

ются токсичными и могут быть утилизированы в качестве добавки к смесям при производстве строительных материалов.

Применение предлагаемой технологии обработки стоков горно-обогатительных комбинатов позволит достигать высокой эффективности очистки с минимальным энергопотреблением, а также предотвратить загрязнение водоемов и почв токсичными шламами и концентратами. Такое решение позволит улучшить экологическую обстановку в районах расположения комбинатов, снизить потребление отрасли водных ресурсов за счет создания оборотных циклов, почвенных ресурсов, которые в настоящее время используются для создания шламонакопителей. Технология протестирована на сточных водах различных ГОК и показала свою эффективность.

#### *Библиографический список*

1. Селицкий Г.А., Ермаков Д.В. Очистка природных сточных вод от сульфатов // Инновационные технологии в системах производственного водоснабжения: Сборник статей. Екатеринбург, 2013. С. 82-93.
2. Технологическая инструкция по обогащению медно-молибденовых руд месторождения Эрдэнэйтин – Овоо на обогатительной фабрике КОО 2. Предприятие «Эрдэнэт», 2008. 180 с.
3. Баглай Е.Б., Баглай С.В., Риянова Э.А. Опыт промышленного сравнения методов очистки сточных вод от сульфат-ионов // Чистая вода России: Сборник статей. Екатеринбург, 2011. С. 218-221.
4. Вдовина И.В. Снижение антропогенной нагрузки на малые реки в зоне влияния горнорудного промышленного предприятия: на примере Республики Башкортостан: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Уфа, 2009. 24 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВКИ ШЛАМОВ РАЗНОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НА СВОЙСТВА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА**

*Васечкина В.А., Ютик А.С., Кузнецова А.А., Герасимова Е.С.  
УрФУ*

Постоянная и эффективная экономия материальных затрат в производстве строительных материалов является важнейшей задачей. Наиболее дорогим и энергоёмким компонентом цементных бетонов и растворов является портландцемент. В связи с этим вопросы его экономии до сих пор остаются актуальными.

Также в настоящее время остаются острыми проблемы утилизации отходов промышленности. В частности, в нашей области ежегодно образуется достаточное количество промышленных отходов, которое весьма существенно влияет на состояние окружающей среды. Решение проблемы экономии цемента можно совместить с решением проблемы утилизации отходов промышленности за счет их введения в состав вяжущего.

Цель работы – изучение влияния шламов различного химического состава на свойства портландцемента. В работе использовали: портландцемент ЦЕМ I 32,5 Н; красный шлам (КШ) и шлам водоподготовки (ШВ) (табл. 1-2).

Таблица 1

## Химический состав красного шлама

$\Delta M_{\text{прк}}$ , %	Массовое содержание оксидов, %									
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	MnO	SO <sub>3</sub>
7,80	44,00	16,40	8,80	4,60	0,96	9,60	1,10	3,00	0,30	2,90

Таблица 2

## Характеристика шлама водоподготовки

Массовое содержание, %				
Al(OH) <sub>3</sub>	Fe(OH) <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	Органика природного происхождения
60,0	15,0	20,0	2,5	2,5

В работе был поставлен полный факторный эксперимент 2<sup>2</sup>. Условия проведения показаны в табл. 3. В качестве факторов было выбрано В/В и количество вводимых шламов.

Таблица 3

## Условия проведения эксперимента

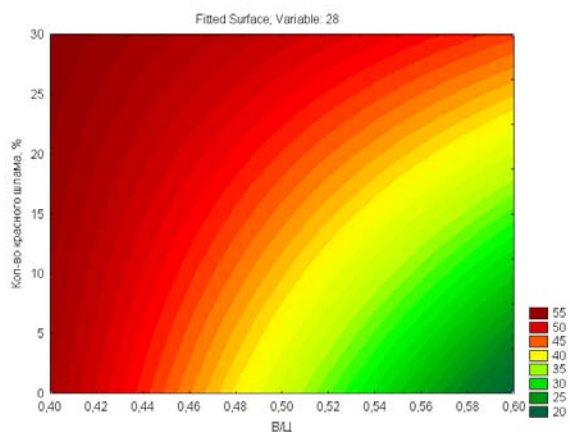
Наименование фактора	Символ	Среднее значение фактора	Интервал X <sub>i</sub>	Значение на уровнях, %	
				+1	-1
В/В	X <sub>1</sub>	0,5	0,2	0,6	0,4
Количество шлама, %, замена цемента	X <sub>2</sub>	15,0	30,0	30	0

