

УДК 622'17

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ УТИЛИЗАЦИИ СЫРЬЯ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ НА ГОРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ БЕЛАРУСИ

Березовский Н.И., Воронова Н.П., Грибкова С.М., Лесун Б.В., Драгун Е.С. (Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь)

Представлены результаты научных исследований, полученные исполнителями государственной программы научных исследований «Природно-ресурсный потенциал» (подпрограмма «Природопользование – 2») по теме «Разработка научных основ экологобезопасной технологии получения пористых строительных материалов с использованием местных видов топлива и вторичных энергоресурсов».

Отражена опытно-промышленная апробация теоретических разработок в сфере производства строительных материалов.

Введение

Как было отмечено Президентом Республики Беларусь А.Г. Лукашенко на постоянно действующем семинаре руководящих работников РБ 15-16 декабря 2011 года «Импортозамещение как важный фактор достижения сбалансированного развития экономики Республики Беларусь», импортозамещение является важнейшим элементом экономической политики и инструментом достижения главной цели – выхода на положительное сальдо внешней торговли товарами и услугами. Также была подчеркнута важность вклада науки в реализацию проектов по импортозамещению и экспортоориентированной продукции. Глава государства подчеркнул, что зависимость от внешних поставок сырья и энергоносителей, за которые необходимо расплачиваться валютой, требует жесткой экономии валютных средств.

Президент отметил, что в энергетике в ближайшее время необходимо не менее четверти объема электрической и тепловой энергии производить за счет использования местных видов топлива, вторичных энергоресурсов и альтернативных источников энергии, а также уменьшить импортоспособность в строительстве, с 2012 года ввести жесткое нормирование расхода материальных и энергетических ресурсов в строительном комплексе.

Для достижения этой цели следует развивать производства, имеющие высокую долю местных ресурсов, а также более глубокую их переработку. Это – производство стройматериалов, деревообработка, химическая и биотехнологическая отрасли и др.

Отмечено, что производственный сектор страны остается одним из наиболее импортоспособных в Европе, в фактических ценах импортоспособность производства составляет более 20 %. В условиях опережающего удорожания импорта в посткризисный период работа по снижению импортоспособности не смогла компенсировать рост мировых цен и ее показатель в текущих ценах вернулся на высокую докризисную отметку.

Проблемы рационального использования минеральных ресурсов непосредственно связаны с перспективами развития добывающих отраслей. К рациональным подходам к извлечению и переработке природных минеральных ресурсов относятся:

- максимально полное и комплексное извлечение из месторождения всех полезных компонентов;
- рекультивация (восстановление) земель после использования месторождений;
- экономное и безотходное использование сырья в производстве;

- глубокая очистка и технологическое использование отходов производства;
- вторичное использование материалов после выхода изделий из употребления.

Постановка и решение задач комплексного использования местного сырья особенно актуальны при разработке и внедрении ресурсо- и энергосберегающих технологий добычи и переработки сырья гравийно-песчаных месторождений.

Комплексное использование – это не только использование всех компонентов сырья (полнота использования), но и реализация всех вариантов (возможностей) использования. Зачастую вариантность использования местного сырья невысокая из-за низкого его качества и небольших запасов сырья.

Комплексность использования сырья можно охарактеризовать коэффициентом использования [1]:

$$K_{\text{исп}} = N_p / N_T,$$

где N_p – число реализуемых вариантов использования сырья;

N_T – число теоретически возможных вариантов использования.

Анализ состояния комплексного использования местного сырья в производстве строительных материалов показал относительно низкий уровень его применения.

Большое количество отходов и потерь на горноперерабатывающих предприятиях вызывает необходимость решения проблемы рационального использования минеральных ресурсов.

Нами показана возможность расширения интервала пригодности сырья и его использования для получения промышленных продуктов.

В зависимости от химического и минералогического составов отходов они могут использоваться в качестве ценных добавок при производстве продукции. Прочные породы в основном используются для производства щебня.

Отходами при добыче являются крупные валуны, которые могут использоваться для производства щебня, а вскрышные породы (супесь, суглинки) – для получения аглопорита. Товарной продукцией является щебень с различным фракционным составом от 5 до 70 мм.

Основным параметром оптимизации получаемой готовой продукции является прочность аглопорита, а также эффективность дробления и температурные параметры агломерации, которые имеют большое значение при рыночном спросе на продукцию.

