

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКИ ИЗ ОТХОДОВ ТОРФА И ОСАДКОВ ХИМИЧЕСКОЙ ВОДОПОДГОТОВКИ ТЭЦ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА

## APPLICATION OF COMPLEX ADDITIVE FROM PEAT WASTES AND SEDIMENTS OF CHEMICAL WATER TREATMENT OF THERMAL POWER PLANT IN PRODUCTION OF CERAMIC BRICKS

УДК 691.4

А.В. Гречаников<sup>1\*</sup>, А.С. Ковчур<sup>1</sup>, П.И. Манак<sup>2</sup>,  
И.А. Тимонов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Витебский государственный технологический университет

<sup>2</sup>ОАО «Обольский керамический завод»

<https://doi.org/10.24412/2079-7958-2023-1-77-89>

A. Hrachanikau<sup>1\*</sup>, A. Kauchur<sup>1</sup>, P. Manak<sup>2</sup>,  
I. Tsimanav<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Vitebsk State Technological University

<sup>2</sup>Obolsky Ceramic Plant JSC

### РЕФЕРАТ

*ТОРФ, КОМПОЗИЦИОННАЯ ДОБАВКА, ТЕХНОГЕННЫЕ ПРОДУКТЫ, ОСАДКИ ХИМВОДОПОДГОТОВКИ, ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛИ, КИРПИЧ КЕРАМИЧЕСКИЙ*

Целью работы являлась оценка эффективности использования композиционной добавки на основе осадков химводоподготовки ТЭЦ и углесодержащих компонентов (торфа) при изготовлении керамического кирпича. Рассмотрена целесообразность использования торфосодержащих компонентов в сочетании с непрокалёнными осадками химводоподготовки теплоэлектростанций в качестве добавки в керамическую массу при производстве различных изделий. Представлено решение технической задачи введением в стандартную керамическую массу для производства строительного кирпича, дополнительно торфа фракции 0,5–5 мм в количестве 2–3,5 мас.% и непрокалённых осадков химводоподготовки теплоэлектростанций в количестве до 10 мас.%. На ОАО «Обольский керамический завод» изготовлены опытные образцы керамического кирпича с композиционной добавкой углесодержащих компонентов (торфа) и осадков химической водоподготовки. Исследова-

### ABSTRACT

*PEAT, COMPOSITE ADDITIVE, TECHNOGENIC PRODUCTS, SEDIMENTS OF CHEMICAL WATER TREATMENT, THERMAL POWER PLANTS, CERAMIC BRICK*

The purpose of the work was to assess the effectiveness of using a composite additive based on the sediments of chemical water treatment of thermal power plants and coal-containing components (peat) in the manufacture of ceramic bricks. The feasibility of using peat-containing components in combination with non-calcined sediments of chemical water preparation of thermal power plants as an additive to the ceramic mass in the production of various products is considered. Solution of technical problem is presented by additionally introducing peat with fraction of 0.5–5 mm in amount of 2–3.5 wt% and non-calcined sediments of chemical water preparation of heat and power plants in amount of up to 10 wt% into standard ceramic mass for production of building bricks. At Obolsky Ceramic Plant, prototypes of ceramic bricks with a composite additive of coal-containing components (peat) and chemical water treatment deposits were made. Studies of the physical and mechanical properties of the prototypes showed that the resulting ceramic brick corresponds to

\* E-mail: [grec\\_alex@rambler.ru](mailto:grec_alex@rambler.ru) (A. Hrachanikau)

*ния физико-механических свойств опытных образцов показали, что полученный керамический кирпич соответствует СТБ 1160-99 «Кирпич и камни керамические. Технические условия».*

*STB 1160-99 «Ceramic bricks and stones. Specifications».*

Рациональное использование природных ресурсов в настоящее время приобретает особое значение. Сложившаяся ситуация в области образования, накопления и размещения отходов топливно-энергетической отрасли ведет к загрязнению окружающей среды. В тоже время, использование отходов топливно-энергетической отрасли в качестве вторичных ресурсов развито недостаточно. Учитывая результаты проведенных исследований [1] перспективным является их применение в качестве добавки в керамические материалы.

Основными сырьевыми материалами для производства керамических изделий являются глины и каолины. Наряду с этим широко используются смеси с различными добавками, например плавнями, отошающими, порообразующими, пластифицирующими. В литературе и патентообладающей информации имеются сведения о влиянии различных добавок на физико-механические свойства керамических изделий. Отошающие и выгорающие добавки такие, как шамот, торф и т. п., вводятся в состав керамической массы для понижения пластичности и уменьшения воздушной и огневой усадки глин. Порообразующие материалы (молотые мел, доломит) вводят в сырьевую массу для повышения пористости и понижения теплопроводности. Эти добавки при обжиге выделяют диоксид углерода. А отошающие и выгорающие добавки (торф, древесные опилки, измельченный бурый уголь, отходы углеобогатительных фабрик и лигнин) способствуют равномерному спеканию керамического изделия. Плавни (полевые шпаты, железная руда, доломит, магнезит, тальк) добавляются для снижения температуры спекания глины.

Целью представленной работы является оценка эффективности использования композиционной добавки на основе осадков химводоподготовки ТЭЦ и углесодержащих компонентов (торфа) при изготовлении керамического кирпича.

Объектом исследования является керамическая масса для изготовления кирпича керамического рядового полнотелого одинарного КРО, включающая композиционную добавку на основе осадков химводоподготовки ТЭЦ «Южная» ОАО «Витязь» и отходов дробленого торфа.