Выяснили, что введение КШ ускоряет начало схватывания цементного теста в 2-3 раза, также его введение загущает тесто, снижая величину расплыва. Введение ШВ наоборот сильно замедляет схватывание и твердение цемента и значительно увеличивает его подвижность. Это может быть связано с повышенным содержанием Al(OH)<sub>3</sub> в составе шлама.

Проекция криволинейных зависимостей прочностей цементного камня в возрасте 28 сут. показаны на рис. 1-2. Установлено, что введение КШ не снижает прочности камня при минимальном В/В. Прочность состава, содержащего 30 % КШ достигает 55 МПа, что сравнимо с прочностью нулевого состава. Введение ШВ снижает прочность примерно на 20 %.

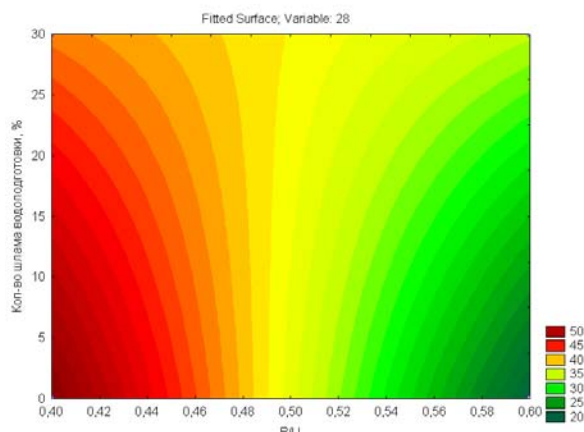
В результате проведения первого этапа работы выяснили, что прочность цементного камня при введении 30 % КШ увеличивается по сравнению с контрольным составом, а при введении шлама водоподготовки образуется область оптимальных составов при расходе шлама менее 30 %. Поэтому для определения оптимального количества шламов с точки зрения прочности был проведен второй этап.

Были заформованы составы, содержащие 30, 40 и 50 % КШ, и 15, 20 и 30 % ШВ. Результаты определения прочности при сжатии в возрасте 28 сут. показаны на рис. 3.



$$Y = 43,538 - 10,988X_1 + 7,108X_2 + 5,733X_1X_2$$

Рис. 1. Проекция криволинейной зависимости прочности цементного камня от количества красного шлама в возрасте 28 суток



$$Y = 37,178 - 10,198X_1 + 0,748X_2 + 6,523X_1X_2$$

Рис. 2. Проекция криволинейной зависимости прочности цементного камня от количества шлама водоподготовки в возрасте 28 суток

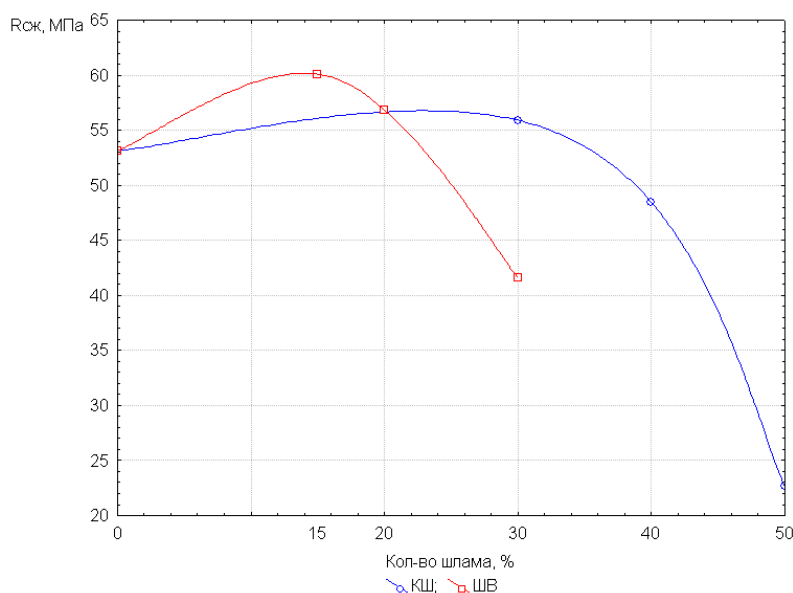


Рис. 3. Зависимость прочности цементного камня от количества шламов в возрасте 28 суток

