 2-4 декабря 2013г. Проект, разработанный в рамках диссертационных исследований «Модифицирующие добавки на основе торфа для регулирования свойств цементных композиций» участвовал в финальном мероприятии по программе «УМНИК» (2013; II-е полугодие)

Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере.

**Внедрение результатов исследований.** Результаты исследований внедрены в производственный процесс при производстве кладочных и клеевых строительных растворов в ООО «РЕСКОМ», г. Томск. Полученные сухие смеси использовались предприятием ООО ИСЦ «Стройпроект» при производстве строительно-монтажных работ на объектах Березовской электростанции, г. Шарыпово. Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе в ФГБОУ ВПО «ТГАСУ» при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Строительство».

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 23 работы, в том числе 3 статьи в журналах, из перечня ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, определенных ВАК, получен патент на полезную модель.

**Объем и структура работы.** Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, приложений и списка литературы, включающего 125 источника, изложена на 168 страницах машинописного текста, содержит 39 рисунков, 35 таблиц.

### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, представлены цель и задачи исследований, отражены научная новизна и практическая значимость результатов, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** представлен анализ результатов исследований В.А. Безбородова, В.И. Белана, В.В. Козлова, А.П. Пичугина и др. по вопросам, связанным с составом и свойствами сухих строительных смесей. Исследованиями способов улучшения свойств сухих смесей и особенностей производства модифицирующих добавок занимались В.Г. Батраков, С.С. Каприелов, В.С. Рамачандран, В.С. Изотов и др. Проведен анализ отечественного и зарубежного опыта применения местного и техногенного сырья для производства компонентов для строительных смесей, описанного в работах Ю.М. Баженова, Ф.Е. Жернового, В.С. Лесовика, В.В. Строковой, С. Kulasuriya, V. Vimonsati и др.

В состав сухих смесей входят вяжущие вещества, наполнители и модифицирующие добавки различного назначения. Большая часть качественных модификаторов производится за рубежом. Стоимость таких добавок составляет до 97 % от стоимости сухих смесей. Одним из путей решения проблемы импортозамещения и производства конкурентоспособных по своим характеристикам модифицирующих добавок является применение широко распространенного на территории России торфа, как сырья для получения добавок, регулирующих свойства цементных смесей.

Одним из эффективных способов получения добавок для цементного вяжущего на основе торфа является термическая обработка сырья.

В работах Мисникова О.С., Белугина Г.П. и др. описан способ улучшения гидрофобных свойств цемента при использовании добавки, получаемой обработкой торфа при температурах 180 – 350 °С. В работах Копаницы Н.О.,

Саркисова Ю.С., Кудякова А.И., Касаткиной А.В. и др. представлены результаты исследования способа получения модифицирующей добавки методом термоактивации низинного торфа в условиях открытого доступа воздуха. В процессе такой обработки торфа образуется двуокись углерода, вода, зола, и тепловая энергия. Рациональное содержание добавки составляло 6 % от массы цемента. Наибольшее увеличение прочности цементного камня на сжатие достигалось при введении добавок, полученных при температуре 600 °С (ТМТ-600) – на 29,5 % по отношению к контрольным образцам.

В настоящей работе приведены результаты исследования по совершенствованию способа получения добавки методом термоактивации низинного торфа без доступа воздуха. Процесс пиролиза торфа сопровождается образованием воды, водорода и монооксида углерода, а также тепловой энергии, способствующей продолжению процесса горения. В результате окислительных процессов, протекающих в матрице торфа при тепловой обработке в условиях открытого доступа воздуха, происходит связывание реакционноспособных функциональных групп компонентов торфа атомами кислорода, что способствует снижению концентрации минерал-органических комплексов типа  $(R-COO)_nKat$ , где Kat – Ca, Si, Al в конечном продукте. Научной гипотезой работы является предположение, что наличие таких комплексов является одним из основных факторов повышения прочности цементного камня. В процессе пиролиза торфа вероятность протекания реакций окисления снижена, что приводит к повышению содержания минерал-органических комплексов в добавке.

**Во второй главе** представлены характеристики применяемых материалов и методика проведения исследований.

В качестве вяжущего использовался портландцемент марки ЦЕМ I 42,5Н Топкинского цементного завода (ГОСТ 30515-2013). В качестве заполнителя для цементно-песчаных растворов использовался песок Кудровского месторождения Томской области, модуль крупности 1,8 (ГОСТ 8736-2014). Для улучшения реологических и прочностных характеристик растворов использовались добавки: метилгидроксипропилцеллюлоза Mecellose FMC 23701 и редицергируемый полимерный порошок VINNAPAS 5044 N.

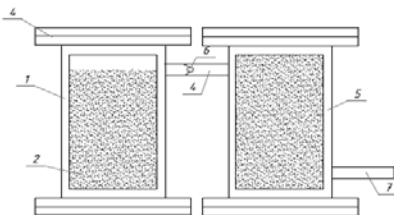
Для получения модифицирующих добавок был использован низинный торф трех месторождений Томской области. Выбор исходного сырья обусловлен повышенным содержанием в низинном торфе минеральной части, и, следовательно, возможностью синтеза сложных минералорганических комплексов в процессе пиролиза. Характеристики торфа представлены в табл. 1.

**Таблица 1** Основные физико-технические характеристики торфа исследуемых месторождений

Месторождение	Вид торфа	Зольность, %	Степень разложения, %	Влажность, %	pH
Челбак	Низинный	6-10	34	85,4	6,2-7,1
Гусевское	Низинный	14	25-30	18,5	7,1-7,5
Кандинское	Низинный	9,1	52	87,9	6,7-7,8



Пиролиз исходного сырья осуществляется в разработанной с участием автора лабораторном реакторе (патент на полезную модель № 107151), представляющем собой двухкамерную установку, одна из камер которой служит непосредственно для обжига торфа, а вторая для отведения газообразных продуктов пиролиза (рис. 1, 2). Процесс производства добавки включает подготовку сырья, сушку до 15 % влажности, термическую обработку и измельчение полученного вещества. Обработка осуществлялась при температурах 400, 600 и 800 °С. Добавки названы соответственно МТ-400, МТ-600 и МТ-800.