Исследования возможности использования отходов углесодержащих компонентов при производстве различных строительных материалов проводились в разных странах достаточно давно. Например, в работах В.З. Абдрахимова с соавторами обоснована возможность и целесообразность использования для производства керамического материала шлака от сжигания бурого угля Канско-Ачинского бассейна на Красноярской ТЭЦ-2 [2, 3]. Установлено, что шлак, имея повышенные содержания оксидов железа, кальция и щелочей способствует спеканию керамических материалов при относительно невысоких температурах обжига. Получены легковесные (теплоизоляционные) и высокомарочные кирпичи без применения природных традиционных материалов с высокими физико-механическими показателями.

Большие запасы торфа в Республике Беларусь, многообразие его вещественного состава, полифункциональность свойств и разнотипность структуры на макро-, мезо-, микро- и электронном уровнях позволяют рассматривать его, как ценный источник сырья для энергосберегающего производства новых строительных материалов с заданными свойствами. Согласно принятой классификации [4], торфы по условиям генезиса делят на три типа: низинный, переходный и верховой. Низинный торф отлагается в условиях богатого минерального питания и связан с высоким уровнем грунтовых вод. Он характеризуется повышенной зольностью (>10 %), его кислотность близка к нейтральной ( $pH = 6.5 - 7.0$ ) и имеет значительную степень разложения. Переходный торф характеризуется средней зольностью (5–10 %) и слабокислой реакцией

( $pH = 4.5-5.5$ ). Верховой торф формируется в условиях бедного минерального питания с низкой зольностью (до 5 %) и с кислой средой ( $pH = 3.2-4.2$ ).

Все три вида торфа отличаются различным содержанием битумных, водорастворимых веществ, легкогидролизуемых, редуцирующих, трудногидролизуемых, гуминовых кислот [4, 5].

В настоящее время разработаны способы и технологические процессы использования торфосодержащих добавок при производстве керамических материалов, гидрофобных, гидрофильных и амфотерных комплексов, связующих и поверхностно-активных соединений [6]. Целесообразность выделения тех или иных веществ из торфа определяется направлением их использования в технологии получения материалов различного технического назначения. Несмотря на достаточно изученное направление, исследования по использованию торфосодержащих компонентов в качестве добавок в керамическую массу при производстве различных изделий ведутся и в настоящее время [7, 8]. В работах Саркисова Ю.С. показано, что направленный выбор типа торфа, способов его активации и модификации определяется технологическими особенностями синтеза материалов и их влиянием на эксплуатационные свойства изделий на их основе [6]. Особое значение при добавлении торфосодержащих компонентов при производстве керамического кирпича является расчет и выбор технологических параметров формирующего и сушильно-обжигового оборудования.

Торф представляет собой сложную полидисперсную многокомпонентную неоднородную полукolloидно-высокомолекулярную систему, состоящую обычно из трех фаз – твердой, жидкой и газообразной. Размеры отдельных частиц твердой фазы торфа или его скелета весьма разнообразны и изменяются от нескольких миллиметров до долей микрометра. На границе раздела между отдельными фазами действуют поверхностные силы, обуславливающие в торфе существование поверхностной энергии и ряда особых свойств, присущих дисперсным системам. Уникальность торфа как природного образования состоит в том, что он, благодаря содержанию большого разнообразия органических и неорганических компонентов, является универсаль-

ным структурообразователем. Определяющее значение в этом принадлежит содержащимся в торфе гуминовым веществам. Установлено, что ионообменная способность торфа изменяется в пределах от 1000 до 250 мг-экв/100 г сухого вещества, 65–70 % объемной емкости приходится на долю гуминовых веществ, 20–30 % – на долю углеводного комплекса и 5–10 % на долю негидролизуемого остатка – лигнина.

Таким образом, торф и глинистые материалы по своим свойствам объединяются высокой дисперсностью и гидрофильностью и способности к сорбции и ионному обмену. Высокая чувствительность структуры торфа к ионообменным процессам оказывает возможность управления и обеспечения оптимальных условий структурообразования при добавлении к глинистым системам в процессе сушки и обжига керамического образца.

Обычно концентрацию дисперсной фазы в дисперсной системе, при которой происходит качественное изменение свойств системы, называют критической концентрацией структурообразования. При достижении такой концентрации в дисперсной системе самопроизвольно возникает пространственная структура из взаимодействующих между собой частиц. Взаимодействие частиц через тонкую прослойку жидкой фазы приводит к формированию коагуляционных контактов. После разрушения эти контакты обратимо восстанавливаются, и это свойство называется «тиксотропия». Именно поэтому производят увлажнение глиняного сырья и его перемешивание – разрушают коагуляционные контакты. И именно поэтому выгорающие добавки, по известным техническим решениям, тоже имеют высокую влажность – для уменьшения концентрации дисперсной фазы глиняного сырья и предотвращения структурообразования до момента формования. Выгорающие добавки могут иметь низкую влажность, поскольку имеют форму гранул с прочной оболочкой и значительно медленнее поглощают влагу из глиняного сырья, не увеличивая концентрацию дисперсной фазы.

Кроме того, выгорающие добавки вводятся в глиняное сырье непосредственно перед формованием с минимальным временем на поглощение влаги выгорающими добавками из глиня-

ного сырья. После формования глиняного сырья выгорающие добавки, равномерно распределенные по объему кирпича сырца, постепенно поглощают влагу, ускоряют при этом структурообразование и коагуляционные процессы в глиняном сырье, а во время сушки способствуют более равномерной сушке во всем объеме кирпича и, следовательно, уменьшению возникающих при сушке напряжений, что ведет к повышению качества готовой продукции [2].