Можно сделать вывод, что наибольшую прочность цементного камня в 28 суток можно получить при введении 15 % ШВ. Прочность состава с 20 % ШВ сравнима с прочностью контрольного, и равна 56,83 МПа. Видно, что дальнейшее увеличение

содержания КШ более 30 % приводит к снижению прочности цементного камня: при введении 40 % – на 13 %, при введении 50 % – в 2,5 раза.

В результате испытаний было выбрано два оптимальных состава, у которых дополнительно определили водопоглощение и коэффициент размягчения. Их характеристики представлены в табл. 4.

Таблица 4

Характеристики оптимальных составов

Вид шлама	Кол-во шлама, %	Распływ, см	Начало схватывания	Конец схватывания	$R_{сж}^{28}$ , МПа	$K_p$	ВП, %
–	0	0,7	4 ч 10 мин	8 ч 00 мин	53,15	0,90	12,0
КШ	30	0,0	1 ч 30 мин	5 ч 30 мин	55,90	0,81	14,3
ШВ	15	23,0	1 сутки	4 суток	60,10	0,75	17,8

Введение ШВ значительно увеличивает подвижность цементного теста и его сроки схватывания. Незначительно уменьшается величина коэффициента размягчения, повышается водопоглощение. Характеристики состава с красным шламом практически равны характеристикам нулевого состава, но сроки схватывания сокращаются примерно в 2 раза.

В результате проведенной работы можно рекомендовать только красный шлам в качестве добавки к портландцементу для приготовления смешанного вяжущего. Это позволит сэкономить до 30 % (по массе) портландцемента при производстве строительных изделий и конструкций на основе предлагаемого вяжущего.

## **НЕВЗРЫВНЫЕ РАЗРУШАЮЩИЕСЯ СМЕСИ ИЗ ИЗВЕСТКОВЫХ ОТСЕВОВ**

*Ворсин В.А., Уфимцев В.М.  
УрФУ*

Невзрывные разрушающиеся смеси (НРС) появились на рынке строительной продукции в конце прошлого столетия и на текущий момент пользуются все большим спросом. Они не имеют альтернативы в случае вывода из эксплуатации зданий и сооружений, расположенных в населенной зоне, при демонтаже фундаментов тяжелого оборудования, связанного с его модернизацией. Кроме того, они весьма эффективны при разработке декоративного камня и разделке, так называемого «негабарита», крупноразмерных кусков горной породы, в буровзрывных технологиях разработки минерального сырья для производства цемента, извести и щебня.

НРС представляют собой порошки, образующие при контакте с водой, твердые соединения, объем которых, как минимум, вдвое превышает объем исходной твердой фазы. Водную суспензию НРС заливают в заранее пробуренные скважины диаметром от 24 до 40 мм. Для проявления разрушающего эффекта обычно достаточно 20-24 часа.

Известны два типа НРС, отличающихся по химической природе расширяющей основы средства: сульфатные на основе алюмо-сульфоалюминатов кальция и известковые. Последние отличаются кратким сроком проявления расширения, весьма доступной и дешевой сырьевой базой в виде известняковых отсевов от производства строительной и металлургической извести и потому заслуживают предпочтения.

На текущий момент стоимость качественного НРС японского или швейцарского производства колеблется от 1 \$ до 1 евро. Китайский аналог продается в 4-5 раз дешевле. Из отечественных производителей известен ОАО «ВНИИСТРОМ», расположенный в пос. Красково Московской обл.

Известковые НРС относятся к весьма гигроскопичным материалам и по этой причине не подлежат длительному хранению. По указанной причине они нуждаются в герметичной упаковке и не подлежат длительному хранению.