

# Перспективное использование магматических и осадочных пород Республики Беларусь – критерий экономической, экологической безопасности и ресурсосбережения

Устойчивое социально-экономическое развитие страны, ее экономическая безопасность во многом определяются наличием собственных минерально-сырьевых ресурсов, их рациональным и комплексным использованием. Минерально-сырьевая база является одним из важнейших стратегических элементов национальной безопасности любого государства. Решение проблем расширения минерально-сырьевой базы республики за счет использования полезных ископаемых разрабатываемых и новых разведанных потенциально перспективных месторождений, а также задач уменьшения экологической напряженности регионов, непосредственно прилегающих к горнодобывающим предприятиям, за счет утилизации некондиционных отсеков дробления пород и превращения занимаемых земель в полезные сельскохозяйственные площади, позволят определить максимально возможные перспективные направления для производства силикатных материалов и сокращения импорта.

Основой развития современной индустрии и ряда направлений научно-технического прогресса выступают минерально-сырьевые ресурсы, или ресурсы земных недр. Минерально-сырьевые ресурсы – это природные вещества минерального происхождения, используемые для получения энергии, сырья и материалов. На территории Республики Беларусь в настоящее время выявлено и разведано более 5 тыс. месторождений, представляющих около 30 видов минерального сырья.

По условиям залегания полезные ископаемые Беларуси делятся на 2 группы: приуроченные к кристаллическому фундаменту и платформенному чехлу. К первой группе относятся полезные ископаемые, связанные с метаморфическими, метаморфизированными и магматическими породами. Среди них – строительный и облицовочный камень, железные руды, руды редкоземельных и цветных металлов и др. Ко второй группе относится наиболее значительная часть полезных ископаемых Беларуси, которая приурочена к платформенному чехлу и имеет осадочное (или хемогенное) происхождение: каменная и калийные соли, доломит, мел, бурый уголь, глины, пески, торф и др.

Исходя из физических и технологических свойств, полезные ископаемые делятся на 4 группы: горючие, рудные, нерудные и подземные воды. Нерудные полезные ископаемые делятся на строительные материалы и химическое сырье. Многие полезные ископаемые (доломит, гипс, мел, мергель и др.) могут использоваться и как химическое сырье, и как строительные материалы.

Стратегически важными с точки зрения экономики страны являются каменная и калийные соли, торф, полезные ископаемые для производства строительных материалов, пресные и минеральные подземные воды.

## Справочно

*Выявленные месторождения полезных ископаемых послужили базой для создания в Республике Беларусь крупных экспортно ориентированных добывающих и перерабатывающих предприятий, являющихся основой промышленного потенциала страны. Ведущее место среди промышленных предприятий республики занимают ОАО «Беларуськалий», РУП «Производственное объединение "Белоруснефть"», ОАО «Белорусский цементный завод», ОАО «Красносельскстройматериалы», ОАО «Кричевцементношифер», РУПП «Гранит», ОАО «Доломит» и др.*

Вместе с тем еще не в полной мере используются запасы калийных и каменных солей, доломита, мела и мергельно-меловых пород, стекольных и силикатных песков, строительного камня, глинистого сырья, торфа, сапропеля, пресных и минеральных подземных вод.

Промышленные запасы строительного камня в Республике Беларусь составляют 645,835 млн м<sup>3</sup>. В том числе: месторождения Микашевичи – 322,305 млн м<sup>3</sup>; месторождения Глушковичи – 62,223 млн м<sup>3</sup>; месторождения Ситницкое (Житковичи) – 261,307 млн м<sup>3</sup>.

Разведанное месторождение базальтов и сапонитсодержащих туфов Новодворское характеризуется следующими показателями: глубина залегания

базальтов — от 43,2 до 53,3 м; туфов — от 71,8 до 89,9 м; мощность базальтов — 10,0—30,2 м, туфов — 13—25 м. Запасы базальтов и туфов утверждены в количестве 164 153,9 тыс. т по категориям С1 + С2. Полезная толща базальтов залегает на глубинах от 46,2 до 59,7 м, ее мощность варьируется в пределах 39,2—55,6 м.

Попутные полезные ископаемые Новодворского месторождения представлены вскрышными глауконитсодержащими породами — песками, алевритами и алевролитами четвертичного и палеогенового возраста, предварительно оцененные запасы которых по категориям С1 + С2 составляют 77,098 млн м<sup>3</sup>.

Основными компонентами сырьевых композиций разрабатываемых материалов являлись отечественные магматические породы (гранитоиды, базальты и габбро-диабазы) и осадочные вскрышные породы (глауконитсодержащие пески, алевриты и алевролиты).

Крупнейшим предприятием на территории Республики Беларусь и в Европе по добыче и переработке гранитоидных пород является республиканское унитарное производственное предприятие «Гранит», сырьевой базой которого служит месторождение строительного камня «Микашевичи». Акцентирующее внимание в настоящей работе уделялось изучению возможности получения силикатных материалов с использованием гранитоидных отсевов, являющихся некондиционной фракцией при производстве дорожного щебня и составляющих около 25 % от его производимого количества.

