

УДК: 691.5: 691.335

## ИЗМЕЛЬЧЕННЫЙ КВАРЦЕВЫЙ ПЕСОК – ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БЕСКЛИНКЕРНЫХ ВЯЖУЩИХ

Ерошкина Н. А., Коровкин М. О., Чамурлиев М. Ю.

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства*

*E-mail: n\_eroshkina@mail.ru*

Рассмотрена возможность применения в качестве одного из сырьевых материалов для получения бесклинкерных вяжущих измельченного кварцевого песка. Показано, что твердение вяжущих может проходить при щелочной активации как в нормально-влажностных условиях, так и при тепловой обработке.

**Ключевые слова:** бесклинкерное вяжущее, щелочная активация, измельченный кварцевый песок, измельченный отсев дробления гранита, доменный шлак, активность.

## CRUSHED QUARTZ SAND IS A POTENTIAL RAW MATERIAL FOR THE PRODUCTION OF CLINKERLESS BINDERS

Eroshkina N. A., Korovkin M. O., Chamurliiev M. Yu.

The possibility of using as one of the raw materials for production of clinkerless binder based on ground quartz sand was considered. It was shown that hardening of binders carried out under alkaline activation in normal-humid conditions and during heat treatment.

**Keywords:** clinkerless binder, alkaline activation, crushed quartz sand, crushed granite screening, blast furnace slag, activity.

Зарубежными и отечественными учеными ведутся работы по совершенствованию геополимерных вяжущих на основе некоторых промышленных отходов и горных пород. Эти исследования направлены на создание альтернативы портландцементу. Основными преимуществами геополимерных вяжущих являются низкие затраты энергии при их производстве и возможность утилизировать многотоннажные промышленные отходы [4, 6].

Одним из перспективных направлений развития таких технологий являются геополимерные вяжущие строительного назначения на основе отходов добычи и переработки горных пород [4, 6]. Несмотря на достаточно высокие характеристики геополимерных вяжущих, их применение сдерживается географической ограниченностью распространения месторождений магматических горных пород.

---

Согласно нашим предположениям, тонкодисперсный кварцевый песок в комбинации со шлаком при растворении в щелочной среде, также как и магматические горные породы [1, 2], будет обладать вяжущими свойствами.

В некоторых работах [3, 5] высказывается мнение, что кварц наряду с полевыми шпатами может частично растворяться в сильнощелочной среде и служить сырьевым материалом для получения геополимеров.

В данной работе проведены сравнительные исследования кварцевого песка и отсева дробления гранита в качестве сырья для получения вяжущего щелочной активации. Было изучено влияние продолжительности помола сырья на его дисперсность, а также исследованы реологические свойства геополимерных смесей и вяжущих, твердевших в естественных условиях, и, подвергнутых различным режимам тепловой обработки.

В качестве основы вяжущего использовался кварцевый песок Сурского месторождения Пензенской области или отсев дробления гранита Павловского месторождения, размолотые до дисперсности  $350 \text{ м}^2/\text{кг}$ . В качестве модифицирующей добавки использовался шлак Новолипецкого металлургического комбината, измельченный до  $S_{\text{уд}}=350 \text{ м}^2/\text{кг}$ , в количестве 25 % от веса комплексного вяжущего. Для активации процесса твердения использовался низкомолекулярный раствор силиката натрия ( $M_c=1,1$ ).

Сравнительные исследования размалываемости гранита и кварцевого песка проводились в лабораторной шаровой мельнице диаметром 150 и длиной 130 мм. Удельная поверхность измельчаемых материалов определялась с помощью прибора ПСХ-2.

Консистенция исследуемых смесей оценивалась по распылу конуса (РК) до и после встряхивания смеси на встряхивающем столике по ГОСТ 310.4-81.

Физико-механические свойства геополимерных вяжущих изучались на образцах кубической формы с длиной ребра 20 мм, заформованных из смесей различного состава (см. таблицу). Уплотнение смесей в формах производилось на стандартной лабораторной виброплощадке в течение 60 сек. Образцы твердели в нормально-влажностных условиях, при тепловлажностной обработке при температурах 60 и 80 °С, а также в условиях сухого прогрева при температуре 105 °С.

Анализ графиков зависимостей удельных поверхностей от продолжительности помола в мельнице показывает, что для измельчения песка требуется в 2 раза больше времени в сравнении с измельчением отсева дробления гранита при равных значениях удельных поверхностей (рис. 1).

