

УДК 691.3 (574)  
МРНТИ 67.09.33

**КОМПОЗИЦИИ ЦЕМЕНТНЫХ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ  
ДЛЯ САМОНИВЕЛИРУЮЩИХСЯ СТЯЖЕК ПОД ПОКРЫТИЕ ПОЛА С  
ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРОСФЕР ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗОЛ КАЗАХСТАНА**

**И.В. КОЛЕСНИКОВА, М. ДИАС**

*Казахская головная архитектурно-строительная академия*

**Аннотация:** Рассматривается возможность решения экологических вопросов применения отходов топливно-энергетического комплекса Казахстана в производстве строительных материалов. Получены эффективные составы цементных самонивелирующихся стяжек под покрытие пола с использованием микросфер энергетических зол. Показано, что введение микросфер обуславливает улучшение реологических характеристик при сокращении расхода портландцемента в составе композиции, возможность применения полиминеральных строительных песков вместо кварцевых, обеспечивая требуемые показатели физико-механических свойств.

**Ключевые слова:** алюмосиликатные микросферы, промышленные отходы ТЭЦ, энергетические золы, самонивелирующие стяжки под покрытие пола

**COMPOSITION OF CEMENT DRY MIXES FOR SELF-LEVELING SCREED UNDER  
THE FLOORING WITH THE USE OF THE MICROSPHERES OF THE ENERGY EVILS  
OF KAZAKHSTAN**

**Abstract:** The possibility of solving environmental issues of the use of waste fuel and energy complex of Kazakhstan in the production of building materials. The effective compositions of cement self-levelling screeds under the floor covering with the use of microspheres of energy evils are obtained. It is shown that the introduction of microspheres causes an improvement in rheological characteristics with a reduction in the consumption of Portland cement in the composition, the possibility of using polymineral construction Sands instead of quartz, providing the required indicators of physical and mechanical properties

**Keywords:** aluminosilicate microspheres, industrial waste CHP, energy ash, self-leveling screed under the floor

**ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ КҮЛДЕР МИКРОСФЕРАЛАРЫН  
ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ЕДЕН ЖАБЫНЫНА ӨЗДІГІНЕН АЖЫРАТЫЛАТЫН  
ТАРТПАЛАРҒА АРНАЛҒАН ЦЕМЕНТТІ ҚҰРҒАҚ ҚҰРЫЛЫС  
ҚОСПАЛАРЫНЫҢ КОМПОЗИЦИЯЛАРЫ**

**Аңдатпа:** Құрылыс материалдарын өндіруде Қазақстанның отын-энергетикалық кешенінің қалдықтарын қолдана отырып, экологиялық мәселелерді шешу мүмкіндігі қарастырылуда. Энергетикалық күлдің микросфераларын пайдалана отырып, еден жабындысының астына цементті өздігінен ажырататын тартпалардың тиімді құрамдары алынды. Микросфераларды енгізу композиция құрамында портландцементтің шығынын азайту кезінде реологиялық сипаттамалардың жақсаруына, кварц құмының орнына полиминералды құрылыс құмдарын пайдалану мүмкіндігіне, физикалық-механикалық қасиеттердің талап етілетін көрсеткіштерін қамтамасыз етуге себепші болады.

**Түйінді сөздер:** алюмосиликатты микросфералар, ЖЭО-ның өнеркәсіптік қалдықтары, энергетикалық күлі, еден жабыны астындағы өздігінен ажырататын тартпалар

Исходя из мировых тенденций, «зеленые технологии» являются одним из важнейших инструментов развития социально-экономической сферы страны. Главным критерием в понятии «Зеленая экономика» является необходимое обеспечение экологического благополучия страны, что в дальнейшем положительно скажется на развитии экономики, промышленности, а также на обществе.

Основными источниками загрязнения являются энергетические установки, работающие на органическом топливе, доля выбросов которых составляет примерно 29%, металлургические предприятия – 34,5%, нефтехимические предприятия – 15,5%, автотранспорт – 13%, промышленность стройматериалов – 8,1%.

Крупнейшие электроэнергетические объекты расположены в северных и центральных районах Казахстана, обеспечивая эти районы электроэнергией в достаточной мере. Основным видом топливно-энергетических ресурсов Казахстана является уголь, который поставляется из Экибастузского, Карагандинского и Кузнецкого месторождений. В настоящее время в Казахстане насчитывается около 60 средних и крупных тепловых электростанций. В качестве твердого топлива на ТЭС в больших объемах используются угли, характеризующиеся высокой зольностью. Ежегодно энергетика Казахстана воспроизводит огромное количество золошлаковых отходов и лишь малая часть после этого (около 10%) отправляется на переработку в продукцию, являющуюся полезной в других областях. Оставшиеся 90% массы отходов хранятся в золоотвалах и занимают ценные площади земли, оказывая негативное влияние на экологию страны. Это обусловило тот факт, что на территории Казахстана в районе действующих ТЭС скопилось более 4600 млн.т зольно-шлаковых отходов [1].