Исследуемым сырьевым компонентом также являлись диабазы перспективно-потенциального Диабазового месторождения Нагорновского комплекса Житковичского района, слагающие дайки, из которых детально изучена самая крупная мощностью 250 м, протянувшаяся небольшими перемычками на 20 км.

Для проведения исследований использованы основные породы — базальты Новодворского месторождения, а также попутные полезные ископаемые — глауконитсодержащие вскрышные породы (алевролиты, пески и алевролиты) четвертичного и палеогенового возраста.

Основным критерием пригодности использования вышеприведенных кремнийсодержащих пород для получения силикатных материалов различного назначения является их оксидный химический

состав (табл. 1). Немаловажное значение имеет и минералогический состав экспериментальных пород (табл. 2), от которого зависит ряд технологических свойств и особенностей, таких как температура плавления, фазовые превращения при нагревании, способность расплава кристаллизоваться при охлаждении и др.

Таблица 1. Усредненный химический состав сырьевых компонентов

Компоненты	Содержание оксидов, масс. %									
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	FeO+ Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O+ Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	п. п. п.
Гранитоиды	61,63	14,86	4,38	3,32	8,94	2,52	0,93	0,35	0,19	2,87
Базальты	46,11	11,49	5,00	7,87	14,00	4,30	1,74	0,31	—	9,18
Диабазы и габбро- диабазы	45,54	14,84	7,78	9,43	11,30	4,67	0,59	0,20	0,42	5,23
Глауконитсо- держащие породы	74,26	8,28	1,21	1,79	9,29	2,30	0,79	—	0,14	1,94

Таблица 2. Качественный минеральный состав используемых пород

Компо- ненты	Минеральный состав
Грани- тоиды	Полевые шпаты 80–85 масс. % (альбит, калиевый полевой шпат), кварц, биотит, амфибол. Присутствуют в небольшом количестве аксессуарные минералы — циркон, сфен, магнетит
Базальты	В основном плагиоклазы и клинопироксены, в небольших количествах присутствуют оливин и рудные минералы (магнетит, ильменит), анальцит и вулканическое стекло
Диабазы и габбро- диабазы	Плагиоклаз (лабрадор-андезит), по которому развивается альбит, пренит, эпидот, цоизит, карбонаты; моноклинный пироксен (авгит), магнетит и титаномагнетит с вторичным лейкоксеном. В некоторых разновидностях присутствуют кварц и калиевый полевой шпат
Глау- конит- содер- жащие породы	Основной минерал — кварц, полевые шпаты (альбит, анортит, ортоклаз), каолинит, мусковит, сидерит, фосфаты, содержание глауконита в породах варьируется в пределах 10–25 масс. %

Вышеперечисленное отечественное минеральное сырье использовалось нами для получения пористого теплоизоляционного заполнителя, керамического кирпича, стекла типа «марблит» черного цвета и стеклокерамических химически устойчивых и износостойких материалов.

Качественный состав экспериментальных сырьевых композиций приведен в таблице 3. Следует отметить, что для получения вышеприведенных материалов, кроме магматических и осадочных пород, использовались также отечественные сырьевые компоненты (мел, доломит, глина); доля остальных составляющих (отходы карбида кремния, оксиды хрома и железа, глинозем и сода кальцинированная) была относительно невелика.

Таблица 3. Качественный состав сырьевых композиций

Материал	Компоненты сырьевых композиций									
	Порода	Глина	Карбид кремния	Доломит	Кварцевый песок	Сода кальцинированная	Мел	Оксид железа	Оксид хрома	Глинозем
Пористый наполнитель	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Керамический кирпич	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-
Стекло (марблит)	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-
Стеклокерамические материалы	+	-	-	+	-	+	-	-	+	+

Пористый теплоизоляционный наполнитель получен на основе как магматических, так и осадочных пород. Причем их содержание в сырьевых композициях составляло 70–80 масс. %, остальное – глина, используемая для придания керамической массе необходимых формовочных свойств. Количество порообразователя – карбида кремния (SiC) составляло 0,5 масс. %.

Характерно, что вышеприведенное сочетание компонентов обеспечивает получение материала практически по одному температурному режиму термической обработки, а близость химического и минерального состава предполагает возможное применение пород как индивидуально, так

и в комплексе. Процесс изготовления образцов теплоизоляционного пористого наполнителя включал подготовку сырьевой композиции, формование сырцовых гранул, сушку при комнатной температуре, обжиг по двухстадийному режиму (1-я стадия – 610–630 °С, 2-я стадия 1170–1210 °С), охлаждение и разделение на фракции.

Керамический кирпич получали традиционным методом пластического формования. В качестве сырьевых материалов традиционно использованы легкоплавкая глина, кварцевый песок и одна из вышеперечисленных пород, количество которой подбиралось экспериментально и составляло 20–30 масс. %. Благодаря значительному содержанию оксида железа в породах (табл. 3) образцы кирпича приобретали более интенсивную окраску терракотовых тонов, температура обжига составляла 950 °С.