1 – камера сгорания, 2 – торф,  
3 – герметично закрытая крышка,  
4 – газоотвод, 5 – газовая камера,  
6 – клапан, 7 – отвод для пиролизного газа.

**Рисунок 1** Схема лабораторной установки для получения модифицирующих добавок.



**Рисунок 2** Лабораторная установка для получения модифицирующих добавок

Добавка смешивалась с цементом в различных соотношениях, после чего смесь затворялась водой. Водоцементное отношение соответствовало нормальной густоте и составляло 0,28. Прочность цементного камня при сжатии определялась на образцах-кубиках, размером 20x20x20 мм, твердеющих в нормальных условиях. Характеристики модифицирующих добавок, цементного теста, цементного камня и цементно-песчаных растворов определялись в соответствии с действующей нормативной документацией.

В работе применялись физико-химические методы исследований, такие как ИКС, РФА, ДТА, электронная микроскопия и лазерная гранулометрия, а также методы математического планирования эксперимента и статистическая обработка результатов исследований.

**В третьей главе** представлены результаты исследования режимов получения добавки на основе торфа и ее характеристик, а также влияния модифицирующих добавок на основе торфа на свойства цементного теста и цементного камня. Для реализации принципов системного подхода при выборе торфяного сырья и способов его переработки при получении добавок различного назначения в работе предложена классификация торфяного сырья применительно к получению добавок для цементного вяжущего, где

главными классификационными признаками являются: тип торфа, его компонентный состав, способ переработки и назначение полученного продукта (рис. 3).



**Рисунок 3** Классификация торфяного сырья применительно к получению модифицирующих добавок для цементных систем

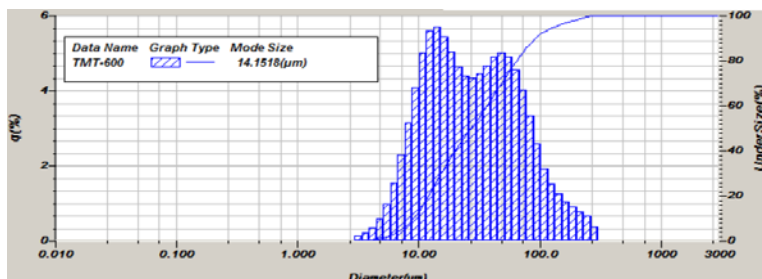
*\*Исследования по получению модифицирующих добавок на основе верхового торфа является дальнейшей перспективой развития данной темы*

В процессе термической обработки торфа, большая часть органических веществ подвергается деструкции. Полученные методом термообработки добавки предложено разделять по составу на четыре вида в зависимости от температуры обработки торфа: органические (200 °С) с высоким содержанием веществ органической природы; органоминеральные (400 °С) с преобладанием органических соединений; минерал-органические (600 °С) с преобладанием минеральных соединений; и минеральные (800 °С и более) с низким содержанием органики.

Для того чтобы получить представление о составе, структуре и свойствах синтезируемой добавки, был проведен комплексный анализ вещества, включающий исследование элементного, фазового, гранулометрического состава, а также электронно-микроскопический и ИК-спектроскопический анализ.

Физико-химические исследования полученных добавок показывают, что элементный состав термомодифицированного торфа представлен преимущественно Si, Al, C и Ca. Результаты электронно-микроскопического

анализа показали, что полученная таким способом добавка содержит, в том числе, наноразмерные элементы в виде различных форм нанок углерода, таких как фуллерены, размером от 5 нанометров, нанотрубки и нановолокна размеры которых достигают 200 и более нанометров при поперечном размере 20 и менее нанометров.



**Рисунок 4** Распределение частиц по размерам для модифицирующей добавки МТ-600

Результаты анализа гранулометрического состава свидетельствуют о высокой дисперсности добавки. Установлено, что средний размер частиц торфяной добавки составляет  $(42 \pm 3)$  мкм (рис. 4). При этом удельная поверхность полученной добавки составила  $600 \text{ м}^2/\text{кг}$ .

Результаты исследования фазового состава добавки показали, что в добавке МТ-600 идентифицируются фуллереновые частицы нанодисперсного диапазона, в количестве 0,12 % (табл. 2).

**Таблица 2** Результаты исследования состава модифицирующей добавки МТ-600

Состав	Размеры, нм	Содержание, %
SiO <sub>2</sub>	>400	43,81
CaCO <sub>3</sub>	180	47,99
С (графит)	15	7,77
CaAL <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	100	0,31
С60	10-20	0,12

Для определения рационального содержания добавки, полученное вещество смешивалось с цементом в количестве 0,25-0,75 % от массы цемента. Прочность цементного камня при сжатии определялась на образцах-кубиках, размером 20x20x20 мм. В каждой серии опытов было по 5 образцов. Коэффициент вариации прочности составлял не более 5,2 %. Данные представленные в табл. 3 показывают, что для достижения наибольшей прочности цементного камня содержание добавок МТ-400 должно быть не более 0,25 %. Рациональное содержание модифицирующих добавок МТ-600 и МТ-800 составило 0,5 % от массы цемента. Установлено, что добавка на основе торфа месторождения Гусевское обеспечивает наибольшую прочность цементного камня на сжатие. Известно, что торф этого месторождения обладает более высокой зольностью и средней степенью разложения по отношению к торфу других месторождений. Повышенная

зольность обуславливает высокую вероятность образования минерал-органических комплексов, наличие которых является основной причиной повышения прочности модифицированного цементного камня. Дальнейшие исследования осуществлялись с применением торфа Гусевского месторождения.