Одним из вариантов модифицирования гранул торфа является создание на гранулах гидрофобной оболочки. Такая оболочка увеличивает время нахождения сухих гранул во влажном глиняном сырье. А в процессе сушки кирпича сырца и его обжига приводит к уменьшению скорости поглощения влаги торфом, равномерно распределенном по объему кирпича сырца и более равномерной сушке без возникновения в кирпиче внутренних напряжений. Однако дополнительная операция по модифицированию гранул торфа приведет к удорожанию разрабатываемого технологического процесса, что скажется на цене готовой продукции.

В производственных условиях ОАО «Обольский керамический завод» в рамках 2018 – Х/Д № 205 № ГР 20181866 была исследована возможность использования композиционной добавки на основе осадков химводоподготовки ТЭЦ и отходов дробленого торфа фракцией 0,5–5,0 мм при производстве керамического кирпича с целью снижения энергетических затрат, повышения физико-механических свойств изделия и снижения себестоимости готовой продукции.

На ОАО «Обольский керамический завод» торф уже используется в качестве выгорающей добавки при производстве керамического кирпича. Для этого применяется торф дробленый фракции 0,5–5,0 мм. Выгорающая добавка изготавливается из брикета топливного (СТБ 1919-2008 «Брикеты топливные на основе торфа») [9]. Средняя относительная влажность торфа 43,9 %. Зерновой состав торфа дробленого после рассева составляет: 3–5 мм – 3,34 %; 2–3 мм – 19,4 %; 1–2 мм – 34,34 %; 0,5–1 мм – 12,65 %; 0,25–0,5 мм – 11,36 %; менее 0,25 мм – 18,91%. Количество вводимых компонентов в шихту составляет, % масс: глина – 75; песок – 15; шамот – 5; торф – 5. Из указанного состава производится кирпич керамический полнотелый одинарный (КРО) маркой по прочности М175. В таблице 1 представлены показатели обычной продукции – кирпича КРО и показатели продукции – кирпича КРО с добавлением торфа.

Для кирпича керамического полнотелого одинарного с маркой по прочности М175 СТБ 1160-99 «Кирпич и камни керамические. Технические условия» [10] устанавливаются следующие требования (средние для 5-ти образцов):

- предел прочности при сжатии – не менее 17,5 МПа;
- водопоглощение должно быть не менее 8 %;
- геометрические размеры: длина – 250±5 мм; ширина – 120±4 мм; толщина – 65±3 мм.

Как видно из таблицы 1 физико-механические свойства и геометрические размеры кирпича с добавлением торфа отвечают требованиям СТБ 1160-99 [10,11]. В работе [11] авторами

Таблица 1 – Показатели кирпича КРО обычного и с добавлением торфа (усреднённые значения)

| Показатели обычного кирпича КРО |      |                |                           | Показатели кирпича КРО с добавлением торфа |      |                |                           |
|---------------------------------|------|----------------|---------------------------|--|------|----------------|---------------------------|
| Масса, г                        |      | Размеры, мм    | Прочность при сжатии, МПа | Масса, г                                   |      | Размеры, мм    | Прочность при сжатии, МПа |
| форм                            | гот. |                |                           | форм                                       | гот. |                |                           |
| 4701                            | 3565 | 248,7×119,9×65 | 20,2                      | 4060                                       | 3350 | 248,9×120,2×65 | 18,72                     |
| Средняя плотность               |      |                | 1,84 г/см <sup>3</sup>    | Средняя плотность                          |      |                | 1,72 г/см <sup>3</sup>    |
| Водопоглощение                  |      |                | 16,5-17,5 %               | Водопоглощение                             |      |                | 16,95 %                   |

проведены исследование влияния высококалорийных и низкокалорийных выгорающих добавок на характеристики поризованной керамики.

Исходя из анализа литературных источников и патентного поиска, при производстве кирпича и камня керамического отходы торфа в сочетании с непрокалёнными осадками химводоподготовки теплоэлектроцентралей не применялись. Поставленная задача решается тем, что керамическая масса для производства строительного кирпича, содержащая легкоплавкую глину, дополнительно содержит шамот, песок, торф фракции 0,5–5,0 мм и непрокалённые осадки химводоподготовки теплоэлектроцентралей при следующем соотношении компонентов, мас. % (таблица 2) [12].

В качестве добавки в керамическую массу вводят измельчённый торф фракции 0,5–5,0 мм и непрокалённые осадки химводоподготовки теплоэлектроцентралей. Торф имеет массовую долю зерен фракции: более 5 мм – до 10 %, ме-

нее 5 мм – 90–100 %, средняя относительная влажность торфа – 40 %. Осадки химводоподготовки теплоэлектроцентралей представляют собой пастообразную массу коричневого цвета с рабочей влажностью 17–20 %. Результаты исследований химического и фазового состава осадков химической водоподготовки ТЭЦ, представлены в работах [13, 14].

Оксидный состав (усредненное содержание) непрокалённых осадков химводоподготовки теплоэлектроцентралей представлен в таблице 3.

Для того, чтобы снизить вредное влияние на физико-механические и эксплуатационные свойства кирпича наличия в осадках химической водоподготовки ТЭЦ фаз кальцита ( $CaCO_3$ ) и оксида кальция ( $CaO$ ), осадки химической водоподготовки ТЭЦ проходили интенсивную механическую активацию [14].

Гранулометрический состав шамота установлен методом сухого просеивания набором сит.

