

© Л.И. Худякова, О.В. Войлошников, Б.Л. Нархинова

Россия, Улан-Удэ, Байкальский институт природопользования СО РАН

## Применение нетрадиционного сырья в производстве портландцемента

Рассмотрено использование магнийсиликатных горных пород для получения новых видов цемента. Научная гипотеза их использования основана на активном участии пород в процессах гидратации вяжущих систем после их механической активации.

© L.I. Khydyakova, O.V. Voiloshnikov, O.V. Narkhinova

## The use of untraditional resources in production of Portland cement

The use of magnesium-silicate rocks for obtaining the new cements kinds was considered. The scientific hypothesis of this usage is founded on the active participation of the rocks in the processes of hydration of cementing systems after their mechanical activation.

### Введение

Задачи увеличения объемов строительства зданий и сооружений, сокращения сроков их возведения могут быть решены только при использовании строительных материалов, имеющих высокое качество и низкую стоимость. Данная цель может быть достигнута при условии применения вторичных сырьевых ресурсов и местного сырья.

На севере Бурятии находится дунит-троктолит-габбровый массив. При его разработке магнийсиликатные горные породы будут находиться в отвалах, а запасы их в данном массиве составляют миллиарды тонн [1]. Но магнийсиликатные породы в отрасли стройиндустрии практически не используются, являясь для нее нетрадиционным сырьем. Это объясняется повышенным содержанием оксида магния в исходном продукте, в результате чего в клинкере оно превысит допустимое ГОСТом содержание 5%. Ограничение обусловлено опасностью неравномерности изменения объема цемента при запоздалой гидратации оксида магния, находящегося в виде крупнокристаллического периклаза в клинкере [2]. Однако в данных породах магний находится совершенно в другой форме – в виде силикатов. Поэтому магнийсиликатное сырье будет вести себя в процессах гидратации совершенно по-другому. Возможности его использования являются перспективным направлением в производстве строительных материалов.

**Экспериментальная часть.** Была предпринята попытка получения новых видов строительных материалов на основе нетрадиционного сырья – магнийсиликатных горных пород (верлитов, троктолитов, дунитов). Дунитовый слой прослеживается от верховьев руч. Рыбачий на юго-западном фланге до руч. Белый на северо-восточном фланге Йоко-Довыренского массива, на расстояние около 13 км. Наибольшая мощность (~870 м) дунитового горизонта наблюдается в центральной части массива и постепенно уменьшается (до 100-200 м) на его флангах. В нижней части присутствует слой плагиодунитов, а в верхней среди дунитов встречаются полосовидные обособления троктолитов и верлитов [1]. Данные породы состоят из минералов группы оливина. Оливин в дуните представлен в основном форстеритом. Фаялитовая составляющая в нем равна 4-8%. В верлитах оливин в своем составе содержит 10-14% фаялитовой молекулы, а в троктолитах – до 30%.

Оливины применяются для производства огнеупоров. В производстве строительных материалов они не используются. Поэтому была предпринята попытка применения данных пород в получении портландцементов с активными минеральными добавками.

В качестве сырьевых компонентов использовали портландцементный клинкер марки М 400 Тимлюйского цементного за-

вода, гипс карьера Тимлюйский и магний-силикатные горные породы Йоко-Довыренского месторождения. Химиче-

ский состав данных пород представлен в таблице 1.

**Таблица 1.** Химический состав магнийсиликатных пород, масс. %

Порода	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
Верлит	39,70	1,80	43,83	0,81	12,30	0,12	0,07
Троктолит	40,60	12,00	28,30	5,57	11,60	0,57	0,04
Дунит	37,00	1,25	41,54	0,10	12,10	0,03	0,05

Было исследовано влияние количества вводимой в смесь минеральной добавки на свойства портландцемента и дисперсность полученного состава. Для изучения вышеперечисленных зависимостей готовили смеси портландцементного клинкера, гипса и магнийсиликатной породы с содержанием последней от 20 до 40% от массы смеси. Смесь истирали в стержневом вибрационном измельчителе в течение различного времени, затем формовали образцы – кубы 2х2х2 см из теста нормальной густоты. Образцы хранили в течение 7 и 28 суток в

нормально-влажностных условиях и подвергали испытаниям по ГОСТ 310 “Цементы”.

