

Рис. 1 Рентгенограмма магматических пород а) диабаз, б) базальт, в) габбро, д) андезитбазальт

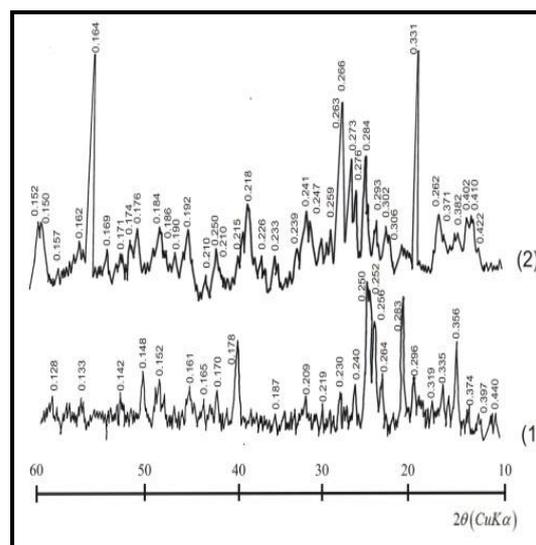


Рис. 2 Рентгенограмма шлака АГМК (1) и шлака Узметкомбината (2)

Полученные результаты рентгенофазового анализа исследуемых магматических горных пород Республики Узбекистана (рис. 1) показали, что их минералогический состав является аналогичными и состоит в основном из минералов кварца, хлорита, альбита, кальцита, а также прочих минералов, содержание которых составляют в очень малых количествах. Согласно рентгенофазового анализа (рис. 2) отходов металлургических предприятий, можно отметить, что они в основном состоят из минерала оккерманита  $2\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$ , смешанного во всех отношениях с геленитом  $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ , образуя серию твердых растворов. Минерал мелилит образуется в шлаках в широком диапазоне смешанных растворов с межплоткостными расстояниями  $d=0,442; 0,371; 0,306; 0,239; 0,229; 0,177; 0,175; 0,157; 0,154$  нм; мервинита  $3\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$  с межплоткостными расстояниями  $d=0,292; 0,284; 0,281; 0,273; 0,274; 0,276; 0,241; 0,226; 0,220; 0,203; 0,190$  нм; юсита  $d=0,253; 0,247; 0,219; 0,214; 0,153; 0,151$  нм, также наблюдаются линии четырехкальциевого алюмоферрита  $\text{C}_4\text{AF}$   $d=0,724; 0,195; 0,192; 0,184; 0,182; 0,153$  нм.

#### Литература

7. <https://dic.academic.ru>
8. <http://basalt.today/ru/2016/03/3604/>
9. ГОСТ 31309-2005. Материалы строительные теплоизоляционные на основе минеральных волокон. Общие технические условия.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ ВОДОСТОЙКОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО МАГНЕЗИАЛЬНОГО ВЯЖУЩЕГО В ТЕХНОЛОГИИ ТРОТУАРНЫХ КАМНЕЙ

В.О. Пильникова

Научный руководитель – доцент Н.А. Митина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Тротуарная плитка как способ замощения улиц и площадей впервые была использована в XIX веке в Голландии. В России этот материал стали использовать только в семидесятых годах XX века.

Для изготовления тротуарных плит известно множество составов, основными компонентами которых являются портландцемент, щебень, песок, вода, добавки, улучшающие свойства конечных изделий и пигменты. В настоящее время разрабатывают составы смесей для тротуарных камней и других подобных материалов с минимальным содержанием портландцемента, как основного дорогостоящего компонента, или с заменой его другим эффективным альтернативным вяжущим материалом. Одним из таких материалов является гидравлическое магниезальное вяжущее. Традиционное оксихлоридное (оксисульфатное) магниезальное вяжущее можно применять только для композиционных изделий служащих в условиях пониженной влажности (до 60 %) вследствие присутствия в продуктах твердения растворимых веществ. Гидравлическое магниезальное вяжущее обладает повышенной водостойкостью, способно твердеть и эксплуатироваться во влажных условиях и в воде [2]. Это свойство магниезальным вяжущим приобретает за счет использования в качестве жидкости затворения раствора бикарбоната магния и получения нерастворимых продуктов твердения.

Целью данной работы является исследование применимости водостойкого гидравлического магнезиального вяжущего в технологии тротуарных камней в качестве альтернативы портландцемента.