Таблица 2 – Состав керамической массы для производства кирпича

| Компонент состава  | Содержание, мас. % |
|--|--------------------|
| шамот  | 2,0–3,5            |
| песок  | 10–15              |
| торф фракции 0,5–5,0 мм                                      | 2,0–3,5            |
| непрокалённые осадки химводоподготовки теплоэлектроцентралей | до 10              |
| легкоплавкая глина   | остальное          |

Таблица 3 – Оксидный состав непрокалённых осадков химводоподготовки теплоэлектроцентралей (усредненное содержание)

| Компонент состава   | Содержание, мас. % |
|---------------------|--------------------|
| $CaCO_3$ и $MgCO_3$ | 71,1               |
| $SiO_2$             | 10,2               |
| $FeO$               | 8,6                |
| $Al_2O_3$           | 4,9                |
| $K_2O$              | 1,2                |
| $ZnO$               | 0,5                |
| $TiO_2$             | 0,4                |
| $Na_2O$             | 0,3                |
| примеси             | остальное          |

Результаты приведены в таблице 4.

Гранулометрический состав осадков химводоподготовки теплоэлектроцентралей установлен методом сухого просеивания набором сит. Результаты приведены в таблице 5.

Приготовление керамической массы для производства строительного кирпича производилось следующим образом. Легкоплавкая глина поступает в глинорыхлитель и дозируется питателем в соответствии с рецептурой в количестве 75–81 мас.%. Размеры кусков глины – не более 300 мм. Глина не должна иметь примесей вскрышных пород и растительного слоя. Карьерная влажность глины – 20,5–25,5 %. Отощающие и выгорающие добавки (шамот – 2,0–3,5 мас.%, торф фракции 0,5–5,0 мм – 2,0–3,5 мас.%) дозируются в соответствии с рецептурой питателем и подаются на линию приготовления отощающих добавок. В молотковой дробилке производится их измельчение. Шамот с размером фракции более 5 мм подается на домол в молотковую дробилку. Песок – 10–15 мас.% и непрокаленные осадки химводоподготовки теплоэлектроцентралей – 5–10 мас.% дозируются в соответствии с рецептурой, поступают на линию просева, где отсеивается крупная фракция (>8 мм). Затем из глинозапасника глина подается на глинорыхлитель, где производится её измельчение. Добавки подаются через питатели. Все компоненты глиномассы в заданных количествах поступают на смеситель, где перемешиваются, измельчаются и усредняются. Затем по конвейеру глиномасса

поступает в смеситель и далее в шнековый вакуумный пресс, где производится формирование кирпича. Начальная формовочная влажность глиномассы 18±2 %. Резка на кирпичи осуществляется на автоматах однострунной и многострунной резки. Разряжение в вакуум-камере – 0,091±0,004 МПа. Давление в голове прессы для полнотелого кирпича – 0,7–1,23 кПа. Далее по конвейеру кирпич подается на сушильные вагонетки. Сушка осуществляется в туннельных сушилках непрерывного действия. Подача теплоносителя верхняя, отбор – нижний. Теплоноситель – горячий воздух. Температура теплоносителя, поступающего в туннели 85±10 °С. Относительная влажность кирпича на выходе из сушилки – 3,0±2 %. Срок сушки – 30–44 часа. Затем кирпич направляется на обжиг. Время обжига составляет 69 часов. Температура обжига для кирпича рядового составляет 980–1000 °С. Обобщенная структурная схема технологии изготовления керамического кирпича представлена на рисунке 1.

В производственных условиях ОАО «Обольский керамический завод» был изготовлен кирпич керамический полнотелый одинарный (КРО) маркой по прочности М175 и проведены его испытания, результаты которых представлены в таблице 6.

На рисунке 2 приведена дериватограмма шихты, содержащей в качестве выгорающей добавки торф и осадки водоподготовки.

На кривой энтальпии ДТА шихты с торфом наблюдается три эндотермических эффекта и

Таблица 4 – Гранулометрический состав шамота

|                        | Размер частиц (остаток на сите), мм |           |          |       |       |         |
|------------------------|-------------------------------------|-----------|----------|-------|-------|---------|
|                        | Менее 0,25                          | 0,50–0,25 | 2,0–0,5  | 2–1   | 3–2   | 5–3     |
| Массовая доля зёрен, % | 30,0–13,5                           | 5–20      | 10,0–0,5 | 20–40 | 10–20 | 2,5–7,0 |

Таблица 5 – Гранулометрический состав осадков химводоподготовки теплоэлектроцентралей

|               | Размер частиц (остаток на сите), мм |      |      |      |     |      |
|---------------|-------------------------------------|------|------|------|-----|------|
|               | Менее 0,1                           | 0,1  | 0,2  | 0,5  | 1,0 | 2,0  |
| Количество, % | 21,5                                | 11,1 | 22,9 | 13,1 | 9,6 | 20,3 |