#### *Результаты и обсуждения*

Проведены исследования по влиянию механической активации на взаимодействие в смеси портландцемента с минеральной добавкой: верлитом, дунитом, троктолитом. Лучшие результаты испытаний показали образцы смесей при их измельчении до величины удельной поверхности 3000-3200 м<sup>2</sup>/кг. Показатели механической прочности полученных цементов с использованием вышеперечисленных пород представлены в таблице 2.

**Таблица 2.** Физико-механические показатели полученных цементов с использованием магнийсиликатных пород

Кол-во добавки, масс. %	Предел прочности при сжатии, МПа в возрасте		Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>
	7 суток	28 суток	
<b>Верлит</b>			
20	36,3	51,5	2253
30	39,6	61,0	2216
40	38,5	47,9	2245
<b>Троктолит</b>			
20	39,9	66,8	2281
30	37,3	62,3	2246
40	37,8	56,9	2267
<b>Дунит</b>			
20	38,6	51,0	2353
30	41,5	54,5	2392
40	36,0	45,4	2422
<b>Портландцемент</b>	28,6	39,8	2095

Как видно из данных таблицы, все образцы имеют повышенную прочность по сравнению с прочностью портландцемента марки

М 400 без минеральной добавки. За первые 7 суток образцы набирают 90-104% прочности готового портландцемента. К 28 суткам твер-

дения показатели прочности значительно увеличиваются и достигают 114-168% прочности портландцемента. Образцы с добавкой троктолита имеют наибольшую прочность, чем образцы с добавкой верлита и дунита. Это объясняется составом и структурой данных пород.

Был выполнен рентгенофазовый анализ продуктов гидратации полученных смесей. На рисунке представлена рентгенограмма цементного камня на основе дунита.

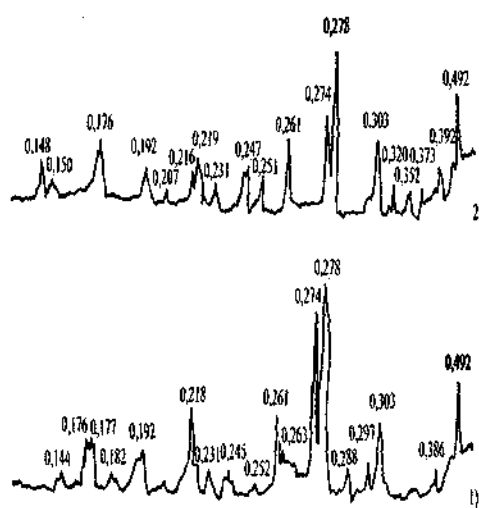


Рис. 1. Рентгенограммы цементного камня:  
а) портландцемент;  
б) портландцемент: дунит (60 : 40).

Как видно из данных РФА, в спектре цементного камня на основе дунита отмечены линии двухкальциевых гидросиликатов типа C<sub>2</sub>SH(B), C<sub>2</sub>SH(A), C<sub>2</sub>SH<sub>4</sub> (0,303; 0,278; 0,274; 0,261; 0,176), портландита (0,492; 0,192), рефлексы минералов дунита – оливина (0,251; 0,247), форстерита (0,392), рефлексы минералов группы серпентина (0,352; 0,320; 0,148).

Результаты рентгенофазового анализа показали, что продуктами гидратации портландцементов с минеральными добавками в виде магнийсиликатных горных пород являются низкоосновные гидросиликаты кальция, серпентинизированные магниевые силикаты и смешанные кальциево-магниевые силикаты. При твердении активную роль играют клинкерные минералы, образующие сложные комплексные соединения силикатно-феррито-магнезиального состава. Все цементирующие новообразования в системе первоначально возникают в субмикроскопическом коллоидном состоянии и адсорбционно удерживают большое количество воды. По мере образования гидросиликатов кальция, магния и других комплексных соединений вода химически и адсорбционно связывается, цементный камень уплотняется, а отдельные зерна непрореагировавших частиц и заполнители склеиваются в монолит. При этом большое значение имеет плотность новообразований, получающихся на поверхности этих зерен.

#### Закключение

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что магнийсиликатные горные породы можно использовать в качестве активных минеральных добавок при производстве портландцемента. При этом значительно повышается его качество, уменьшается стоимость за счет применения отвальных поро и решаются экологические проблемы за счет освобождения земель, занятых данными породами.

#### Литература

1. Кислов Е.В. Йоко-Довыренский расслоенный массив. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 1998. – 268 с.
2. Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимошев В.В. Химическая технология вяжущих материалов. – М.: Высшая школа, 1980. – 470 с.