По своему химическому составу вскрышные породы месторождения «Ольшанка» могут использоваться для производства аглопорита с добавками местного топлива, которое может создавать необходимую теплоту (до 4200 ккал/кг) сгорания в зоне агломерационной машины на основе торфа, лома топливных брикетов, древесных опилок и лигнина, которые являются отходами в топливной, деревообрабатывающей и гидролизной промышленности.

Утилизация горных пород, образующихся при разработке гравийно-песчаных смесей (ГПС) и переработке полезных ископаемых, является важной экономической и экологической задачей. При этом должны учитываться ограничения, связанные со свойствами нерудных строительных материалов (НСМ).

Свойства известного местного ресурса в виде торфа позволяют использовать его в таких промышленных технологиях строительного производства, как изготовление кирпича и аглопорита, с целью замены дорогостоящих составляющих компонентов в виде буроугольного, каменного угля, антрацита, а также древесных опилок.

Исследования и результаты испытаний

В ходе полупромышленных испытаний были изготовлены образцы полнотелого кирпича трех составов с фрезерным торфом и контрольный – без добавления торфа.

Состав изготовленных образцов приведен в таблице 1 [2].

Таблица 1 – Составы образцов с фрезерным торфом

Компонент	Состав 1 (контрольный)	Состав 2	Состав 3	Состав 4
глина м-я «Лукомль»	72	70	68	66
отсев из материалов дробления горных пород	21	21	21	21
песок аглопоритовый фр. 0-5 мм	7	7	7	7
торф фрезерный	-	2	4	6

Образцы были сформованы методом ручной набивки в формы размером 250×120×70 мм.

В качестве основного глинистого компонента использовалась глина месторождения «Лукомль-1».

Химический состав и физико-механические показатели глины месторождения «Лукомль-1» приведены ниже.

Содержание химических составляющих, мас. % должно быть:

- диоксида кремния SiO₂ не более 85, в т.ч. свободного кварца не более 60;
- оксида алюминия Al₂O₃ от 14 до 28;
- оксида титана TiO₂ менее 1,0;
- оксида железа (III) Fe₂O₃ менее 15;
- сумма оксидов кальция и магния CaO+ MgO не более 20;
- сумма оксидов калия и натрия K₂O+ Na₂O не более 7;
- содержание общей серы в пересчете на SO₃ не более 2.

Потери при прокаливании глины должны быть не более 15 %.

Глина месторождения «Лукомль-1» – плотная, слоистая, жирная, светло-шоколадного и темно-коричневого цвета порода. Согласно классификационным признакам по ГОСТ 9169-75 «Сырье глинистое для керамической промышленности. Классификация» глина месторождения «Лукомль-1» относится:

- по минеральному составу – к группе гидрослюдисто-каолинитовой;
- по содержанию Al₂O₃ в прокаленном состоянии – к группе полукислого глинистого сырья (содержание Al₂O₃ от 14 до 28 %);
- по содержанию красящих оксидов – к группе с высоким содержанием Fe₂O₃ (содержание Fe₂O₃ в пересчете на прокаленное вещество свыше 3 %);
- по содержанию TiO₂ – к группе с низким содержанием красящих оксидов (массовая доля TiO₂ менее 1,0 %);
- по содержанию водорастворимых солей – к группе с низким содержанием (содержание водорастворимых солей на 100 г глины, мг. экв – от 1 до 5);
- по содержанию свободного кремнезема SiO₂ – к группам со средним и высоким содержанием (содержание свободного кварца свыше 10 %);
- по содержанию тонкодисперсных фракций – к группе среднedisперсного и высокодисперсного сырья (содержание частиц размером менее 10 мкм свыше 60 %, содержание частиц размером менее 1 мкм свыше 40 %);

- по содержанию крупнозернистых включений – к группам со средним и низким содержанием (количество включений размером более 0,5 мм не более 5 %);
- по механической прочности на изгиб в сухом состоянии – к группе со средней механической прочностью (прочность при изгибе в сухом состоянии – 5-10 МПа);
- по пластичности – к группам среднепластичного и умереннопластичного глинистого сырья (число пластичности – от 7 до 25);
- по огнеупорности – к группе легкоплавкого сырья (огнеупорность менее 1350 °С);
- по спекаемости – к группе неспекающегося глинистого сырья (водопоглощение образца без признаков пережога – свыше 5 %).

