

УДК 666.972.16 (575.2) (04)

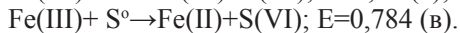
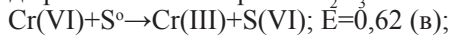
## ПОЛУЧЕНИЕ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ ИЗ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КАЗАХСТАНА МЕТОДОМ АКТИВАЦИИ И ДЕТОКСИКАЦИИ

*Б.Р. Исакулов, А.С. Жив*

Рассматривается использование принципа взаимной нейтрализации токсичных компонентов используемых отходов промышленности Западного Казахстана путем их механохимической обработки при невысокой температуре.

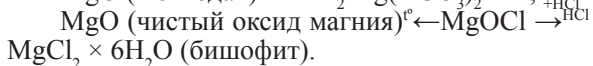
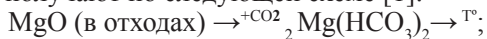
*Ключевые слова:* отходы; бетон; очистка вод; арболит.

Вязущими компонентами в выбранных нами легких бетонах являются сера, цемент, магниальное вяжущее и, частично, компоненты хромсодержащего шлама [1–13]. Пиритный огарок ( $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) и сера восстанавливают токсичные соединения хрома (VI)  $\text{CrO}_3$  в неопасный оксид трехвалентного хрома  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ :



Положительное значение ЭДС реакций (E) свидетельствует о возможности протекания реакции в данном направлении.

Практически неограниченным источником оксида и оксихлорида магния являются серпентиниты – вмещающая порода актюбинских хромитовых руд, из отходов которых соединения магния получают по следующей схеме [1]:



Отходы природной целлюлозы после мерсеризации [4, 13] могут эффективно необратимо путем адсорбции очищать воду от соединений хрома (III; VI), бора, ряда токсичных тяжелых металлов.

Весьма ценным с экологической, экономической и технологической точек зрения является утилизация и использование указанных сорбентов после отработки их ресурса в качестве компонентов сырьевых смесей для получения легких бетонов (арболитов), обладающих рядом положительных свойств: легкостью, нетоксичностью, малой звуко- и теплопроводностью и дешевизной при достаточной прочности. К арболитам относятся разновидности легких бетонов, состоящих из минерального вяжущего вещества и органического заполнителя в виде

древесных отходов (дробленая древесина, тростник камыша, стебли хлопчатника, рисовая солома, косточки ореха и т.п. в дробленном виде).

Компоненты исходного неорганического сырья при механо-химическом измельчении в шаровой мельнице реагируют друг с другом.

Для того чтобы в системах из кристаллических или некристаллических твердых тел могли протекать химические реакции, необходимо, чтобы атомы в этих твердых телах могли перемещаться.

Если атомы переходят из нормальных узлов решетки в междоузлия, то они далее легко перемещаются по кристаллу из одного междоузлия в другое. Одним из вариантов последнего механизма является так называемый “эстафетный” механизм, при котором атом, находившийся в междоузлии, переходит в нормальный узел, выталкивая ранее находившийся там атом в новые междоузлия. Этот тип перемещения атомов может наблюдаться тогда, когда прямое перемещение атома из одного междоузлия в другое энергетически не выгодно. Возможны также перемещения “дырок” и дефектов самой решетки.

Рассмотренные механизмы перемещения атомов по решетке могут иметь место, но какой из них реализуется в каждом конкретном случае, зависит от величины энергии, необходимой для протекания данного процесса. Общий энергетический эффект определяется величиной  $\Delta H$  реакций.

В настоящее время прямыми опытами доказано [8], что при нагревании смесей двух твердых веществ при температурах, значительно ниже температуры при появлении жидкой фазы, образуются новые вещества. В нашем случае, при  $t$  менее  $100^\circ\text{C}$  жидкой фазой является пленка воды на поверхности твердой фазы. По-видимому,

необходимость легкого увлажнения реакционной смеси, которое мы установили во время проведения наших экспериментов, вызвана положительной ролью жидкой фазы воды, ускоряющей механохимическую реакцию в твердой фазе.

К факторам, влияющим на ход твердофазных реакций, относятся следующие:

1. Температура и время.
2. Тонкость измельчения исходных компонентов реакции.
3. Уплотнение смеси (создается большее число контактов частиц смеси).
4. Природа исходных сырьевых материалов: окислительно-восстановительные свойства, степень дефектности их строения, увеличивающая скорость диффузии через слой продукта реакции. Аморфные разновидности реагируют значительно быстрее кристаллических (в нашем случае это сера).

5. Перемешивание. Если технологические условия таковы, что процесс приходится проводить в порошкообразном состоянии, то перемешивание играет важную роль, так как при перемешивании все время удаляется реакционный слой и облегчается соприкосновение еще непрореагировавших частиц.

Для проведения данного исследования использованы пиритный огарок Алтынсайского химического комбината Актюбинской области и отходы Атырауского нефтеперерабатывающего завода (Западный Казахстан). В работе применялся также портландцемент марки 400 Шымкентского цементного завода.