**Таблица 3** Влияние содержания добавок МТ на прочность цементного камня

Вид добавки	Содержание добавок, %	Месторождение торфа		
		Кандинское	Челбак	Гусевское
		Предел прочности цементного камня с добавками при сжатии, МПа		
МТ-400	<b>0,25</b>	<b>55,66</b>	<b>54,12</b>	<b>59,70</b>
	0,50	52,72	52,02	57,20
	0,75	43,50	43,20	44,00
МТ-600	0,25	57,10	55,30	59,52
	<b>0,50</b>	<b>66,44</b>	<b>65,15</b>	<b>75,53</b>
	0,75	44,10	45,60	49,22
МТ-800	0,25	54,80	54,21	57,11
	<b>0,50</b>	<b>58,64</b>	<b>56,65</b>	<b>62,75</b>
	0,75	55,20	54,60	60,25

Для определения наиболее эффективного режима термообработки торфа без доступа воздуха сравнивались три способа: без изотермической выдержки; с изотермической выдержкой, длительностью 10 и 20 минут.

Скорость подъема температуры была постоянной и составляла 15 °С в минуту, эффективность полученных добавок также оценивалась по их влиянию на прочностные свойства цементного камня.

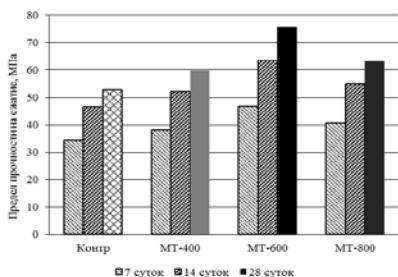
Результаты проведенного исследования показали, что длительность изотермической выдержки при получении добавок не оказывает значительного влияния на прочность цементного камня. В связи с чем, дальнейшие исследования свойств цементного камня и цементно-песчаных растворов проводились с модифицирующей добавкой, полученной без изотермической выдержки.

Для разрушения агломерированных частиц и удаления крупных твердых включений добавка измельчалась до удельной поверхности 600 м<sup>2</sup>/кг. Исследовано два способа диспергирования: предварительное измельчение торфа до его термообработки и измельчение добавки после термообработки. Результаты проведенных исследований показали, что порядок этих технологических операций не влияет на прочность цементного камня.

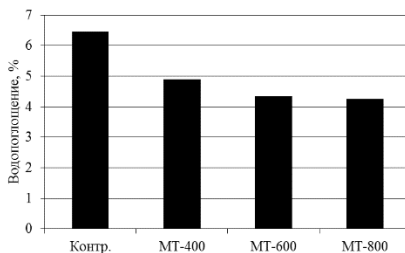
Исследование кинетики набора прочности цементного камня различного состава при сжатии проводилось на образцах кубиках 20x20x20 мм до 28 суток нормального твердения. Коэффициент вариации прочности составлял не более 5,6 %.

Результаты, представленные на рис. 5 показывают, что уже на ранних сроках твердения образцы, модифицированные добавкой МТ-600, имели прочность на сжатие, на 36 % большую, чем контрольные образцы. К 28

суткам твердения прочность модифицированных МТ-600 образцов была на 43% выше, чем у контрольных. Добавки МТ-400 и МТ-800 не оказывают существенного влияния на прочностные показатели цементного камня.



**Рисунок 5** Влияние добавок различных видов на кинетику твердения цементного камня



**Рисунок 6** Влияние добавок различных видов на водопоглощение цементного камня.

Упрочнение цементного камня при введении торфяных добавок можно объяснить формированием более плотной структуры за счет направленного изменения адсорбционных, гидратационных процессов, а также кинетики зародышеобразования. При этом происходит замедление развития микротрещин в материале, связанное с эффектом микроармирования матрицы цементного камня и перераспределения в нем напряжений.

Исследование гидрофизических характеристик цементного камня (рис. 6) показало, что присутствие всех типов добавок в цементном камне снижает величину водопоглощения образцов цементного камня по отношению к бездобавочному цементу, наибольшее снижение величины водопоглощения наблюдается у цементного камня с добавками МТ-600 на 32,5 % и МТ-800 на 34 %. Снижение водопоглощения при введении в цементную систему добавки МТ-400 в большей степени должно быть связано с гидрофобизацией частиц цемента в результате повышения содержания битумных групп при термолитзе торфа в этом интервале температур.

Сравнение и анализ спектрограмм контрольных образцов цементного камня и цементных образцов с модифицирующими добавками на основе торфа (рис. 7) показал, что на ИК-спектре цементного камня с добавками появляются дополнительно:

- в цементном камне с добавкой МТ-600 характерные полосы аминоксодержащих соединений и их производных в областях  $1661$  и  $485\text{ см}^{-1}$ . Вероятнее всего, в цементном камне происходит связывание  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ионами  $\text{NH}_2$  в нерастворимые соли, что может снизить высолообразование в цементном камне;