Результаты исследования изготовленных образцов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты исследования образцов

Составы	№ обр.	Геометрические размеры, мм			Полная усадка, %	Масса сырца, г	Масса образца после обжига, г	Водопоглощение, %
		длина	ширина	высота				
состав 1	1	239	115	66	5,4	-	3234	13
	2	237	114	66	5,8	-	3309	-
	3	240	116	67	4,8	-	3329	-
ср. знач.					5,3			
состав 2	1	242	117	67	4,0	4339	3344	12,7
	2	242	117	67	4,0	4387	3390	-
	3	242	117	67	5,0	-	3374	-
ср. знач.					4,3			
состав 3	1	242	117	67	5,0	4255	3294	12,6
	2	242	117	67	6,6	4251	3229	-
	3	241	116	66	5,4	4311	3217	-
ср. знач.					5,7			
состав 4	1	240	117	66	6,2	-	3180	13,7
	2	240	117	66	5,6	4195	3107	-
	3	241	117	66	6,0	4082	2998	-
ср. знач.					5,9			

Учитывая положительные результаты лабораторных испытаний, было принято решение о проведении полужаводских испытаний.

В ходе проведения полужаводских испытаний древесные опилки были заменены на фрезерный торф.

Состав шихты с использованием фрезерного торфа и влажность компонентов приведены в таблице 3.

Подача торфа проводилась через питатель опилок. Количество подаваемого фрезерного торфа регулировалось (менялось) частотой вращения двигателя привода питателя. Начало изготовления шихты осуществлялось с подачей фрезерного торфа при 12,7 Гц, а затем подача была уменьшена до 10 Гц.

При исследовании веществ неоднородной структуры, пористых тел, к которым относится торф, существенную роль играет коэффициент теплопроводности. Существует ряд методов для определения коэффициента теплопроводности, которые исследуют зависимость коэффициента от температуры, влажности, структуры торфа по от-

дельности. Эквивалентный коэффициент теплопроводности (λ_3) складывается из компонентов молекулярной (λ), конвективной (λ_k) и лучистой (λ_n) теплопроводности:

$$\lambda_3 = \lambda + \lambda_k + \lambda_n.$$

В капиллярно-пористом теле при малых перепадах температуры передача тепла конвекцией и излучением в порах тела мала по сравнению с передачей молекулярной теплопроводностью.

Таблица 3 – Состав шихты и влажность ее компонентов

Наименование компонентов	Состав шихты, мас. %	Влажность компонентов шихты, %	
глина м-я «Лукомль-1»	56-57	21,2	22
суглинки м-я «Фаниполь»	12	16,2	16,4
отсев из материалов дробления горных пород	23	3,8	3,6
песок аглопоритовый фр. 0-5 мм	6	6,4	7,4
торф фрезерный	2-3	49,66	46,12

Нами предложен комплексный метод определения теплофизических характеристик различных материалов, с помощью которого был исследован торф кусковой, измельченный, фрезерный и брикетированный. Известно, что изменение коэффициента теплопроводности в зависимости от температуры и влагосодержания описывается соотношением:

$$\lambda = \lambda_0 + A t u e^{-b u},$$

где λ_0 – коэффициент теплопроводности абсолютно сухого тела при 0°, ккал/м·час °С;

A и b – постоянные,

t – температура, °С;

u – влагосодержание торфа, %.

В расчетах использовались измерения при температурах 10 °С и 15 °С соответственно со средним влагосодержанием 58 и 69 %, $\lambda_0 = 0,06$ ккал/м·час·°С. Получены аналитические зависимости коэффициента теплопроводности для рассмотренных разновидностей торфа.

Так, для торфа брикетированного получилась аналитическая зависимость коэффициента теплопроводности от температуры и влагосодержания в виде:

$$\lambda = \lambda_0 + 10,59 t u e^{-1,81 u}.$$

Использование таких функциональных зависимостей для теплофизических коэффициентов торфа позволяет оптимизировать процессы сушки и брикетирования торфа.

Технологические параметры при изготовлении шихты с фрезерным торфом на первой линии:

- зазор между валками камневыделительных вальцов – 6-14 мм;
- зазор между валками вальцов тонкого помола – до 3 мм;
- зазор между валками вальцов супер тонкого помола – до 2,5 мм;
- зазор между ножами и решетками чаши глинорастирателя – до 5 мм;
- подача торфа – 12,7-10 Гц;

- относительная влажность шихты – 17-18 мас. %.

Формование кирпича-сырца осуществлялось из свежеприготовленной шихты с торфом на прессе вакуумном шнековым Petersen.

Технологические параметры формования кирпича-сырца:

- удельное давление прессования – 0,75-0,9 МПа;
- разряжение в вакуум-камере – 0,092-0,094 МПа;
- влажность бруса – 17,1-17,6 мас. %.

