

УДК 330.15; 666.972

**Л.И. Худякова, О.В. Войлошников**

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

*Показано, что вмещающие породы можно использовать в качестве крупного и мелкого заполнителей при производстве тяжелых бетонов. Полученные бетоны обладают повышенными прочностными показателями по сравнению с традиционным видом на кварцевом песке и гранитном щебне.*

*Ключевые слова: вмещающие породы, магнийсиликатные породы, тяжелый бетон, крупный и мелкий заполнители.*

**О**своение месторождений полезных ископаемых подразумевает большой объем вскрышных и вмещающих пород, которые оказывают негативное воздействие на окружающую среду. Для устранения этого влияния необходимо переходить к безотходным технологиям, вовлекая в производство отходы горнодобывающих предприятий. При разработке ультрамафит-мафитовых массивов с медно-никелевым и платинометальным оруденением в виде отходов будут находиться магнийсиликатные горные породы в виде дунитов, верлитов и троктолитов. Одним из перспективных направлений является использование

их в производстве строительных материалов, в частности, бетонов.

Щебень и песок составляют до 80 % объема бетонов. Поэтому применение заполнителей бетонов из отходов горнорудного производства вместо гранитного и других традиционных видов щебня, позволяют получить материалы более высокого качества и низкой себестоимости.

В качестве сырьевых материалов использовались портландцемент марки М400Д0 Тимлюйского цементного завода, гранитный щебень карьера «Горняк», песок карьера «Речпорт» и магнийсиликатные горные породы Йоко-Довыренского массива, химический состав которых приведен в табл. 1.

Таблица 1

**Химический состав магнийсиликатных пород, масс, %**

Порода	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	ппп
Верлит	39,70	1,80	0,42	10,70	0,81	43,83	0,12	0,07	1,29
Дунит	37,40	1,25	3,10	12,60	0,40	40,81	0,14	0,02	2,84
Троктолит	40,60	12,00	1,11	9,45	5,57	28,60	0,57	0,04	1,33
Дунитовый песок	38,40	2,10	2,93	9,95	0,46	43,20	0,05	0,03	0,98

Были проведены испытания щебня и песка на предмет пригодности для использования в приготовлении бетонов по ГОСТ 8269.0-97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. МИ», ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. ТУ», ГОСТ 8735-88, ГОСТ 8736-93 «Песок для строительных работ. МИ, ТУ». Полученные результаты показывают, что щебень из магнийсиликатных горных пород Йоко-Довыренского массива (дунитов, верлитов, троктолитов) фракции 5-40 мм соответствует требованиям ГОСТ и может применяться для изготовления бетона марок «100-400». Наличие вредных компонентов и примесей в исследуемых породах не выявлено.

Ситовой анализ дунитового песка показал, что 68,4 % песка представлено частицами крупнее 0,63 мм. По модулю крупности ( $M_{кр} = 2,72$ ) и полному остатку на сите № 0,63 он относится к группе крупных песков. Содержание пылевидных и глинистых частиц составляет 5 %, что не удовлетворяет требованиям ГОСТ 8736-93 «Песок для строительных работ. Технические условия». Поэтому требуется дополнительное просеивание песка. Содержание органических примесей находится в пределах допустимых значений.

Была выполнена радиационно-гигиеническая оценка пород. Значения суммарной удельной эффективной активности естественных радионуклидов  $A_{эфф}$  для дунита составляет 85,69 Бк/кг, для верлита – 107,89 Бк/кг, для троктолита – 131,69 Бк/кг. По радиационным показателям образцы не превышают нормируемых значений СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности»

(НРБ-99/2009) и согласно ГОСТ 8267-93 могут использоваться для всех видов строительных работ. Для дунитового песка значение суммарной удельной эффективной активности естественных радионуклидов  $A_{эфф}$  составляет 94,45 Бк/кг, что согласно ГОСТ 8736-93 устанавливает возможность его применения в строительстве.

Для изучения влияния заполнителей из магнийсиликатных пород Йоко-Довыренского массива на технологические свойства бетонных смесей были проведены испытания по подбору состава бетонов. Расход щебня всех видов оставался равным по массе. Подвижность бетонных смесей во всех случаях составляла 1–4 см при соотношении массы песка к общей массе заполнителей, равном 0,4. Расход цемента при подборе состава бетона оставался постоянным. В качестве мелкозатворителя использовались: кварцевый песок с  $M_k = 2,5$  и дунитовый песок Йоко-Довыренского массива с  $M_k = 2,72$ . Вода для затворения бетонных смесей во всех случаях соответствовала ГОСТ 23732 «Вода для бетонов и растворов. Технические условия».

Изучалось влияние видов щебня и песка на темпы твердения и прочность бетонов. Исследования проводились в возрасте 7 и 28 суток нормально-влажностного твердения на бетонах с тремя видами крупного заполнителя из магнийсиликатных горных пород – верлитов, дунитов, троктолитов, с двумя видами мелкозатворителя из кварцевого и дунитового песка и вяжущем в виде портландцемента марки М400Д0. В качестве контрольных образцов рассматривались бетоны с использованием гранитного щебня и гравия. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Механические показатели бетонов в зависимости от вида заполнителей**

Вид крупного заполнителя	Вид мелкого заполнителя	Предел прочности при сжатии, МПа в возрасте	
		7 суток	28 суток
Дунит	Кварцевый песок	18,3	28,3
	Дунитовый песок	21,9	32,0
Верлит	Кварцевый песок	17,1	28,0
	Дунитовый песок	21,7	31,8
Троктолит	Кварцевый песок	16,9	27,5
	Дунитовый песок	21,7	31,2
Гранитный щебень	Кварцевый песок	16,0	26,7
	Дунитовый песок	17,3	28,4
Гравий	Кварцевый песок	15,8	25,2
	Дунитовый песок	16,9	27,8

Как видно из таблицы, основной набор прочности происходит в первые 7 суток твердения бетона (более 50%), далее набор прочности замедляется и достигает максимального значения к 28 суткам твердения в нормально-влажностных условиях.

Вид крупного заполнителя оказывает влияние на прочностные характеристики бетонов. Самые низкие показатели имеют бетоны, где в качестве крупного заполнителя используется гравий. Лучшие показатели имеют бетоны с использованием магнийсиликатных пород. Прочность бетонов на щебне из дунита выше, чем из верлита и троктолита.

Мелкий заполнитель также оказывает влияние на прочностные харак-

теристики бетонов. Замена кварцевого песка на дунитовый способствует повышению их прочности, которая увеличивается на 19,8–27,0 % по сравнению с контрольным образцом.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что отходы горнодобывающей промышленности в виде вмещающих пород медно-никелевых месторождений дунитов, верлитов и троктолитов можно использовать в качестве заполнителей при производстве тяжелого бетона. Это позволит получить строительные материалы высокого качества и низкой себестоимости, а также улучшить экологическую обстановку в данных регионах.

*Работа выполняется по программе ОХНМ РАН № 5.5.2 «Получение новых видов материалов с высокими эксплуатационными характеристиками из отходов горнодобывающей промышленности».*

**Коротко об авторах**

*Худякова Л.И.* – кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории химии и технологии природного сырья, lkhud@binm.bscnet.ru

*Войлошников О.В.* – кандидат технических наук, ведущий инженер лаборатории химии и технологии природного сырья, ovod@binm.bscnet.ru  
Байкальский институт природопользования СО РАН