

И.В. Пищ, проф., д-р техн. наук;  
Н.В. Жолнерович, доц., канд. техн. наук;  
Н.В. Черная, проф., д-р техн. наук (БГТУ, г. Минск);  
В.А. Бирюк, доц., канд. техн. наук  
(«Командно-инженерный институт МЧС», г. Минск)

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРИЗОВАННОГО КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА И БЛОКОВ**

Важной задачей современного целлюлозно-бумажного производства, повышающей его экологическую и экономическую эффективность, является переработка твердых отходов, значительная часть которых приходится на долю осадков, образующихся при очистке сточных вод и облагораживании макулатуры.

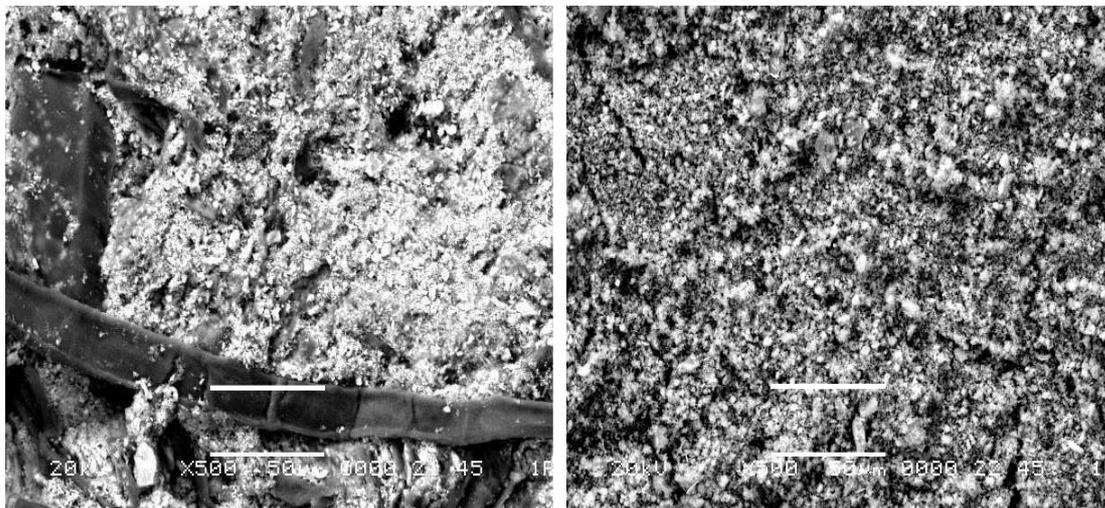
Наиболее распространенным способом утилизации осадков целлюлозно-бумажного производства является сжигание. Однако в этом случае возникает два вопроса. Первый связан с целесообразностью увеличения сухости осадка перед подачей его в топку, т.к. многие предприятия обезвоживают осадок только до такой степени сухости, чтобы обеспечить транспортировку и удаление его с промплощадки.

Вторым не менее важным вопросом является высокий выход золы при сжигании осадка от облагораживания макулатуры. Зола можно вывозить в отвал или использовать для получения наполнителей для бумаги. Однако это требует определенных затрат, а полученный продукт отличается невысокой степенью белизны, что требует дополнительного использования оптического отбеливателя в композиции бумаги [1].

Альтернативным способом сжигания осадков целлюлозно-бумажного производства является использование их в композиции древесноволокнистых плит, в производстве строительных материалов, как компонента бетонных смесей [1–3].

Одним из перспективных способов использования осадков, образующихся при облагораживании макулатуры и очистке сточных вод, является применение их в качестве выгорающей добавки в композиции поризованных керамических изделий. В настоящее время для поризации керамических изделий в основном используются опилки, торф, многозольные угли, золы ТЭЦ и др. В то же время, образующийся при флотационной очистке макулатуры и сточных вод осадок (называемый скоп), имеет органическую и минеральную составляющие. Примером является осадок, образующийся при флотаци-

онной очистке макулатуры в производстве санитарно-гигиенической бумаги ОАО «Бумажная фабрика «Спартак», имеющий сухость после окончательного отжима на пресс-фильтре около 45%. Органическая часть его включает преимущественно мелкие, не пригодные к повторному использованию макулатурные волокна (рис. 1).



исходный увеличение  $\times 500$

озоленный увеличение  $\times 500$

**Рисунок 1 – Фотографии исходного и озоленного скопа, полученные методом электронной сканирующей микроскопии**

Содержание минеральных веществ в осадке может варьироваться в зависимости от марки перерабатываемой макулатуры и составляет более 42%. Элементный состав минеральной части осадка представлен в таблице 1.