Всего было сформовано 9216 штук кирпича из шихты с фрезерным торфом.

Сушка сформованных изделий производилась в первом блоке сушил – в третьем и четвертом тоннелях.

Технологические параметры сушки изделий:

- температура поступающего теплоносителя в тоннель – 62-72 °С;
- температура отработанного теплоносителя – 22-26 °С;
- время сушки – 90 часов.

Обжиг высушенного кирпича-сырца осуществлялся в тоннельной печи № 5.

Технологические параметры обжига изделий:

- режим толканий – 21 толк./сутки;
- максимальная температура обжига – 980 °С.

Температурная кривая обжига керамического кирпича показана на рисунке.

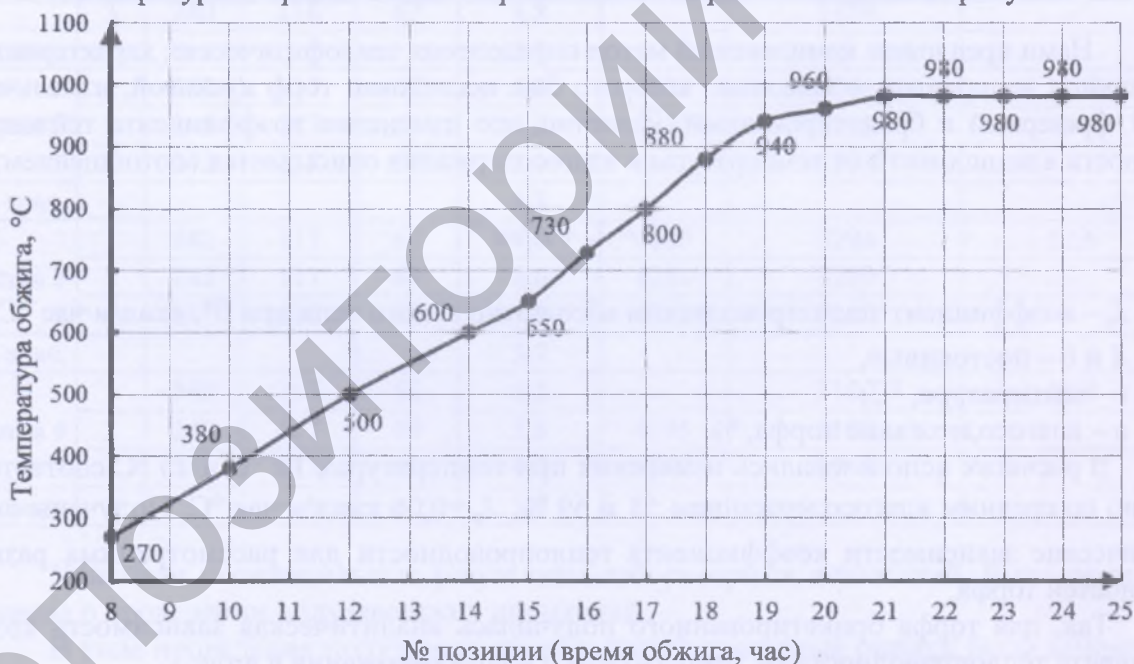


Рисунок – Температурная кривая обжига

Определение качественных показателей полученных изделий

Были отобраны образцы для проведения испытаний.

В таблице 4 приведены средние значения геометрических размеров и массы изделий с фрезерным торфом на различных технологических переделах.

В таблице 5 приведены результаты испытаний кирпича керамического рядового полнотелого одинарного при частоте 10 Гц с добавлением фрезерного торфа.

По результатам испытаний образцы кирпича керамического рядового полнотелого одинарного с фрезерным торфом (таблица 5) соответствуют М 300, согласно требованиям СТБ 1160-99 «Кирпич и камни керамические. Технические условия».