Состав смеси для образцов тротуарных камней содержит: каустический магнезиальный порошок Савинского месторождения, крупный и мелкий заполнители и раствор бикарбоната магния (БКМ) в качестве жидкости затворения. Магнезиальный порошок изготавливают обжигом при 800°C на предприятии ООО «Сибирские порошки». Полученный порошок соответствует марке ПМК–75. В качестве мелкого заполнителя использовали речной песок с модулем крупности 3,0-2,5. Крупным заполнителем служит отсев гравия фракции 0,315-5 мм. Применяемый для затворения смеси раствор БКМ (концентрация 10–13 г/л) получают путем растворения в воде магнезита при повышенном давлении. В отличие от растворов  $MgCl_2$  и  $MgSO_4$  БКМ образует при затворении водонерастворимые соединения, и такой цементный камень твердеет с увеличением прочности как в воздушной, так и во влажной среде после предварительного твердения на воздухе в течение 3 суток [2].

Поскольку методик для расчета мелкозернистой бетонной смеси для тротуарных камней с использованием магнезиального цемента нет, для этой цели применили данные для расчета состава смеси на основе портландцемента М400. Расчет проводят на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси. Водотвердое отношение (В/Т) принимается равным 0,4. Учитывая наибольший размер крупного заполнителя, равный 10 мм, и среднепластичный тип заполнителей бетона, расход раствора БКМ составляет 205 л / м<sup>3</sup>.

Зная расход раствора БКМ и В/Т, определили количество каустического магнезита, которое составило 512,5 кг / м<sup>3</sup>. Исходя из соотношения каустический магнезит : крупный заполнитель (отсев гравия) : мелкий заполнитель (песок) в составе бетона 1:1,25:1,25 при расходе каустического магнезита 512,5 кг / м<sup>3</sup>, потребуется 641 кг / м<sup>3</sup> крупного заполнителя и столько же мелкого заполнителя [1].

Для приготовления смеси твердые компоненты: каустический магнезит, крупный и мелкий заполнитель смешивают, затем смесь затворяется раствором бикарбоната магния. Раствор тщательно перемешивается и выкладывается форму – образцы-балочки 40×40×160 мм. Образцы оставляют в формах для предварительного твердения на 3 суток в условиях воздушно-сухой среды, затем вынимают из форм и помещают для окончательного твердения часть в водную среду, часть в воздушно-влажную среду, а часть образцов подвергают тепловлажностной обработке – пропариванию при температуре 85-90 °С в течение 8 часов.

Для определения прочностных характеристик образцы-балочки в возрасте 28 суток с момента их изготовления испытывали на изгиб и на сжатие с помощью гидравлического пресса [3].

Водостойкость материала оценивается по коэффициенту водостойкости ( $K_B$ ), определяемому как отношение среднего арифметического значения предела прочности при сжатии образцов, твердеющих в насыщенном водой состоянии, к пределу прочности при сжатии образцов, твердеющих в стандартных для магнезиальных вяжущих условиях в сухом состоянии.

Результаты испытаний и значения коэффициента водостойкости приведены в таблице 1.

Таблица 1

*Характеристика образцов тротуарных камней, полученных на основе магнезиального вяжущего, затворенных бикарбонатом магния*

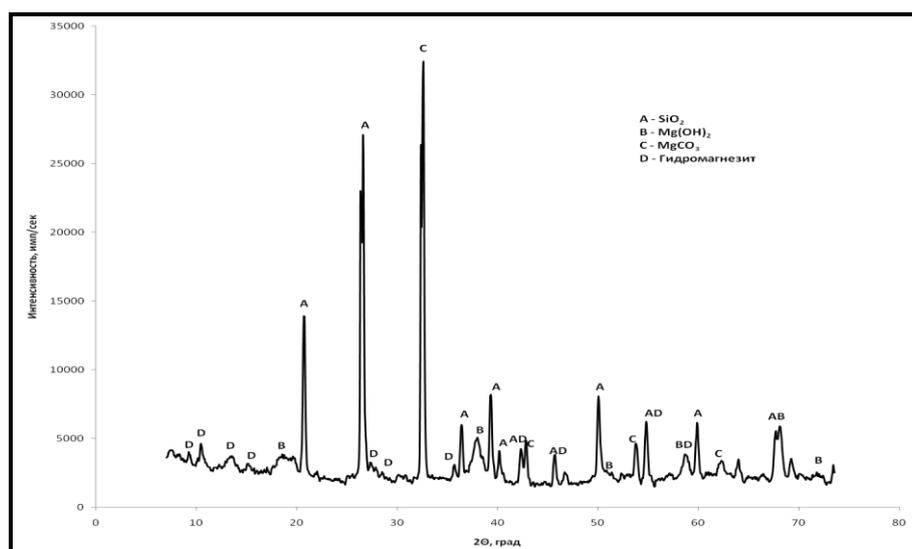
№ образца	Среда твердения	Плотность, кг / м <sup>3</sup>	Прочность при изгибе, МПа	Прочность при сжатии, МПа	Коэффициент водостойкости ( $K_B$ )
1	Воздух	1977	1,5	13,2	1,4
2	Возд-влаж	1991	1,8	17,7	
3	Вода	2028	2,4	18,4	
4	Пропаривание	2055	2,7	24,0	1,8