Для получения серосодержащего вяжущего цементный клинкер (97 %) и гипс (3 %) загружали в мельницу, размалывали до тонкости, характеризующейся 8–10 % остатка на сите № 008. Помол пиритного огарка и серы производили отдельно. Подготовленные компоненты пиритного огарка на серу взвешивали в соотношениях 200:100, 250:100, 250:150 и перемешивали в лабораторной шаровой мельнице в течение 20 мин.

Количество добавок брали 25, 30 и 35 % от массы вяжущего. Предварительный помол клинкера с гипсом и последующее введение добавки обеспечивали тонкое измельчение частиц гипса и его равномерное распределение среди клинкерных зерен. Оптимальная дозировка активных минеральных добавок составляет 25–35 % по массе вяжущего. При этом прочность портландцемента с серосодержащими смешанными добавками возрастает до 30 МПа. С увеличением дозировки добавок, активность портландцемента снижается. Цементный камень без добавки характеризуется, как правило, более плавным нарастанием прочности.

При оптимальной дозировке смешанных добавок прочность цементного камня интенсивно возрастает, особенно в начальные сроки твердения. В дальнейшем, хотя и в меньшей степени, также наблюдается повышение прочности цементного камня.

На начальной стадии твердения портландцемента с активными минеральными добавками упрочнение структуры происходит вследствие гидратации и гидролиза клинкерных минералов. Гидролиз протекает с разрушением стеклофазы Si–O и Fe–O, в результате чего образуются гелевидные новообразования кремневой кислоты и гидроксидов железа [9].

Из таблицы видно, что увеличение состава активированных добавок в составе вяжущего не снижает прочности бетона в раннем возрасте, и со временем прочность серосодержащих вяжущих повышается.

Оптимальным составом активированных добавок является соотношение 67:20:13 (%).

Экспериментальные данные (см. таблицу) позволяют сделать вывод, что применение добавок, полученных путем механо-химической активации серосодержащего вяжущего, не оказывает существенного отрицательного влияния на прочность образцов, и этот материал можно применять в производстве арболита.

Прочность (МПа) серосодержащих бетонов

Состав	% по массе (цемент: пирит: сера)	Количество добавки, % от массы вяжущего	Количество теста, %	После пропарки, МПа	После твердения в естественных условиях, суток, МПа		
					3	7	28
Без добавки	–	–	27	40	26	38	50
Добавки, состоящие из серы и пиритного огарка	74:18:8	26	25,0	41	30	39	59
	70:18:12	30	24,8	42	35	47	65
	67:20:13	33	25,2	43	37	48	67

Телевидные новообразования железистых соединений обладают высокой удельной поверхностью и повышенной склеивающей способностью, что придает цементному камню высокую механическую прочность [9].

Полученные методом активации и детоксикации вяжущие (цементы) позволяют получать и применять, в соответствии со своей прочностью (см. таблицу), арболитобетон для малоэтажного строительства и в качестве стенового материала.

### **Выводы**

1. В работе показана возможность совместной механохимической активации и детоксикации промышленных отходов и некондиционного сырья Западного Казахстана для получения легких бетонов (арболитов).

2. Рекогносцировочные эксперименты подтверждают перспективы получения вяжущих веществ с улучшенными физико-механическими свойствами из изученных в данной работе промышленных отходов.

### **Литература**

1. *Каскин К.К., Сарсенов А.М.* Комплексное использование сырья и отходов при переработке хромитовых руд: аналитический обзор. Актюбинский центр научно-технической информации. Актюбе, 2003. 20 с.
2. *Базарбаева С.М.* Комплексная переработка и утилизация промышленных отходов Западного Казахстана (на примере основных производств Актюбинской и Атырауской областей): автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Шымкент: РК ЮКГУ, 2010. 37 с.
3. Краткая химическая энциклопедия. Т. I–V. М.: Советская энциклопедия, 1988.
4. *Саренов А.* Экологическая безопасность и ресурсосбережение при переработке хромитовых и боратовых руд Западного Казахстана: монография. Алматы: Изд-во ВШ РК. 343 с.
5. Оптовые цены на химреактивы и препараты (прейскурант № 05-11045). М., 1984. 517 с.
6. *Агеев В.Г., Михин Я.Я.* Металлургические расчеты. М.: Metallurgia, 1982. 207 с.
7. Патент Российской Федерации RU2276119. Сырьевая смесь для изготовления строительных конструкций и изделий с приоритетом от 16.01.2004.
8. *Мень А.Н., Воробьев Ю.П., Чуфаров Г.И.* Физико-химические свойства нестехиометрических оксидов. М.: Химия, 1973. 224 с.
9. *Федоров Н.Ф., Туник Т.А.* Лабораторный практикум по физической химии силикатов. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1987. 188 с.
10. *Павлов Н.Н.* Неорганическая химия. М.: Высшая школа. 1986. 336 с.
11. *Юбельт Р., Шрайтер П.* Определитель горных пород; пер. с нем. Л.Г. Фельдмана. М.: Мир, 1987. 237 с.
12. *Грушко Я.М.* Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах: справочник. Л.: Химия, 1979. 169 с.
13. *Вольф Л.А. и др.* Волокна с особыми свойствами. М.: Химия, 1980. 240 с.