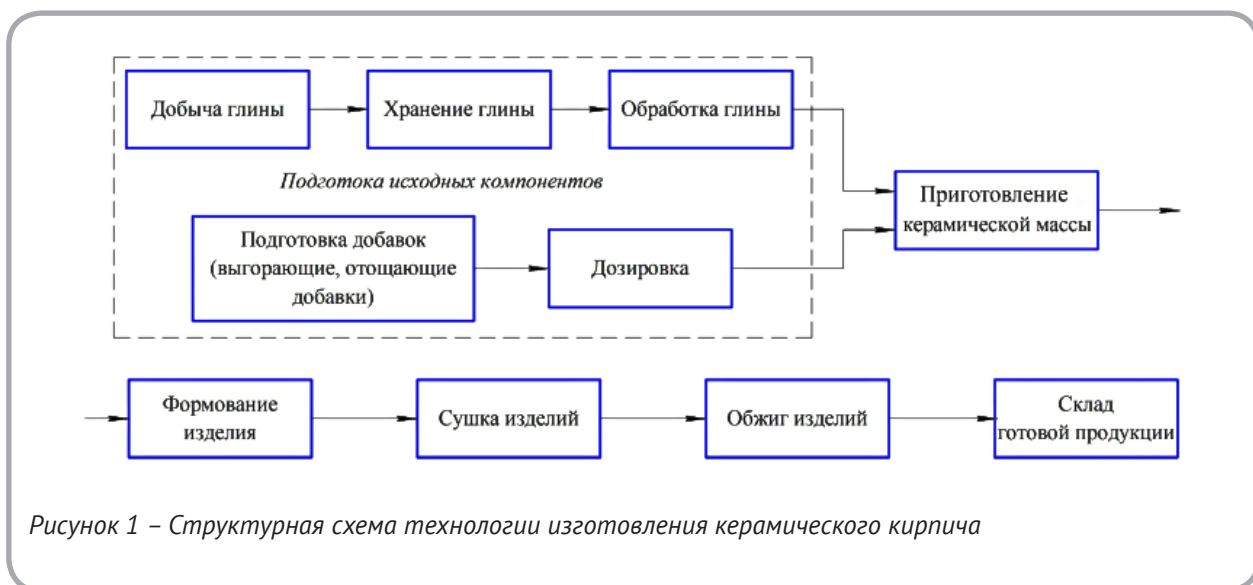


Таблица 6 – Физико-механические показатели кирпича

| Наименование показателя             | Нормированное значение показателей по СТБ 1160-99 (кирпич керамический полнотелый одинарный с маркой по прочности М175) | Среднее значение показателей для пяти образцов  |  |
|-------------------------------------|---|---|--|
|                                     |   | Соотношении компонентов керамической массы для производства строительного кирпича (мас.%)   |  |
|                                     |   | – легкоплавкая глина 81;<br>– шамот – 2,0;<br>– песок – 10;<br>– торф фракции 0,5–5,0 мм – 2,0;<br>– непрокаленные осадки химводоподготовки теплоэлектроцентралей – 5 | – легкоплавкая глина 75;<br>– песок – 11,5;<br>– торф фракции 0,5–5,0 мм – 3,5;<br>– непрокаленные осадки химводоподготовки теплоэлектроцентралей – 10 |
| 1. Морозостойкость, марка           | F 35  | 35  | 35   |
| 2. Предел прочности при сжатии, МПа | не менее 17,5   | 30,2  | 33,1   |
| 3. Предел прочности при изгибе, МПа | не менее 3,1  | 4,7   | 4,3  |
| 4. Водопоглощение, %                | не менее 8  | 14,5  | 14,5   |

три экзотермических эффекта. Первый эндотермический эффект с минимумом при температуре 75 °С соответствует удалению физически связанной воды из шихты. Далее на кривой ДТА идут три экзотермических эффекта с максимумами при температурах 315, 400 и 500 °С, кото-

рые связаны с протеканием процессов пиролиза и окисления органических соединений в составе торфа, что подтверждается потерей массы. При температуре 550 °С наблюдается эндотермический эффект соответствующий процессу удаления химически связанной воды (дегидратации)

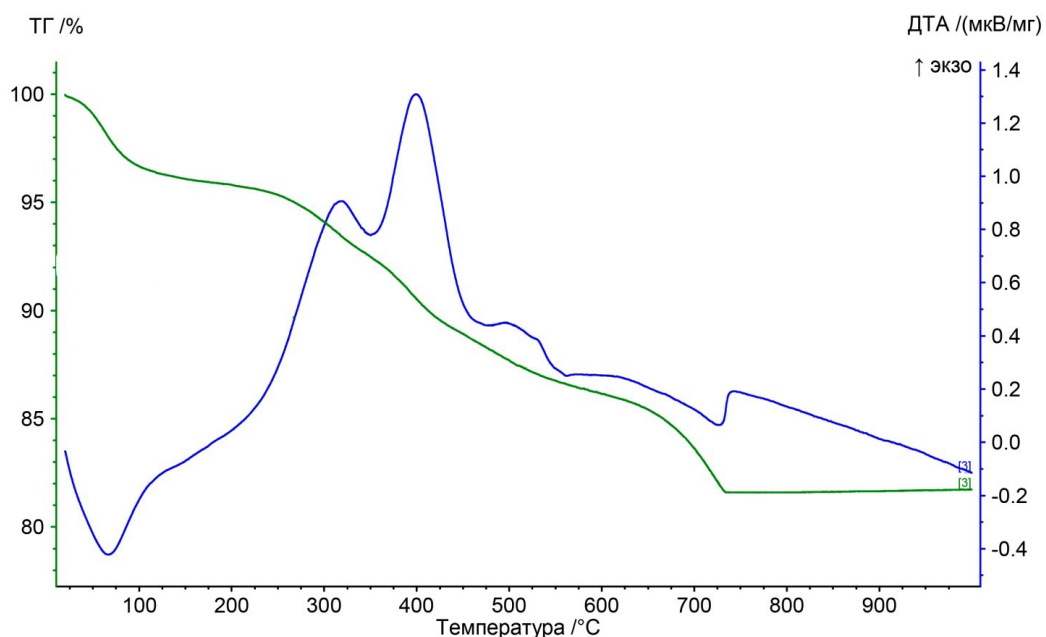


Рисунок 2 – Дериватограмма шихты с торфом

из глинистых минералов. Эндотермический эффект с минимумом при температуре 725 °С очевидно соответствует процессу разложения примесного карбоната магния, который входит в состав глин [15, 16].