Исходя из полученных значений, можно сделать вывод, что наибольшую прочность в нормальных условиях имеют образцы, твердевшие в воде. Однако, максимальная прочность образцов будет достигаться при пропаривании. Нормативной прочности при сжатии соответствуют только образцы, твердевшие в условиях пропаривания, отпускная прочность которых составляет 90 %. Значения прочности при изгибе ниже нормативных требований.

Из расшифровки рентгенограммы (рис. 1) видно, что проба состоит из кристаллической фазы  $SiO_2$ , которая осталась после просеивания пробы для РФА. Цементная магнезиальная матрица представлена кристаллическими фазами  $MgCO_3$ ,  $Mg(OH)_2$  и гидромагнезита, нерастворимыми в воде, вследствие чего образцы обладают высокими характеристиками по водостойкости. Наличие высокодисперсных кристаллов гидромагнезита и гидроксида магния обуславливает высокую прочность полученного образца.

В результате проведенных исследований было установлено:

1. Для приготовления среднепластичной смеси возникла необходимость увеличить содержание жидкости затворения с 205 до 300 л / м<sup>3</sup>. Это связано с тем, что использовалась методика расчета портландцементной смеси. Тонкость помола магнезиального вяжущего выше, чем у портландцемента.



**Рис. 1 Рентгенограмма матрицы образца, твердевшего в условиях пропаривания**

2. Наибольшую прочность в нормальных условиях имеют образцы, твердевшие в воде. Однако максимальная прочность образцов достигается при пропаривании. Нормативной прочности при сжатии соответствуют только образцы, твердевшие в условиях пропаривания, отпускная прочность которых составляет 90 %.

3. Значения  $K_B$  больше 1, это говорит о высокой водостойкости образцов. Самые высокие значения  $K_B$  получаются в результате твердения при пропаривании, т.к. при взаимодействии каустического магнезита с БКМ образуются малорастворимые соединения гидромагнезита, а также карбонат магния.

4. Установлена принципиальная возможность применения водостойкого гидравлического магнезиального вяжущего в технологии тротуарных камней, обладающих высокой водостойкостью и стойкостью к выщелачиванию, необходимой прочностью и предположительно высокой износостойкостью, так как материалы на основе магнезиального вяжущего способны полироваться.

#### Литература

1. ГОСТ 27006-86. Бетоны. Правила подбора состава бетона. – М.: Стандартинформ, 2008. – 7 с.
2. Митина Н.А., Лотов В.А., Кабанова В.В., Сухушина А.В. Особенности гидратации магнезиального цемента // Фундаментальные исследования. – Томск, 2013. – № 8 (part 3). – Р. 676 – 680.
3. Лотова В.А., Кутугина В.А. (под ред.). Технология силикатных дисперсных систем: учебное пособие – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 211 с.

### О ВОЗМОЖНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАЛЛАДИЯ НА ВИСМУТОМОДИФИЦИРОВАННОМ ЭЛЕКТРОДЕ МЕТОДОМ ИНВЕРСИОННОЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ

**Ж.К. Сабитова**

Научный руководитель – д.х.н., профессор Н.А. Колпакова

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

За счет склонности металлов сплавляться друг с другом, они могут образовывать твердые растворы и химические соединения, называемые интерметаллидами.

За счет интерметаллидов, в земной коре насчитывается около 100 минеральных видов. Примерно треть этих минералов еще недостаточно изучена и даже не имеет названий. Это объясняется тем, что минералы всех платиновых металлов образуют в рудах микровключения и труднодоступны для исследования [1]. Состав интерметаллических соединений (ИМС) не всегда подчиняется правилам валентности, но эти соединения имеют ярко выраженную индивидуальность свойств.

Ранее, в работах мы уже уделяли внимание возможности устранения мешающего влияния водорода путем модифицирования графитового электрода висмутом [2].

Данная работа посвящена изучению влияния модификатора (висмута), нанесенного на поверхность графитового электрода при определении палладия в минеральном сырье методом инверсионной вольтамперометрии. При выборе модификатора, который образует ИМС с определяемым элементом, руководствуются тем, что мольная доля модификатора должна быть больше, чем мольная доля определяемого элемента. Введение модификаторов на поверхность электродов способствует повышению чувствительности, селективности и воспроизводимости вольтамперометрических измерений.