Таблица 4 – Геометрические размеры и масса изделий с фрезерным торфом

Технологический передел		Геометрические размеры, мм			Масса, г
		длина	ширина	высота	
формовка		265	127	68	4688
сушка	10 Гц	250	120	64	3984
	12,7 Гц	250	120	64	3908
обжиг	10 Гц	248	119	64	3637
	12,7 Гц	244	117	63	3310

Таблица 5 – Результаты испытаний кирпича керамического рядового полнотелого одинарного при частоте 10 Гц с добавлением фрезерного торфа

№ п/п	Показатели, технические требования, характери- стики и т.д.	Номер пункта ТНПА, уста- навливающего требования к продукции	Номер пункта ТНПА, уста- навливающего метод испы- таний	Нормиро- ванное зна- чение пока- зателей, ус- тановленных в ТНПА	Фактическое значение показателей для каждого образца и среднее значение					
					обр. № 1	обр. № 2	обр. № 3	обр. № 4	обр. № 5	ср. зн.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	предел прочности при сжатии, МПа	СТБ 1160-99 п. 4.4, п. 5.3	ГОСТ 8462-85 п. 3	30	37,1	35,1	35,9	28,9	33,1	34,02 М 300
2.	предел прочности при изгибе, МПа	СТБ 1160-99 п. 4.4, п. 5.3	ГОСТ 8462-85 п. 3	3,4-3,9	4,58	5,17	5,79	3,57	4,43	4,71 М 300
3.	масса, кг	СТБ 1160-99 п. 5.6	ГОСТ 7025-91 п. 1	не более 4,3	3,64	3,59	3,56			3,6
4.	плотность, кг/м ³		ГОСТ 7025-91 п. 5		1927	1900	1910			1912
5.	водопогло- щение, %	СТБ 1160-99 п. 5.4	ГОСТ 7025-91 п. 2	не менее 8	10,6	12,9	7,3			10,3

В таблице 6 приведены результаты испытаний кирпича керамического рядового полнотелого одинарного при частоте 12,7 Гц с добавлением фрезерного торфа.

По результатам испытаний образцы кирпича керамического рядового полнотелого одинарного с фрезерным торфом (таблица 6) соответствуют М 250, согласно требованиям СТБ 1160-99 «Кирпич и камни керамические. Технические условия».

Таблица 6 – Результаты испытаний кирпича керамического рядового полнотелого одинарного при частоте 12,7 Гц с добавлением фрезерного торфа

№ п/п	Показатели, технические требования, характеристики и т.д.	Номер пункта ТНПА, устанавливающего требования к продукции	Номер пункта ТНПА, устанавливающего метод испытаний	Нормированное значение показателей, установленных в ТНПА	Фактическое значение показателей для каждого образца и среднее значение					
					обр. № 1	обр. № 2	обр. № 3	обр. № 4	обр. № 5	ср. зн.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	Предел прочности при сжатии, МПа	СТБ 1160-99 п. 4.4, п. 5.3	ГОСТ 8462-85 п. 3	30	34,3	24,1	34,6	36,5	33,8	32,7 М 250
2.	Предел прочности при изгибе, МПа	СТБ 1160-99 п. 4.4, п. 5.3	ГОСТ 8462-85 п. 3	3,4-3,9	3,39	4,75	5,63	5,33	6,96	4,71 М 300
3.	Масса, кг	СТБ 1160-99 п. 5.6	ГОСТ 7025-91 п. 1	не более 4,3	3,36	3,27	3,30			3,31
4.	Плотность, кг/м ³		ГОСТ 7025-91 п. 5		1833	1797	1855			1828
5.	Водопоглощение, %	СТБ 1160-99 п. 5.4	ГОСТ 7025-91 п. 2	не менее 8	10,2	13,2	7,0			10,1

Заключение

На основании проведенных исследований установлено, что замена опилок на фрезерный торф возможна. Выпущенная партия кирпича керамического рядового полнотелого одинарного с добавлением фрезерного торфа соответствует требованиям СТБ 1160-99 «Кирпич и камни керамические. Технические условия» и имеет марку по прочности М 250-М 300.

Список использованных источников

1. Березовский, Н.И. Энергоэффективные производственные технологии: учебное пособие / Н.И. Березовский, С.Н. Березовский. – Минск: БИП-С Плюс, 2010. – 216 с.
2. Основин, В.Н. Справочник по строительным материалам и изделиям / В.Н. Основин, Л.В. Шуменов, Д.С. Дубяго. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2005.
3. Наумович, В.М. Искусственная сушка торфа / В.М. Наумович. – М.: Недра, 1984. – 222 с.

Berezovsky N.I., Voronova N.P., Gribkova S.M., Lesun B.V.

Certain questions of raw materials utilization while dressing at the ore processing enterprises of Belarus

Presented results of scientific researches obtained by performers of the government program of scientific researches «Natural and Resource Potential» (the subprogram «Environmental management» - 2) on the subject «Development of scientific bases of ecological technology of porous construction materials production using domestic fuel and secondary energy resources».

Trial approbation of theoretical developments in the sphere of production of construction materials is stated.

Поступила в редакцию 12.07.2013 г.