На основании полученных дериватограмм можно сделать вывод о ступенчатом окислении торфа, при котором, основное количество тепла, выделяется в интервале температур 250–450 °С, что также подтверждается данными калориметрии. Окисление торфа сопровождается интенсивным газовыделением, и, соответственно, основной процесс порообразования также происходит в интервале температур 250–450 °С до начала спекания глинистых минералов. Следовательно, образующиеся газы формируют открытую каналобразующую пористость и могут безопасно выйти из черепка изделия, не разрушая его. Исследование структуры полученных образцов проводилось на изломе. На рисунке 3 представлена структура образцов с добавками при увеличении в 100 и 200 раз. Структура материала представлена равномерно распределёнными порами преимущественно сферической формы размерами 0,5–1 мм.

На рисунке 4 представлена структура образца, изготовленного с применением в качестве выгорающей добавки торфа и отходов водоподготовки, сделанная с использованием СЭМ Tescan Mira 3 LMN.

На фотографии структуры образца с добавками видны поры небольших размеров, в основном округлой формы с неровными краями.

На основании проведённых исследований с использованием различных выгорающих добавок можно сделать вывод о возможности изготовления изделий керамики с заданными характеристиками. Из полученных результатов (таблица 2) видно, что использование в качестве выгорающей добавки торфа до 3,5 % и осадков химводоподготовки в количестве до 10 % соответственно позволяет получить изделия, соответствующие требованиям СТБ 1160-99 (кирпич керамический полнотелый одинарный с маркой по прочности М175).

При этом с увеличением содержания торфа (с 3 до 5 %) и осадков химводоподготовки (с 5 % до 10 %) приводит к увеличению предела прочности при сжатии с 30,2 МПа до 33,1 МПа, но в тоже время к снижению предела прочности



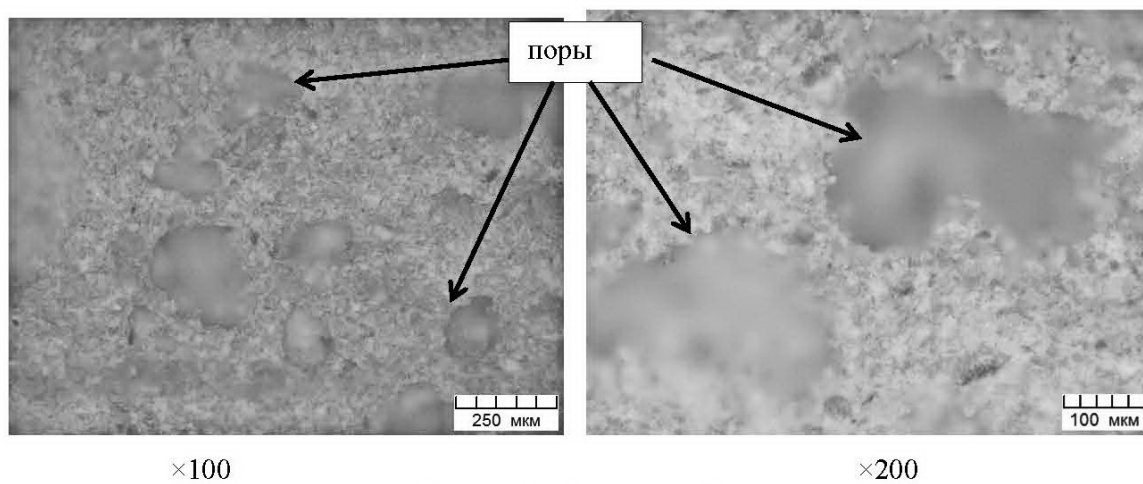


Рисунок 3 – Структура образца

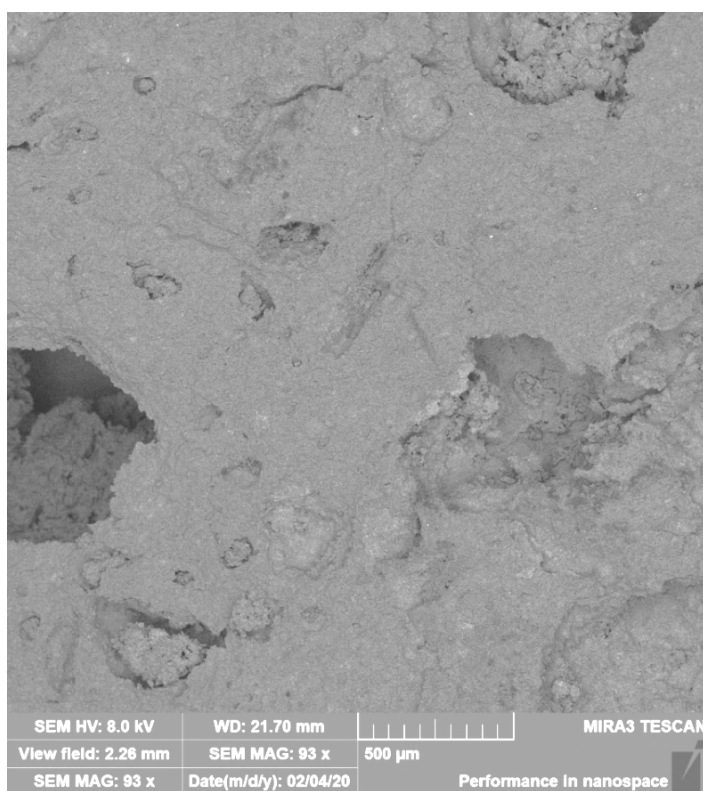


Рисунок 4 – Структура образца с добавками

при изгибе с 4,7 *МПа* до 4,3 *МПа*. При этом водопоглощения изделий не изменяется, однако наблюдается его существенный рост (до 14,5 %) по сравнению с нормативным показателем. Торф, выгорая до начала спекания глиняного черепка, создает первоначальную пористость, что в свою очередь обеспечивает выделение дополнительного тепла по всему объёму материала в температурном интервале начала спекания черепка, а отходы водоподготовки мелких фракций способствуют стабилизации механических свойств, за счет формирования более равномерной гранулированной структуры.