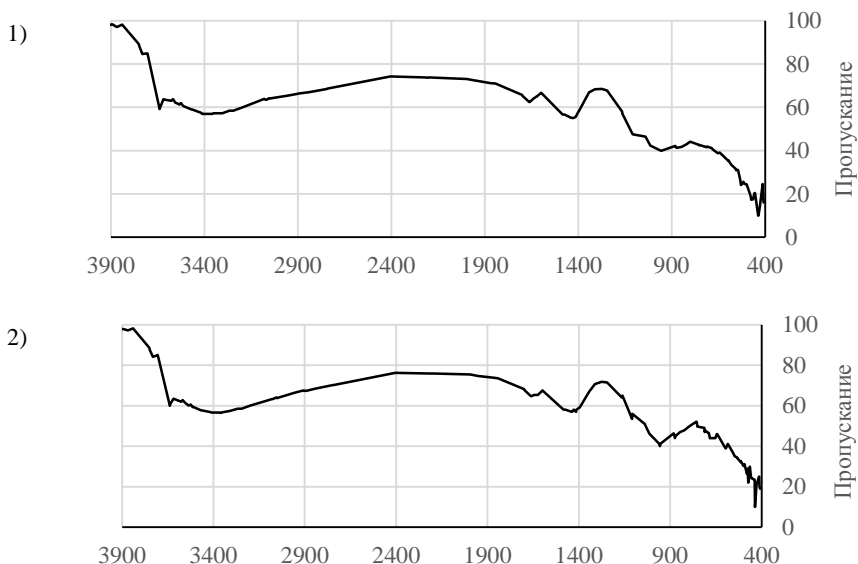
- дополнительные полосы поглощения в областях  $800 - 400\text{ см}^{-1}$  указывают на возникновение новых химических связей типа  $\text{Ca-O}$ ,  $\text{Si-O-Si}$  и других образующихся органоминеральных комплексов;

- полосы в областях 1107, 1087, 957  $\text{см}^{-1}$  свидетельствуют об образовании силикатов всех типов, сульфатов и кремнийорганических соединений  $\text{Si-C}_6\text{H}_5$  в модифицированном цементном камне.

- В области (500-1500)  $\text{см}^{-1}$  отмечается повышение интенсивности поглощения пика в области 1440  $\text{см}^{-1}$ , что, характеризует образование несимметричных (возможно сопряженных) полимерных цепочек из атомов углерода  $\text{C}_n$  (по типу фуллеренов).

- В области поглощения (400-1000)  $\text{см}^{-1}$  преимущественно проявляются соединения типа  $\text{Ca-O-Ca}$ ,  $\text{Ca-O-Si}$ ,  $\text{Al-O-Si}$ ,  $\text{Mg-O-Si}$ , и др.

Приведенные данные позволяют предположить, что в условиях термической деструкции торфа при температурах 600 и 800 °С наблюдается образование несимметричных наноструктур из атомов углерода.



1 – контрольный цементный камень; 2 – цементный камень, модифицированный добавкой МТ-600

**Рисунок 7** ИК- спектрограммы цементного камня

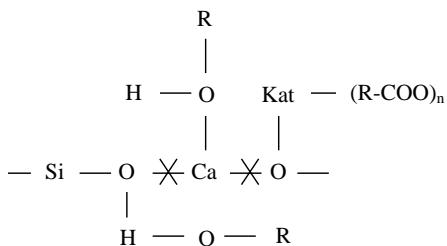
Таким образом, полученные ИК-спектры цементного камня с добавкой на основе торфа подтверждают выводы о характере и ее участии в процессе структурообразования цементного камня.

Рентгенофазовый анализ продуктов гидратации контрольного цемента и цемента с добавкой МТ-600 подтверждает образование новых кристаллических фаз в модифицированном цементном камне. С введением добавок на основе торфа в гидратированном цементе идентифицируются дополнительные пики низкоосновных гидросиликатов кальция, подобных по составу тобермориту  $\text{C}_5\text{S}_6\text{H}_5$  (5,6; 1,83 Å) и др. Формирование дополнительного количества низкоосновных гидросиликатов кальция обусловлено связыванием  $\text{CaO}$

функциональными группами минерал-органических комплексов, присутствующих в добавке МТ-600, что может объяснить повышение прочности цементного камня.

Минерал-органические комплексы добавки адсорбируются на поверхности зерен цемента и, выполняя функцию центров кристаллизации, способствуют интенсификации процессов твердения вяжущего. Адсорбция минерал-органических комплексов добавки к поверхности вяжущего может происходить по одному из следующих вариантов (рис. 8).

1. Между атомами водорода, входящими в состав функциональной группы добавки и атомами кислорода исходного вяжущего возникает электростатическое притяжение, что приводит к внедрению атомов водорода вглубь поверхностного слоя вяжущего с образованием гидроксильных групп (протонирование поверхности). В результате чего энергия связи кислорода с катионами поверхностного слоя резко уменьшается. Это облегчает диффузию в межчастичные зазоры ионов Ca, Si и т.д. и OH-групп с образованием, так называемых слоев Тейлора-Сычева.



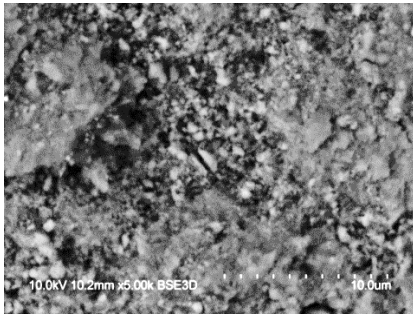
**Рисунок 8** Схема адсорбции соединений добавки на поверхности зерен цемента

Топохимический механизм взаимодействия цемента, добавки и воды дополняется «сквозьрастворным» механизмом, что приводит к зарастанию слоев Тейлора-Сычева. Вследствие чего цементное тесто переходит в камнеподобное состояние.