**Таблица 1 – Элементный состав осадка (исходного), высушенного при комнатной температуре, и озоленного при температуре 1000°C**

Исследуемый образец осадка	Элементный состав, в % масс.						
	C	O	Al	Si	Ca	Mg	всего
исходный	6,6854	31,3890	1,9441	1,6731	58,4084	–	100
озоленный	2,5792	16,5236	1,0563	1,6976	77,6200	0,5133	100

Наличие в составе осадка органической составляющей позволяет использовать его в качестве выгорающей добавки в композиции поризованных керамических изделий. Как известно, добавки органического происхождения обладают теплотворной способностью, что позволяет сократить время обжига и дает экономию топлива. При введении выгорающих добавок необходимо определить их количество, чтобы не произошло вспучивания керамического материала, а также обеспечить сохранность форм

изделий в период выгорания и сохранить пористый черепок. Газопроницаемость массы должна быть достаточной для свободного выхода образовавшихся при обжиге газов [4].

В настоящее время на кирпичных заводах Республики Беларусь качестве выгорающей добавки преимущественно используются опилки в количестве 5–8% от керамической массы. Они повышают формовочные и теплоизоляционные свойства, однако снижают прочность изделий и увеличивают их водопоглощение. Альтернативной добавкой к опилкам может служить скоп – осадок, образующийся при флотационной очистке макулатуры и сточных вод, который в настоящее время вывозится в отвал, что приводит к загрязнению окружающей среды и, соответственно, к высоким затратам на его утилизацию.

В этой связи целью настоящей работы являлось оценка эффективности применения скопа как индивидуального компонента выгорающей добавки, а также в комплексе с опилками для поризации керамического кирпича. В качестве сырьевых материалов использовали глину месторождения «Лукомль», кварцевый песок, опилки и скоп. Количество выгорающих добавок составляло 4–8%. В таблице 2 приведен шихтовой состав опытных масс.

**Таблица 2 – Составы опытных масс**

№ состава	Содержание компонентов, мас. %			
	глина	кварцевый песок	опилки	скоп
1	95	5	–	–
2	89	7	4	–
3	87	7	6	–
4	85	7	8	–
5	89	7	–	4
6	87	7	–	6
7	85	7	–	8
8	85	7	4	4
9	81	7	2	6

Подготовка массы осуществлялась по общепринятой методике. Формовочная влажность составляла 18–20%, сушка образцов при температуре 80–90°C, обжиг в интервале температур 950–1000–1050°C с выдержкой 1 ч.

Физико-химические свойства полученных образцов представлены в таблице 3. Как видно из таблицы, при использовании опилок в качестве выгорающей добавки с увеличением их содержания возрастает водопоглощение исследуемых образцов, в то время как механическая прочность и кажущаяся их плотность снижаются (состав 2–4). Использование в качестве индивидуальной выгорающей добавки ско-

па (осадка целлюлозно-бумажного производства) способствует повышению механической прочности образцов в 5–6 раз по сравнению с введением опилок. Однако в этом случае снижается пористость изделий.

**Таблица 3 – Физико-химические свойства образцов**

№ состава	Водопоглощение, %	Кажущаяся плотность, кг/м <sup>3</sup>	Открытая пористость, %	Механическая прочность, МПа	Линейная усадка, %
1	10,5	1760	20,7	17,2	6,5
2	45,5	1180	54,2	6,3	7,0
3	49,8	1130	56,0	4,3	7,2
4	54,6	1130	57,6	2,8	7,6
5	57,6	1020	59,2	2,0	8,2
6	18,2	1645	30,4	15,7	6,4
7	24,6	1536	33,7	14,3	7,0
8	24,2	1475	36,3	12,1	7,6
9	26,0	1400	39,4	10,2	8,0

При совместном введении опилок и скопа (состав 8–9) водопоглощение образцов уменьшается при сохранении механической прочности на уровне 10–12 МПа. Следовательно, комплексная добавка способствует улучшению основных свойств образцов, а также позволяет уменьшить долю опилок в составе выгорающей добавки.

Таким образом, использование твердых отходов целлюлозно-бумажного производства, образующихся при флотационной очистке макулатуры и сточных вод, в качестве выгорающей добавки в композиции поризованных керамических изделий является одним из перспективных направлений утилизации данного вида отходов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Дулькин, Д. А. Утилизация осадков и макулатуры, не используемой в бумажном производстве. // Целлюлоза. Бумага. Картон. – №9. – 2006. – С. 50–55.
- 2 Ванчаков, М. В. Технология и оборудование для переработки макулатуры: учеб. пособие. – 2-е изд-е, испр. и доп. / М. В. Ванчаков, А. В. Кулешов, Г. Н. Коновалова. – СПб.: СПбГТУРП, 2011. – Ч. II. – 84 с.
- 3 Баталин, Б.С. Строительные материалы на основе скопа – отхода целлюлозно-бумажной промышленности / Б.С. Баталин, И.А. Козлов. – М.: Строительные материалы, 2004. – № 1. – С. 42–43.
- 4 Горайнов, И.Э. Технология теплоизоляционных материалов и изделий / И. Э. Горайнов. – М.: Стройиздат, 1982. – 182 с.