Стекло строительного назначения типа «марблит» получено в системе «порода (магматическая или осадочная) – мел – кальцинированная сода – кварцевый песок – оксид железа (Ш)». Стекла синтезировались при температуре (1450 ± 10) °С и выдержке в течение 1 ч из шихт, приготовленных в соответствии с разработанной рецептурой. Образцы изготавливались отливкой в формы или на металлическую плиту, а также вытягиванием из расплава с последующим отжигом при температуре (500 ± 10) °С в течение 1 ч для снятия внутренних напряжений и сохранения их целостности.

Стеклокристаллический материал получен по классической технологии, включающей варку исходной шихты по определенному температурному режиму с выдержкой при 1450–1470 °С, затем полученную стекломассу формовали обычными способами. После отжига образцы подвергались термической обработке по двухстадийному режиму, обеспечивающему образование центров кристаллизации, формирование пироксеновых кристаллических фаз и стеклокристаллической структуры.

Продолжительность второй стадии термообработки обычно на 100 °С ниже температуры плавления основной кристаллической фазы, в нашем случае химически устойчивого и износостойкого пироксенового твердого раствора.

Усредненные показатели физико-химических свойств разработанных материалов приведены в таблице 4, из которой следует, что технологические характеристики и физико-химические свойства образцов из разработанных материалов удовлетворяют требованиям нормативно-технической документации, предъявляемым к керамическим материалам, стеклам и стеклокристаллическим материалам аналогичного назначения.

Таблица 4. Усредненные показатели физико-химических свойств

Свойства, единицы измерения	Показатели
Пористый теплоизоляционный наполнитель	
Объемная плотность, кг/м <sup>3</sup>	650–780
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	420–470
Механическая прочность при сжатии, МПа	2,1–2,3
Коэффициент теплопроводности, Вт/м К	0,070–0,078
Коэффициент вспучивания	2,6–2,9
Водопоглощение, %	7,4–8,2
Керамический кирпич	
Механическая прочность при сжатии, МПа	10–12
Морозостойкость, 65–75 циклов	65–75
Водопоглощение, %	9–10
Стекло «марблит»	
Температура варки стекла, °С	1450–1470
Интервал размягчения, °С	530–550
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	2600–2700
Температурный коэффициент линейного расширения, 10 <sup>7</sup> К <sup>-1</sup>	70–75
Термостойкость, °С	85–90
Гидролитическая стойкость	III класс (твердые аппаратные стекла)
Стеклокристаллический материал	
Температура варки стекла, °С	1450–1470
Температура ситализации, °С	1-я стадия – 750, 2-я стадия – 900
Микротвердость, МПа	8100–8800
Износостойкость, г/см <sup>2</sup>	0,01–0,03
Кислотостойкость в 1н H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , %	99,3–99,8
Щелочестойкость в 1н NaOH, %	97,1–97,7

Положительным фактором при получении вышеуказанных материалов является практически аналогичная роль и влияние используемых пород, требуется лишь корректировка рецептуры сырьевых композиций в зависимости от химико-минерального состава исходных материалов и их назначения. Поэтому показатели физико-химических свойств образцов, полученных на

основе и с использованием магматических – гранитоидных, базальтовых, диабазовых пород и осадочных – глауконитсодержащих вскрышных отложений варьируются в допустимых пределах и не имеют значительных отличий.

Таким образом, разработана рецептура сырьевых композиций и получены керамические материалы, стекло и стеклокристаллический материал, содержащие в качестве основного компонента магматические и глауконитсодержащие осадочные породы разведанных и осваиваемых месторождений Беларуси.

Анализ результатов исследований и их обобщение позволили сделать вывод о том, что использование отечественных магматических и осадочных пород для производства широкой линейки силикатных материалов различного назначения позволит расширить минерально-сырьевую базу республики, что является актуальной задачей в настоящее время; будет способствовать импортозамещению за счет получения новых видов продукции по наилучшим доступным технологиям при минимизации расхода энергетических и сырьевых ресурсов.

Одной из важнейших задач является разведка и промышленная разработка новых месторождений кремнийсодержащего сырья, наиболее перспективным из которых является Новодворское месторождение базальтов и туфов, оценка запасов полезных ископаемых которого позволила отнести его к рациональному и рекомендуемому к освоению. При этом достаточное внимание уделяется утилизации отходов дробления для превращения их в полезный продукт, что обеспечит улучшение экологической безопасности прилегающих к горнопромышленным предприятиям территорий благодаря освобождению земель, занимаемых отвалами.

Светлана БАРАНЦЕВА,  
доцент, к.т.н., старший научный сотрудник  
кафедры технологии стекла и керамики БГТУ;

Юрий КЛИМОШ,  
к.т.н. доцент кафедры технологии стекла  
и керамики БГТУ;

Виктор БИРЮК,  
доцент, к.т.н. заведующий кафедрой  
промышленной безопасности  
Университета гражданской защиты МЧС Беларуси