#### ВЫВОД

Проведенные на ОАО «Обольский керамический завод» исследования физико-механических свойств образцов керамического кирпича показали эффективность использования композиционной добавки из торфа фракцией

0,5–5,0 *мм* и непрокаленных осадков химводоподготовки теплоэлектроцентралей. Полученный кирпич соответствует требованиям СТБ 1160-99 «Кирпич и камни керамические. Технические условия». Добавление торфа фракции 0,5–5 *мм* в количестве 2–3,5 мас.% и непрокаленных осадков химводоподготовки теплоэлектроцентралей в количестве до 10 мас.% при производстве изделий из керамической массы способствует равномерной сушке во всем объеме кирпича, уменьшению возникающих при сушке напряжений, определяющих повышение физико-механических свойств керамических изделий. Результаты работы апробированы, имеют практическую значимость, планируются к внедрению в производство и получены документы, подтверждающие право собственности на результаты интеллектуальной деятельности (патент ВУ № 23584 и патент №2763232 Российской Федерации) [17, 18].

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дворкин, Л. И., Дворкин, О. Л. (2007), *Строительные материалы из отходов промышленности: учебно-справочное пособие*, Ростов н/Д, Феникс, 2007, 368 с.
2. Абдрахимов, В. З., Хасаев, Г. Р., Абдрахимова, Е. С., Колпаков, А. В. (2013), Использование углеродсодержащих отходов топливно-энергетического комплекса в производстве керамических материалов различного назначения, *Экология и промышленность России*, 2013, № 9, С. 30–33.
3. Абдрахимов, В. З., Абдрахимова, Е. С. (2014), Использование шлака от сжигания угля Канско-Ачинского бассейна в производстве керамических материалов на основе межсланцевой глины, *Экология и промышленность России*, 2014, № 3, С. 36–39.

#### REFERENCES

1. Dvorkin, L. I., Dvorkin, O. L. (2007), *Stroitel'nye materialy iz otkhodov promyshlennosti: uchebno-spravochnoe posobie* [Construction materials from industrial waste: training and reference manual], Rostov n/D, Phoenix, 2007, 368 p.
2. Abdrakhimov, V. Z., Khasaev, G. R., Abdrakhimova, E. S., Kolpakov, A. V. (2013), Ispol'zovanie uglerodsoderzhashchikh otkhodov toplivno-energeticheskogo kompleksa v proizvodstve keramicheskikh materialov razlichnogo naznacheniya [Use of carbon-containing wastes of the fuel and energy complex in the production of ceramic materials for various purposes], *Ekologiya i promyshlennost' Rossii – Ecology and industry of Russia*, 2013, № 9, pp. 30–33.
3. Abdrakhimov, V. Z., Abdrakhimova, E. S. (2014), Ispol'zovanie shlaka ot szhiganiya uglya Kanskogo-Achinskogo basseyna v proizvodstve keramicheskikh materialov na osnove

4. Абрамец, А. М., Лиштван, И. И., Чураев, Н. В. (1992), *Массоперенос в природных дисперсных системах*, Минск, 288 с.
5. Касицкая, Л. В., Саркисов, Ю. С., Горленко, Н. П., Копаница, Н. О., Кудяков, А. И. (2008), *Торфяные ресурсы Томской области и их использование в строительстве*, Томск, 2008, 232 с.
6. Саркисов, Ю. С., Горленко, Н. П., Наумова, Л. Б., Кудяков, А. И., Копаница, Н. О. (2008), Физико-химические особенности процессов активации и модифицирования торфа в технологии строительных материалов, *Вестник ТГПУ*, 2008, Выпуск 4 (78), С. 26–30.
7. *Способ производства поризованного строительного кирпича*, патент 2422409 Российская Федерация, 2010101916/03, заявлен 20.01.2010 ; опубликован 27.06.2011.
8. *Керамическая масса для производства кирпича*, патент 2617743, Российская Федерация, заявлен 04.05.2016, опубликован 26.04.2017.
9. СТБ 1919-2008. *Брикеты топливные на основе торфа*. Введ. 2008-02-24, Минск, Госстандарт Республики Беларусь, 2008, 10 с.
10. СТБ 1160-99. *Кирпич и камни керамические. Технические условия*. Введ. 1999-06-02, Минск, Госстандарт Республики Беларусь, 1999, 47 с.
11. Волочко, А. Т., Азаркова, Е. А., Хорт, Н. А., Манак, П. И. (2021), Исследование влияния высококалорийных и низкокалорийных выгорающих добавок на характеристики поризованной керамики, *Вестник Полоцкого государственного университета. Серия Ф. Строительство. Прикладные науки*, 2021, С. 47–51.
12. СТБ 1450-2010. *Технологическая документация. Рецепттура. Общие требования к разработке*. Введ. 2010-08-30, Минск, Госстандарт Республики Беларусь, 2010, 12 с.
- mezhslantsevoy gliny [Use of slag from coal burning in the Kansko-Acha basin in the production of ceramic materials based on interlayer clay], *Ekologiya i promyshlennost' Rossii – Ecology and industry of Russia*, 2014, № 3, pp. 36–39.
4. Abramets, A. M., Lishtvan, I. I., Churaev, N. V. (1992), *Massopereenos v prirodnykh dispersnykh sistemakh* [Mass transfer in natural dispersed systems], Minsk, 288 p.
5. Kasitskaya, L. V., Sarkisov, Yu. S., Gorlenko, N. P., Kopanitsa, N. O., Kudyakov, A. I. (2008), *Torfyaney resursy Tomskoy oblasti i ikh ispol'zovanie v stroitel'stve* [Peat resources of Tomsk region and their use in construction], Tomsk, 2008, 232 p.
6. Sarkisov, Yu. S., Gorlenko, N. P., Naumova, L. B., Kudyakov, A. I., Kopanitsa, N. O. (2008), *Fiziko-khimicheskie osobennosti protsessov aktivatsii i modifitsirovaniya torfa v tekhnologii stroitel'nykh materialov* [Physical and chemical features of peat activation and modification processes in construction materials technology], *Vestnik TGPU – TSPU Bulletin*, 2008, Release 4 (78), pp. 26–30.
7. *Sposob proizvodstva porizovannogo stroitel'nogo kirpicha* [Method of production of porous building bricks], patent 2422409 Russian Federation, 2010101916/03, filed 20.01.2010; published 27.06.2011.
8. *Keramicheskaya massa dlya proizvodstva kirpicha* [Ceramic mixture for brick production], patent 2617743 Russian Federation, filed 04.05.2016; published 26.04.2017.
9. STB 1919-2008. *Peat-based fuel briquettes*, Entered 2008-02-24, Minsk, Gosstandard of the Republic of Belarus publ., 2008, 10 p.
10. STB 1160-99. *The brick and stones are ceramic. Specifications*, Entered 1999-06-02, Minsk, Gosstandard of the Republic of Belarus publ.,