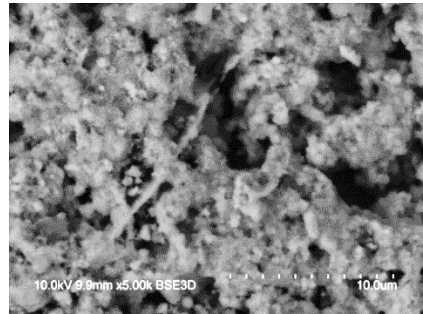
2. Возникновение ионной связи между катионом минерал-органического комплекса ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Si}^{4+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ) и анионом  $\text{O}^{2-}$  исходного вяжущего. Реакция сопровождается разрушением одной из связей кислорода.

3. Освободившийся катион  $\text{Ca}^{2+}$  может взаимодействовать с анионом  $\text{O}^{2-}$  в составе минерал-органического комплекса с образованием ковалентных связей по донорно-акцепторному механизму. В результате связывания катионов кальция минерал-органическими комплексами основность гидросиликатов кальция, образующихся в процессе гидратации вяжущего, снижается.

Для исследования микроструктуры цементного камня модифицированного добавкой МТ-600 были проведены электронно-микроскопические исследования поверхности образцов.



**Рисунок 9** Электронно-микроскопический снимок цементного камня без добавок, увеличение x5000



**Рисунок 10** Электронно-микроскопический снимок цементного камня с модифицирующей добавкой МТ-600, увеличение x5000

На микроснимках (рис. 9, 10) видно, что размеры и количество микропор увеличены. Кроме того, на снимках модифицированного цементного камня обнаружены кристаллы игольчатого или волокнистого типа. Эти структуры могут быть отнесены и к тоберморитоподобным новообразованиям CSH, и к волокнистым структурам термообработанного торфа.

Волокнистые новообразования обеспечивают микроармирующий эффект, что объясняет повышение прочности, несмотря на увеличившуюся пористость цементного камня.

Известно, что для получения сухих строительных смесей, обладающих требуемыми характеристиками, в качестве добавок применяют эфиры целлюлозы и редуцируемые порошки. Применяя в составе растворных смесей различные по составу и свойствам добавки, необходимо учитывать их совместное влияние на формирующуюся в процессе твердения композицию. В работе представлены результаты исследования влияния комплекса добавок на свойства цементного камня (табл. 4).

**Таблица 4** Физико-механические свойства модифицированного цементного камня

№ состава	Содержание МТ-600, % от массы цемента	Содержание Mecellose FMC 23701, % от массы цемента	Содержание VINNAPAS 5044 N, % от массы цемента	В/Ц при нормальной густоте	Предел прочности на сжатие, МПа	Водопоглощение, %
1	-	-	-	28,33	52,73	6,45
2	<b>0,5</b>	-	-	<b>28,34</b>	<b>75,53</b>	<b>4,35</b>
3	-	0,2	0,2	29,16	52,94	4,42
4	0,5	0,2	0,2	29,15	55,44	4,31
5	0,5	0,2	-	29,16	55,36	4,33
6	<b>0,5</b>	-	<b>0,2</b>	<b>28,30</b>	<b>79,62</b>	<b>4,30</b>
7	0,5	-	0,4	28,30	84,11	4,35
8	0,5	-	0,6	28,28	82,12	4,34



Анализ полученных результатов проведенных исследований показывает, что цементный камень, содержащий эфиры целлюлозы и добавку МТ-600 обладает более низкой прочностью по сравнению с цементным камнем модифицированным добавкой МТ-600, что может быть связано с тем, что добавка эфиров целлюлозы распределяется в зоне контакта зерен цемента что приводит к снижению прочности растворов при сжатии при достаточно полной гидратации цемента. При этом введение торфяной добавки в состав строительной смеси в комплексе с полимерным порошком позволяет увеличить прочность цементного камня (на 50,9 %). Однако повышение прочности состава № 6 относительно прочности состава № 2 составляет около 5 %, что свидетельствует о незначительной роли полимерной добавки в повышении прочности цементного камня при сжатии.

Технологические режимы получения добавок на основе торфа, закономерности формирования состава, структуры и свойств цементного камня с добавками на основе термомодифицированного торфа позволили обосновать область применения модифицирующих добавок. Это кладочные, монтажные, клеевые смеси, для которых актуальна проблема повышения прочности, морозостойкости, адгезионной прочности, а также снижение стоимости путем сокращения количества импортных модификаторов в составе смесей.

**В четвертой главе** представлены результаты исследования влияния модифицирующих добавок на основе торфа на свойства цементно-песчаных растворов, разработаны составы сухих строительных смесей и изучены эксплуатационные характеристики строительных растворов.

Для исследования характеристик готовых к применению и затвердевших строительных растворов готовились образцы цементно-песчаных растворов размером 70x70x70 мм различных составов. Составы исследуемых растворов приведены в табл. 5.

**Таблица 5** Состав экспериментальных растворов смесей

Материалы	Составы смесей				
	1 (без добавок)	2	3	4	5
	Расход материалов на 1 м <sup>3</sup>				
Цемент	482.5	481.2	479.76	481.2	479.48
Песок	1447.48	-	-	-	-
Песок фракции 1.25-2.5	-	1010.52	1007.49	-	-
Песок фракции 0.31-0.63	-	-	-	1443.6	1438.48
Песок фракции 0.16-0.31	-	433.08	431.77	-	-
Вода	241.24	240.6	239.88	240.6	239.75
МТ-600	-	2.41	2.4	2.41	2.4
Mecellose FMC 23701	-	-	-	-	0.72
VINNAPAS 5044 N	-	-	3.6	-	3.59

Результаты исследования влияния добавок на водоудерживающую способность цементно-песчаного раствора показали, что добавка МТ-600 снижает водоотделение растворной смеси более чем на 16 %, а в сочетании с эфирами целлюлозы – на 25 %. Снижению водоотделения при введении в состав растворной смеси добавки МТ-600 может способствовать адсорбционное связывание воды минерал-органическими комплексами добавки.