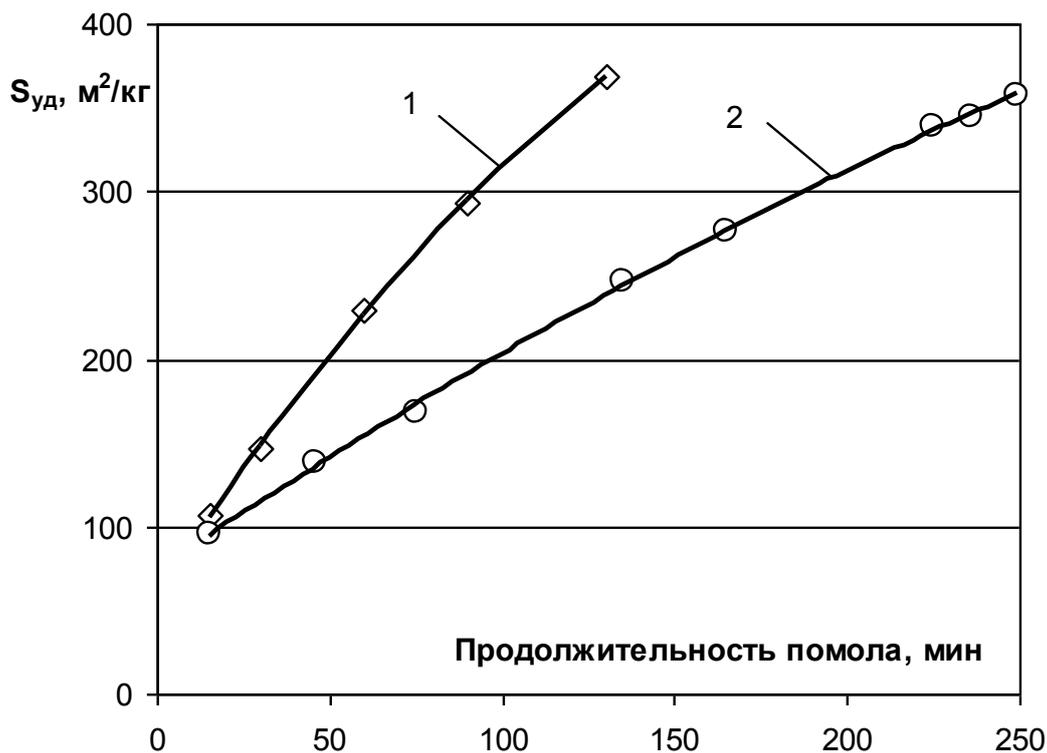


Рисунок 1. Зависимость удельной поверхности отсева дробления гранита Павловского месторождения (1) и кварцевого песка (2) от продолжительности помола

Результаты определения физико-механических характеристик исследуемых композиций представлены в таблице 1 и на рис. 2.

Таблица 1. Реологические свойства бесклинкерных щелочеактивированных вяжущих и их прочность после тепловой обработки

№ п/п	Основа вяжущего	Активатор, %	Вода, %	В/Т	РК, мм		Прочность после тепловой обработки, МПа		
					до встряхивания	после встряхивания	60 °С	80 °С	105 °С
1	Гранит	28	12,5	0,41	176	224	30,8	48,6	42,3
2		13	27,5	0,41	232	281	24,2	35,6	32,4
3		13	14,3	0,27	–	129	40,3	54,5	37,1
4	Песок	28	12,5	0,41	196	242	40,2	52,5	39,6
5		13	27,5	0,41	232	294	31,3	38,2	31
6		13	14,3	0,27	–	121	43,6	58,8	44,5

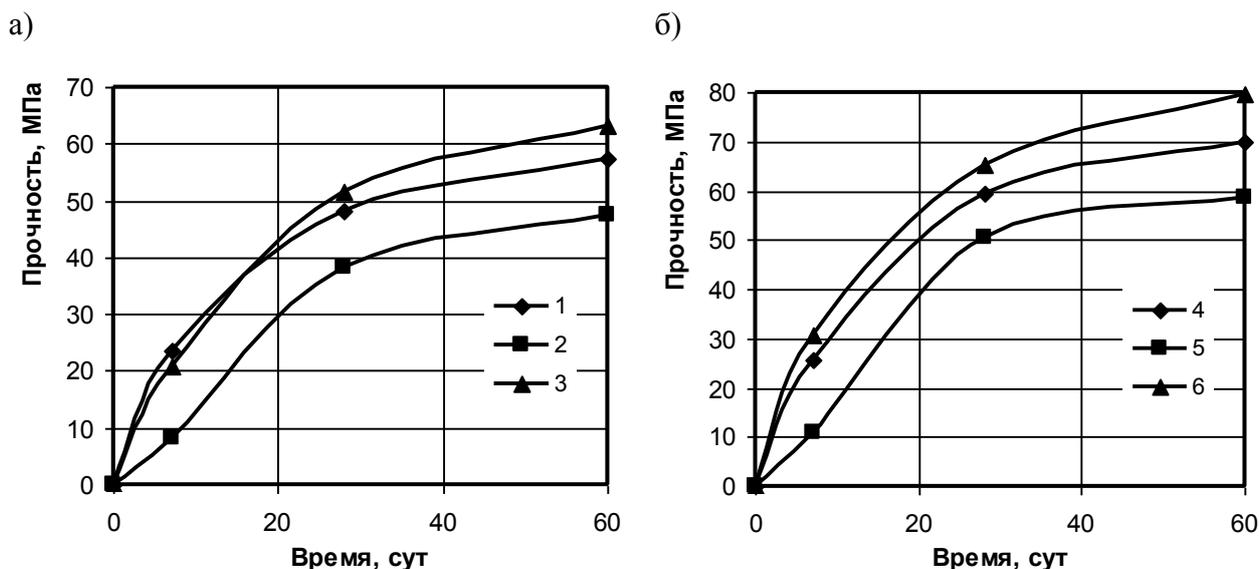


Рисунок 2. Темпы набора прочности вяжущего на основе измельченного гранита (а) и кварцевого песка (б) при твердении в нормально-влажностных условиях. Обозначение: 1 - 6 – составы, приведенные в таблице