13. Манак, П. И., Ковчур, А. С., Гречаников, А. В., Тимонов, И. А. (2020), Техногенные продукты химической водоподготовки теплоэлектроцентралей как добавка к клинкерным керамическим материалам, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2020, № 1(38), С. 150.
14. Ковчур, А. С., Шелег, В. К., Жорник, В. И., Ковалева, С. А. (2020), Модифицирование керамического кирпича добавками неорганических техногенных продуктов водоподготовки ТЭЦ, *Наука и техника*, 2020, Т. 19, № 3, С. 204–214.
15. Волочко, А. Т., Подболотов, К. Б., Дятлова, Е. М. (2013), *Огнеупорные и тугоплавкие керамические материалы*, Минск, Беларуская навука, 2013, 385 с.
16. Волков, А. И., Жарский, И. М. (2005), *Большой химический справочник*, Минск, Современная школа, 2005, 608 с.
17. *Керамическая масса для производства строительного кирпича*, патент ВУ 23584, опубл. 30.12.2021.
18. *Керамическая масса для производства строительного кирпича*, патент 2773470, Российская Федерация, заявл. 18.08.2020, опубл. 06.06.2022.
- 1999, 47 p.
11. Volochko, A. T., Azarkova, E. A., Khort, N. A., Manak, P. I. (2021), *Issledovanie vliyaniya vysokokaloriynykh i nizkokaloriynykh vygo-rayushchikh dobavok na kharakteristiki porizovannoy keramiki* [Study of the effect of high-calorie and low-calorie burnout additives on the characteristics of tinted ceramics], *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta – Bulletin of Polotsk State University, Series F, Construction. Applied Sciences*, 2021, pp. 47–51.
12. STB 1450-2010. *Process documentation. Formulation. General requirements for development*, Entered 2010-08-30, Minsk, Gosstandard of the Republic of Belarus publ., 2010, 12 p.
13. Manak, P., Kauchur, A., Hrachanikau, A., Timonov, I. (2020), Technogenic products of chemical water treatment of thermal power plants as an additive to clinker ceramic materials [Tekhnogennye produkty khimicheskoy vodopodgotovki teploelektrotsentralyey kak dobavka k klinkernym keramicheskim materialam], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2020, № 1(38), P. 150.
14. Kauchur, A. S., Sheleh, V. K., Zhornik, V. I., Kovaliova, S. A. (2020), Modification of a Ceramic Brick Additives of Inorganic Technogenic Products of Water Treatment of Combined Heat and Power Plant [Modifitsirovanie keramicheskogo kirpicha dobavkami neorganicheskikh tekhnogennykh produktov vodopodgotovki TETs], *Nauka i tekhnika – Science and Technique*, 2020, № 19(3), pp. 204–214.
15. Volochko, A. T., Podbolotov, K. B., Dyatlova, E. M. (2013), *Ogneupornye i tugoplavkie keramicheskie materialy* [Refractory and refractory ceramic materials], Minsk, Belaruskaya navuka, 2013, 385 p.
16. Volkov, A. I., Zharskiy, I. M. (2005), *Bol'shoy khimicheskiy spravochnik* [The Big Chemical

Reference Book], Minsk, Sovremennaya shkola, 2005, 608 p.

17. *Keramicheskaya massa dlya proizvodstva stroitel'nogo kirpicha* [Ceramic mixture for building brick production], patent BY 23584, published. 30.12.2021.

18. *Keramicheskaya massa dlya proizvodstva stroitel'nogo kirpicha* [Ceramic mixture for building brick production], patent 2773470, Russian Federation, filed. 18.08.2020, published 06.06.2022.

*Статья поступила в редакцию 07.04.2023 г.*