Результаты проведенных исследований (табл. 6) показали, что наименьшей величиной сползания с поверхности характеризуются растворы, содержащие добавки МТ-600 и эфиры целлюлозы. Это связано с тем, что обе добавки обладают способностью временно связывать влагу, снижая пластичность раствора, что также предотвращает сползание смеси.

Результаты исследования деформационных характеристик затвердевших растворов показали, что модифицированный цементно-песчаный раствор может работать упруго в более широком диапазоне нагрузок, что позволит обеспечить высокую трещиностойкость и деформативность растворных смесей на основе модифицированного цемента. Повышение модуля упругости на 10-15 % раствора с введением добавок на основе торфа может быть связано с формированием структур твердения, работающих под нагрузкой, без появления зон с пластическими деформациями. Результаты исследования прочностных характеристик цементно-песчаного раствора показали, что введение добавки МТ-600 способствует повышению прочности на сжатие на 20 %, а на изгиб – на 15 %. Упрочнение цементно-песчаного раствора при введении добавки МТ-600 связано с формированием дополнительного количества центров кристаллизации, что приводит к увеличению объема новообразований в процессе гидратации цемента и переплетению волокнистых новообразований цементного камня с волокнистыми структурами минерал-органического состава. Показано, что введение в состав смеси комплекса полимерных добавок не оказывает существенного влияния на прочность при сжатии, способствуя при этом повышению прочности растворов на изгиб.

Установлено, что введение добавки МТ-600 увеличивает адгезионную прочность раствора на 28-40 %. Согласно закону сохранения энергии при адгезии, с увеличением поверхностных натяжений исходных компонентов и уменьшением межфазного натяжения работа адгезии, характеризующая прочность адгезионных связей, возрастает. Таким образом, можно предположить, что наличие небольшого количества органики в составе добавки, даже связанной в минерал-органические комплексы, способствует снижению межфазного натяжения, и, следовательно, увеличению работы адгезии.

**Таблица 6** Эксплуатационные характеристики сухих строительных смесей с добавкой МТ-600

Исследуемые характеристики	Исследуемые составы				
	1	2	3	4	5
Водоотделение, %	1,63	1,36	1,36	1,355	1,22
Сползание раствора с поверхности, мм	5	-	-	1	0,4
Прочность на сжатие, МПа	28,03	33,69	33,74	32,52	32,18
Прочность на изгиб, МПа	7,00	8,05	8,92	8,00	8,40
Закрытая пористость, %	9,87	11,69	12,59	12,60	12,43
Водопоглощение, % по массе	7,1	5,8	5,6	5,95	5,6
Водопоглощение при капиллярном подсосе, кг/м <sup>2</sup> ·ч <sup>0,5</sup>	0,54	0,36	0,32	0,37	0,35
Прочность сцепления с бетонной поверхностью, МПа	0,5	0,7	0,98	0,7	1
Прочность сцепления с кирпичной поверхностью, МПа	0,7	0,88	1,06	0,9	1,1
Морозостойкость, марка	F75	F100	F100	F100	F100

Причиной повышения морозостойкости и снижения водопоглощения цементно-песчаных растворов является формирование резервной пористости в цементном камне при введении добавки МТ-600, что подтверждает исследование пористости затвердевших растворов.

На основании полученных результатов исследований влияния комплекса добавок на свойства цементных композиций и рационального фракционного состава разработаны рецептуры сухих строительных смесей (табл. 7).

**Таблица 7** Рецептуры сухих строительных смесей различного назначения

Материалы	Расход на тонну, кг			
	Кладочная		Монтажная	Клеевая
	1	2	3	4
Цемент	250	300	252	300
Песок 1,25-2,5	519	-	517	-
Песок 0,31-0,63	-	678,5	-	686
Песок 0,16-0,31	223	-	221	-
МТ-600	5	5	5	5
VINNAPAS 5044 N	3	15	5	7,5
Mecellose FMC 23701	-	1,5		1,5
Всего	1000	1000	1000	1000

Состав кладочный № 1 может быть рекомендован для кирпичной кладки. Состав № 2 отличается меньшей крупностью заполнителя, высокой адгезионной прочностью и водоудерживающей способностью и предназначен для склеивания блоков из ячеистых бетонов. Клеевая смесь может применяться при проведении облицовочных работ.

**Таблица 8** Свойства сухих строительных смесей

Свойства сухих смесей	Назначение сухих смесей			
	Кладочная		Монтажная	Клеевая
	1	2	3	4
Для сухой смеси				
Влажность, %	0,3	0,3	0,3	0,3
Водопотребность, %	26	27	24	27
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	1348	1307	1343	1327
Для растворной смеси				
Подвижность, см	Пк3	Пк3	Пк2	Пк3
Водоудерживающая способность, %	96	98	95	98
Жизнеспособность, ч	1,5	1,5	1,5	1
Для затвердевших растворов				
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	1740	1730	1750	1680
Прочность на сжатие, МПа	31,12	32,24	35,3	31,1
Прочность на изгиб, МПа	7,10	7,16	7,83	6,89
Прочность сцепления с поверхностью, МПа	0,5	1	0,8	0,8
Морозостойкость, циклов	100	100	100	100

Таким образом, получены сухие строительные смеси для различных областей применения, в том числе для: монтажных, восстановительных, реставрационных работ, обладающие различными строительно-техническими свойствами (табл. 8).

**В пятой главе** представлена технологическая схема производства модифицированных сухих растворных смесей, включающая узел по производству модифицирующей добавки. В качестве реактора для производства добавки принята установка быстрого пиролиза торфа, разработанная В.И. Котельниковым. Установка после выхода на рабочий режим не требует подвода энергии и позволяет, в качестве побочных продуктов, получить материалы, обладающие энергетической ценностью, пригодные для использования в системе ЖКХ, что обуславливает энергоэффективность технологии.

