

## НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕРПЕНТИНОВЫХ ПОРОД В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Черных Т.Н., Орлов А.А., Крамар Л.Я.**

**ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет  
(Национальный исследовательский университет)», г. Челябинск**

Силикатные горные породы магнезиального состава широко распространены в мире (Россия, Америка, Германия, Италия, Китай и др.) и запасы их огромны. Запасы только перидотитов, оливинитов, дунитов, кимберлитов, пироксенитов, серпентинов др., подсчитанные ориентировочно по отдельным наиболее крупным массивам, областям и районам по территории РФ, исчисляются примерно в 75 млрд. т. В наибольших количествах эти породы встречаются на Урале, Кольском полуострове, Алтае в Карелии и Восточной Сибири [1].

В результате промышленной переработки различных руд (металлических, слюдяных и др.) ультраосновные породы образуют большие количества побочных продуктов в виде щебня или тонкоизмельченного материала. При добыче полезных ископаемых, содержащихся в породах иногда в небольшом количестве (менее 1-3%), основная масса добываемой породы идет в отвал [2]. В настоящее время эти отходы насчитывают сотни миллионов тонн. Отходы складываются в отвалах, размеры которых из года в год увеличиваются. Объем отходов горнодобывающей промышленности, содержащих ультраосновные породы, в РФ составляет около 40 млн.т [3].

Характерный пример – это добыча хризотил-асбеста открытым способом. Одновременно с хризотил-асбестом попутно добываются породы, которые в результате последующей сортировки оказываются в отвале. В настоящее время в промышленности строительных материалов серпентинизированные горные породы нашли свое применение большей частью в качестве заполнителей для бетонов (щебня). Кроме того, в разное время были попытки их применения в следующих строительных материалах и изделиях: вяжущее для растворов и бетонов; газобетонные смеси; автоклавный кирпич; керамические изделия (майоликовые изделия и керамическая плитка); глазури и эмали; минеральная вата и каменное литье.

Примером эффективного использования серпентиновых отходов является производство смешанных вяжущих. Известно, что серпентиновые породы при термической обработке (650...700°C) разлагаются с выделением оксида магния и других активных минералов, способных к твердению при затворении растворами солей сульфатов и хлоридов. Учитывая то, что затворение продуктов обжига сульфатами взамен хлоридов способствует понижению гигроскопичности, возник вопрос поиска недорогих материалов, способных в смеси с магнезиальным (серпентиновым) вяжущим играть роль сульфатного затворителя. Одним из таких продуктов является фторангидрит, являющийся отходом производства плавиковой кислоты. В чистом виде его можно использовать в качестве вяжущего вещества, однако, он твердеет очень медленно, поэтому процесс его гидратации необходимо интенсифицировать. Наиболее эффективными регулято-

рами сроков схватывания являются добавки, механизм действия которых заключается в щелочной активации безводного сульфата кальция. Таким образом, совместное использование магнезиального вяжущего из серпентинов и фторангидрита очень эффективно, т.к. в комплексном вяжущем фторангидрит является «затворителем» магнезиального вяжущего, а MgO является активизатором фторангидрита, что обуславливает повышенные технические свойства. Кроме того, комплексное вяжущее затворяется водой и отпадает необходимость в приготовлении в строительном производстве жидкого затворителя, снижается гигроскопичность получаемых композиций, а синергетический эффект от совместного применения серпентинового магнезиального вяжущего и фторангидрита в комплексе позволяет получить прочность на 15-20% выше прочности каждого компонента. Получаемое вяжущее эффективно применять в производстве отделочных материалов типа шпаклевок и штукатурок для внутренних работ.

Вторым перспективным направлением использования серпентиновых пород является производство керамических материалов. С целью определения пригодности серпентиновых отходов добычи хризотил-асбеста для производства строительной керамики выявили их керамические свойства (табл.1).

Табл.1 Керамические свойства серпентиновых отходов

Свойство	Значение
Тонкость помола – остаток на сите 02	не более 15%
Предел пластичности	32,4%
Предел раскатывания	19,4%
Число пластичности	13,0%
Рабочая влажность	26%
Воздушная усадка	4,9%
Огневая усадка (при $t_{обж}=1100^{\circ}C$ )	17%
Водопоглощение (при $t_{обж}=1100^{\circ}C$ )	17,5%

Судя по полученным данным, сырье пригодно для применения в качестве керамического и относится по ГОСТ 9169 - 75 к среднепластичному. Это определяет полусухой способ формования, что обеспечивает максимальную прочность и плотность сырца.