Геополимерные смеси при водотвердом отношении (В/Т) 0,41 характеризуются пластичной консистенцией – они имеют значительный расплыв без встряхивания. Составы, приготовленные с применением измельченного песка, имеют более подвижную консистенцию. Анализ табличных данных показал, что геополимерные смеси при низком В/Т=0,27 (составы 3 и 6) расплываются только после встряхивания и имеют расплывы 121 и 129 мм, что характеризует их консистенцию как малопластичную.

Прочностные характеристики геополимерных вяжущих зависят от всех исследованных параметров состава вяжущего: дозировки активатора и В/Т отношения, а также от условий твердения.

При увеличении соотношения вода/активатор при одинаковом В/Т=0,41 и температуре твердения 60 °С прочность вяжущих снижается примерно на 23 %. С повышением температуры до 80 °С это расхождение в прочности у вяжущих на основе измельченного гранита уменьшается до 15 %, у вяжущих на основе кварцевого песка, напротив, увеличивается до 27 %. Повышение температуры тепловлажностной обработки с 60 до 80 °С дает увеличение прочности различных вяжущих от 22 до 57 %. Наибольшей прочностью 52...58 МПа после 80 °С обладают составы вяжущих на основе измельченного кварцевого песка с низким В/Т отношением. Твердение вяжущих в условиях сухого прогрева при 105 °С независимо от В/Т отношения и вида сырья для получения вяжущих приводит к их обезвоживанию и недобору прочности. Для большинства составов с применением измельченного песка прочность выше, чем аналогичных составов, приготовленных на

основе измельченного отсева дробления гранита. Наибольший прирост прочности отмечается у образцов, твердевших при температуре 60 °С.

При твердении в нормальных условиях исследованные вяжущие характеризуются замедленной кинетикой твердения в сравнении с портландцементом. За первые 7 суток геополимерные вяжущие набирают от 20 до 50 % прочности в возрасте 28 суток, в то время как портландцемент за 7 суток набирает обычно около 70 % от марочной прочности.

После 28 суток твердения в нормальных условиях исследованные вяжущие продолжают набирать прочность. Наибольшей прочности в этот период достигают составы на основе кварцевого песка с высоким расходом активатора твердения и вяжущие с низким В/Т отношением. Через 28 и 60 суток твердения прочность вяжущих с тонкоизмельченным кварцевым песком по сравнению с вяжущим на основе гранита выше в 1,2-1,3 раза и составляет от 59,5 до 79,5 МПа. При низком расходе активатора в смесях с пластичной консистенцией прочность геополимерных вяжущих на основе тонкодисперсного кварца составляет 50 и 58,5 МПа, что на 23 и 31,8 % больше, чем в соответствующие сроки у вяжущих на основе гранита. Высокий прирост активности вяжущего на основе кварцевого порошка, по сравнению с вяжущим из гранита, при различных условиях твердения можно объяснить высокой плотностью и прочностью частиц песка, его мономинеральным составом в отличие от гранита и более близким химическим составом с активатором твердения.

### **Выводы**

Установлено, что в качестве сырья для получения геополимерного вяжущего наряду с магматической горной породой – измельченным гранитом, может быть использован широко распространенный во многих регионах России кварцевый песок, на основе которого при введении добавки шлака может быть получено геополимерное вяжущее с прочностью 60-80 МПа.

### **Список литературы**

1. Ерошкина Н.А. Вяжущее, полученное из магматических горных пород с добавкой шлака, и бетон на его основе / Н.А. Ерошкина, В.И. Калашников, М.О. Коровкин // Региональная архитектура и строительство. 2011. № 2. С. 62-65.
  2. Ерошкина Н.А. Минерально-щелочные вяжущие: монография / Н.А. Ерошкина, В.И. Калашников, М.О. Коровкин. Пенза: ПГУАС, 2012. 152 с.
  3. Ерошкина Н.А. Влияние минерального состава магматических горных пород на активность геополимерного вяжущего / Н.А. Ерошкина, М.О. Коровкин, С.В. Аксенов // Региональная архитектура и строительство. 2013. № 1. С. 84-89.
-

4. Корнеев В.И. Перспективы развития общестроительных вяжущих веществ. Геополимеры и их отличительные особенности / В.И. Корнеев, А.С. Брыков // Цемент и его применение. 2010. № 2. С. 51-55.

5. Davidovits J. Geopolymer Chemistry and Applications. 4<sup>th</sup> edition. Saint-Quentin, France, 2015. 644 p.

6. Davidovits J. 30 Years of Successes and Failures in Geopolymer Applications. Market Trends and Potential Breakthroughs // Geopolymer 2002 Conference, October 28–29, 2002, Melbourne, Australia.

---