Экономическая эффективность результатов обусловлена снижением содержания дорогостоящих импортных добавок в составе смесей. Стоимость сухих строительных смесей с применением добавки на основе торфа по сравнению со смесями, модифицированными импортными полимерными добавками снизится на 20 %.

Результаты работы апробированы в промышленных условиях на предприятии ООО «РЕСКОМ» при производстве двух опытных партий кладочно-монтажных сухих смесей с добавками на основе торфа.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

**Итоги выполненного исследования** Предложены теоретически обоснованные принципы выбора рациональных методов обработки торфяного

сырья для получения модифицирующих добавок для цементных композиций, основанные на комплексной оценке состава и свойств исходного материала.

Обоснована эффективность термической обработки торфа без доступа воздуха, для получения модифицирующих добавок для сухих строительных смесей. Установлено, что наибольшая эффективность добавки в цементных системах достигается при температуре обработки 600 °С, что связано с формированием минерал-органических комплексов в матрице торфа, наличие и число которых является основной причиной повышения прочности модифицированного цементного камня.

Установлено, что рациональное содержание добавок на основе термомодифицированного торфа составляет 0,5 % от массы цемента. При таком содержании добавки прочность цементного камня увеличивается на 36 % в ранние сроки твердения и на 43 % в 28 суток, а водопоглощение модифицированного цементного камня снижается на 32,5 % по сравнению с контрольными образцами.

Выявлено, что свойства добавок на основе торфа в значительной степени зависят от зольности исходного сырья. Высокая зольность торфа способствует образованию большего количества минерал-органических комплексов, что приводит к упрочнению и уплотнению структуры цементного камня.

Установлено, что модифицирующая добавка МТ-600 эффективно взаимодействует с сополимерными и релаксируемыми порошками, что способствует повышению прочности на сжатие цементного камня на 59,5 % по сравнению с контрольными образцами.

Исследовано влияние добавок на основе термомодифицированного торфа на свойства цементно-песчаных растворов. Установлено, что введение добавок приводит к снижению водоотделения раствора, повышению прочности раствора при сжатии на 20,19 %, при изгибе на 10,3 %, а также к улучшению гидрофизических характеристик, увеличению прочности сцепления с основанием и морозостойкости затвердевшего раствора.

Установлено, что присутствие модифицирующих добавок на основе торфа в составе строительных растворов приводит к повышению прочности сцепления затвердевших растворов с основаниями до 40 %, что может быть связано с сорбированием на поверхности подложки веществ органических групп, содержащихся в добавке, обладающих низким поверхностным натяжением, что обуславливает увеличение числа и площади контактов срастания взаимодействующих фаз и, следовательно, способствует увеличению адгезионной прочности

Установлено, что введение добавки МТ-600 в состав цементно-песчаного раствора способствует повышению модуля упругости на 2 %, что может быть связано с формированием структур твердения, работающих под нагрузкой, без появления зон с пластическими деформациями.

В соответствии с полученными результатами научных исследований разработаны технологические приёмы приготовления сухих строительных смесей, включающие приготовление модифицирующей добавки на основе торфа. Разработаны технические условия и технологический регламент.

Проведённые опытно-промышленные испытания составов подтвердили технические характеристики разработанных сухих строительных смесей, обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций по диссертационной работе.

Определен технико-экономический эффект практического применения разработанных сухих строительных смесей для кладочных, монтажных и клеевых составов. Установлено, что стоимость сухих строительных смесей с применением торфяных добавок в среднем на 20 % ниже по сравнению с существующими аналогами.

Дальнейшие исследования целесообразно продолжить в направлении изучения влияния модифицирующих добавок на основе торфа на контрактционную усадку цементного камня, применения добавок в составах тяжелых и ячеистых бетонов и создания модифицирующих добавок на основе торфа верхового и переходного типа.

*Автор выражает глубокую признательность и благодарность заведующему кафедрой химии, д.т.н., профессору Саркисову Юрию Сергеевичу за участие в обсуждении результатов работы.*

### **Основные публикации по теме диссертации**

#### **Идания из перечня ВАК России**

1. Саркисов Ю.С. О некоторых аспектах применения наноматериалов и нанотехнологий в строительстве / Саркисов Ю.С., Копаница Н.О., Касаткина А.В. // Вестник ТГАСУ.- 2012.- № 4.- С.226-234.

2. Копаница Н.О. Эффективные органоминеральные добавки на основе местного сырья / Копаница Н.О. Саркисов Ю.С., Касаткина А.В. // Вестник ТГАСУ.- 2013.- № 4.- С.184-190.

3. Копаница Н.О. Новые органоминеральные добавки на основе торфа для цементных систем / Копаница Н.О., Саркисов Ю.С., Касаткина А.В. // Строительные материалы – 2015, № 4.- С.93-96.

#### **В других изданиях**

4. Kopanitsa N.O. Methods for Producing of Cement Mixes Additives Based on Peat / Kopanitsa N.O., Sarkisov Yu.S., Kasatkina A.V. // Advanced Materials Research Vol. 1085 (2015) – Switzerland: Trans Tech Publications, -2015. – pp 324-327.

5. Kudyakov A.I. Foam concrete of increased strength with the thermomodified peat additives / Kudyakov A.I., Kopanitsa N.O., Sarkisov Yu.S., Kasatkina A.V. Prischepa I.A. // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 71 (2015) 012012.

6. Копаница Н.О. Исследование теплофизических свойств торфодревесных материалов / Копаница Н.О., Касаткина А.В. // Материалы 55-ой научно-технической конференции студентов и молодых ученых.- Томск, 2009.- С. 104-106.