В ходе исследования также выявили, что наиболее эффективной добавкой, снижающей температуру обжига, является хлорид магния, небольшой положительный эффект дает также оксид железа. При использовании  $MgCl_2$  прочность образцов возрастает при температуре обжига  $1100^{\circ}C$  в 2 раза относительно бездобавочного материала. После обжига серпентиновой шихты получается керамический материал с прочностью 10-20 МПа. При этом известно, что для повышения прочности керамического черепка серпентины целесообразно использовать в смеси с глинистыми породами [4]. Таким образом, серпентины вполне пригодны для производства стеновой керамики типа пустотелого кирпича.

Третьим является получение прочного строительного камня путем автоклавного синтеза. Природные водные силикаты магния после обжига в тонко-

измельченном состоянии при затворении водой схватываются и твердеют даже при нормальной температуре.

Как известно, состав силикатных материалов, таких как силикатный кирпич и камни, должен включать две обязательных составляющих:

1. Силикатный компонент, например, кварцевый песок, кварцевая пыль или некоторые природные силикаты с избыточной поверхностной энергией;
2. Щелочной компонент, например, оксиды или гидроксиды кальция и магния.

Отходы добычи хризотил-асбеста могут относиться как к первой категории, так и ко второй, так как в составе этих материалов присутствуют как гидроксид магния в количестве до 5%, так и гидросиликаты магния, слагающие основу хризотил-асбеста. Для выявления к какой категории относятся эти продукты, а также для выявления максимально прочных композиций проводили подбор состава силикатных материалов путем варьирования соотношения песок/отходы добычи хризотил-асбеста. Для активации процесса гидратации вводили добавки, содержащие активные анионы, способствующие интенсификации процесса твердения, в частности, в работе использовали хлорид магния. Отходы измельчали до прохода через сито 008 не менее 85%, составляли соответствующую пропорцию с песком, затворяли полученную смесь водой (с растворенной добавкой или без) до влажности смеси 8%. Полученную смесь уплотняли двухступенчатым прессованием на прессе под давлением 2 МПа. Образцы-кубики твердели в условиях автоклавной обработки при температуре 191°C и давлении насыщенного 1,2 МПа в течение 8 часов. После автоклавной обработки определяли прочность полученных образцов при сжатии. Результаты эксперимента представлены в табл.2.

Табл.2 Прочность образцов в зависимости от состава

Номер состава	Состав				Предел прочности при сжатии, МПа
	Отходы добычи хризотил-асбеста	Известь	Песок	Хлорид магния	
1	100%	–	–	–	3,06
2	50%	50%	–	–	6,2
3	50%	–	50%	–	3,1
4	95%	–	–	5%	4,18

По результатам эксперимента можно сделать вывод, что наиболее эффективными являются составы с использованием в комплексе хризотил-асбеста в качестве силикатного компонента и извести в качестве щелочного. Введение в состав песка является нецелесообразным, так как он не оказывает упрочняющего действия на матрицу, а отходы хризотил-асбеста сами являются силикатным компонентом и им требуется щелочная активация. Добавка хлорида магния оказывает положительное влияние на прочность материала, являясь активатором синтеза новых гидросиликатов в твердеющей системе, которые одновременно являются каркасом и обеспечивают получаемому материалу прочность.

При использовании серпентиновых пород в этой области производства стройматериалов можно получать стеновой кирпич, аналогичный по свойствам силикатному, с маркой по прочности не ниже М50.

Таким образом, побочные продукты промышленности – отходы дробления хризотил-асбеста, состоящие преимущественно из серпентинов, являются перспективным сырьем для производства строительных материалов. Материалы, получаемые с их применением, не уступают по свойствам аналогичным строительным материалам, при этом решается важная экологическая проблема утилизации накопленных отвалов пород.

#### *Список литературы*

- 1. Боженов, П.И. Комплексное использование минерального сырья и экология / П.И. Боженов. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 1994. – 263с.*
- 2. Худякова, Л.И. Перспективы использования магнезисиликатных горных пород в производстве строительных материалов / Л.И. Худякова, О. В. Войлошиников, Б.Л. Нархинова // Строительные материалы. – 2006. – №12. – С.44-45.*
- 3. Прокофьева, В.В. Строительные материалы на основе силикатов магнезия / В.В. Прокофьева, З.В. Багаутдинов. – Санкт-Петербург: Стройиздат СПб, 2000. – 200с.*
- 4. Гурьева, В.А. Основы формирования структуры и технологии строительной керамики на базе алюмомагнезисиликатного сырья. Автореферат дисс. на соискание степени доктора технических наук. – Оренбург, 2011. – 37 с.*