7. Ковалева М.А. Проблемы прогнозирования долговечности теплоизоляционных материалов на основе органоминерального сырья / Ковалева М.А., Копаница Н.О., Касаткина А.В. // VI Международная конференция студентов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук».- Томск, 2009.- С. 795-797.

8. Копаница Н.О. Исследование влияния модифицирующих добавок на основе торфа на свойства цементного камня / Копаница Н.О., Касаткина А.В. // Материалы 56-ой научно-технической конференции студентов и молодых ученых.- Томск, 2010 г.- С.106-109.

9. Копаница Н.О. Модифицирующие добавки из местного органоминерального сырья для сухих строительных смесей / Копаница Н.О., Касаткина А.В. // VII Международная конференция студентов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук».- Томск, 2010.- С. 603-605.

10. Копаница Н.О. Повышение гидрофобных свойств сухих строительных смесей на основе цемента / Копаница Н.О., Саркисов Ю.С., Касаткина А.В. // Науковий вісник будівництва, Вип. 59. Харків.- 2010.- С. 90-93.

11. Копаница Н.О. Влияние термомодифицированного торфа на свойства цементных систем / Копаница Н.О., Кудяков А.И., Саркисов Ю.С., Касаткина А.В. // Международная научно-практическая конференция «Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов» XIX научные чтения. Сборник докладов. Часть 1.- Белгород, 2010.- С. 166-170.

12. Копаница Н.О. Каталитические добавки на основе термоактивированного торфа для цементных композиций / Копаница Н.О., Саркисов Ю.С., Касаткина А.В. // Сборник научных трудов Всероссийской научной школы для молодежи «Приборное и научно-методическое обеспечение исследований и разработок в области каталитического превращения бифункциональных органических соединений».- Томск, 2010.- С. 8-9.

13. Копаница Н.О. Перспективы использования торфа в строительной индустрии / Копаница Н.О., Саркисов Ю.С., Касаткина А.В. // VIII Международная конференция студентов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук».- Россия, Томск, 2011.- С. 543-545.

14. Копаница Н.О. Комплексные добавки для цементных композиций на основе химически модифицированного растительного сырья / Копаница Н.О., Касаткина А.В., Нельзина О.В. // IX Международная конференция студентов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук».- Томск, 2012.- С.733-735.

15. Копаница Н.О. Использование метода термоактивации торфа как способа получения добавки для клинкерного вяжущего / Копаница Н.О., Касаткина А.В. // Новые технологии в строительном материаловедении. Международный сборник научных статей «Новые технологии в строительном материаловедении».- Новосибирск: Изд-во НГАУ.-2012.- С. 62-96.

16. Касаткина А.В. Возможности использования местного сырья с целью повышения качества сухих строительных смесей / Касаткина А.В., Лукьянчикова А.С. // Материалы международной конференции «Качество-стратегия XXI века».- Томск, 2012. С.67-70.

17. Касаткина А.В. Использование наномодификаторов для улучшения свойств цементных композиций / Касаткина А.В., Демьяненко О.В., Лукьянчикова А.С. // X Международная конференция студентов и молодых

ученых «Перспективы развития фундаментальных наук.- Томск, 2013.- С.689-691.

18. Касаткина А.В. Активная добавка для строительных смесей на основе органоминерального сырья / Касаткина А.В., Демьяненко О.В., Лукьянчикова А.С. // Перспективные материалы в технике и строительстве. Материалы Первой Всероссийской научной конференции молодых ученых с международным участием. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2013.- С.371-373.

19. Касаткина А.В. Полифункциональные модификаторы на основе торфа для сухих строительных смесей / Касаткина А.В. // IV Международный семинар-конкурс молодых ученых и аспирантов, работающих в области вяжущих веществ, бетонов и сухих смесей: сборник докладов. – СПб.: Издательство «АлитИнформ», 2013.- С. 60-66.

20. Касаткина А.В. Полифункциональные модификаторы на основе торфа для сухих строительных смесей / Касаткина А.В., Демьяненко О.В., Копаница Н.О., Саркисов Ю.С. // Международный сборник научных трудов «Инновационные разработки и новые технологии в строительном материаловедении».– Новосибирск: Изд-во НГАУ.–2014.– С. 36-39.

21. Касаткина А.В. Способы получения добавок на основе торфа для цементных смесей / Касаткина А.В., Демьяненко О.В., Копаница Н.О., Саркисов Ю.С. // XI Международная конференция студентов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук».- Томск, 2014.- С.769-771.

22. Касаткина А.В. Исследование влияния модифицирующих добавок на основе растительного сырья на свойства цементных композиций / Касаткина А.В., Демьяненко О.В., Копаница Н.О., Саркисов Ю.С. // Международный сборник научных трудов «Строительные материалы 4С: состав, структура, состояние, свойства».– Новосибирск: Изд-во НГАУ.–2015.– С. 116-120.

23. Патент РФ № 107151 Рос. Федерация. Установка для получения модифицирующей торфяной добавки и производства сухих строительных смесей с указанной добавкой / Ю.С. Саркисов, Н.О. Копаница, А.В. Касаткина. (ТГАСУ). опубл. 10.08.2011 // Полезная модель (Заявки и патенты). – 2011. – №22.

Подписано в печать 22.10.2015. Формат 60x84.  
Бумага офсет. Гарнитура Таймс. Уч.-изд. л. 1,15.  
Тираж 120 экз. Заказ №55

Изд-во ФГБОУ ВО «ТГАСУ», 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2.  
Отпечатано с оригинал макета автора в ООП ФГБОУ ВО «ТГАСУ».  
634003, г. Томск, ул. Партизанская 15.