Поэтому, среди всех источников загрязнения вопросы влияния тепловых электростанций на состояние окружающей среды становятся все более актуальными. Глобальные последствия может иметь химическое и тепловое загрязнение воздушного бассейна Земли.

При этом золошлаковые отходы – это сырье, которое может быть эффективно вторично использовано в самых различных отраслях промышленности. Зола и шлаки имеют пятый класс опасности и поэтому могут применяться в производстве строительных изделий и материалов, удобрений для сельскохозяйственных нужд, а также в дорожно-транспортном строительстве, засыпке оврагов, болот и карьеров. А также в золошлаках содержатся ценные редкоземельные элементы, оксиды различных металлов (алюминия, кремния, железа). Все это можно использовать [2].

Применение промышленных отходов в производстве строительных материалов позволяет снизить затраты на 20...30% по сравнению с производством их из природного сырья, экономия капиталовложений достигает порядка 40...45%.

Мировой опыт применения золошлаковых отходов на промышленных предприятиях в качестве вторичного сырья показывает большие перспективы его использования. Так в 2000-м году Ассоциация угольной золы в Америке способствовала принятию закона «О сохранении и восстановлении ресурсов». В результате этого, в 2008-м переработка золошлаков в Соединенных Штатах достигла 70-ти процентов [5]. Польша имеет опыт удаления алюмосиликатных микросфер с поверхности воды бассейн-отстойников. Для сравнения, в США используется около 20% золошлаковых отходов, Европейские страны, где очень развит промышленный симбиоз, используют около 70% образующихся золошлаковых отходов: в Великобритании – 60%, в ФРГ – 72%, в Финляндии – 84% [3,6,9].

Использование зольных отходов тепловых электростанций в различных сферах промышленности и, в том числе, в производстве строительных материалов, позволяет с одной стороны решать экологические проблемы, с другой – обеспечивает материалам специальные свойства, снижает себестоимость за счет понижения энергоемкости и замены части дорогостоящих компонентов (например, портландцемента).

Известно большое количество разработок, предполагающих применение в составе материалов переработанных золо-шлаковых отходов: различные цементные композиты, сухие строительные смеси, теплоизоляционные, огнеупорные, облицовочные материалы и т.д. [7]. Однако, использование алюмосиликатных микросфер в получении строительных материалов, технологии отделения которых из зольных отходов освоили и в Казахстане, изучено мало. В Казахстане алюмосиликатные микросферы получают на ТЭС в таких городах как Павлодар, Экибастуз, Караганда, Аксу и Топар в суммарном объеме около 100 тысяч тонн в год. В основном, они экспортируются в страны Евросоюза: Испания, Швеция, Польша, Германия, Словакия и т.д. И часть используется в нефтегазовой промышленности, в машиностроении, в химической промышленности, при производстве различных строительных материалов.

Известны исследования [4] по применению полых алюмосиликатных микросфер в составе цементных композитов, а также отдельные примеры практического применения в качестве многофункционального наполнителя высококачественных композиционных материалов, таких как: лёгкие конструкционные материалы, мастики, шпатлевки, герметики, лаки, краски, клей, изделия из эпоксидных и полиэфирных смол, лёгкие цементы и др.

Однако, исследований и опыта получения цементных композиций для стяжек под покрытие пола в Казахстане и зарубежных странах нет. В то же время, известно, что алюмосиликатные микросферы уменьшают плотность материала, улучшают теплофизические характеристики, увеличивают текучесть и прокачиваемость массы, улучшают устойчивость к действию высоких температур, обладают довольно низким водопоглощением [8]. К цементным составам для самонивелирующихся стяжек под покрытие пола предъявляются аналогичные требования. Они должны характеризоваться высокой подвижностью (растекаемостью), пониженными показателями теплопроводности, низким водопоглощением и устойчивостью к действию высоких температур при устройстве обогрева полов.

Учитывая это, были проведены исследования по получению цементных композиций для самонивелирующихся стяжек под покрытие пола, в состав которых вводили алюмосиликатные микросферы Экибастузской ТЭЦ. Микросферы характеризуются насыпной плотностью 400 кг/м<sup>3</sup>, средней плотностью 700 кг/м<sup>3</sup>, плотностью оболочки 2200 кг/м<sup>3</sup>, диаметром от 20 до 600 мкм, теплопроводностью 0.11 Вт/(м\*К). Химический состав приведен в таблице 1, фракционный состав – в таблице 2.

**Таблица 1 – Химический состав алюмосиликатных микросфер**

Наименование ТЭЦ	Содержание, %							
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Павлодарская ТЭЦ	54.1	28.3	1.14	0.55	0.62	0.4	0.2	7.47

**Таблица 2 – Фракционный состав микросфер**

Фракция, мкм	Процентное содержание, %
20-120	15
120-160	10
160-320	65
320-600	10

В цементных составах использовался ЦЕМ II/A-III 32,5Н (ПЦ 400 Д20) «Бухтарминской цементной компании», соответствующий ГОСТ 31108-2003, суперпластификатор (СП) Master Glenium 977, строительный песок, соответствующий ГОСТ 8736-2014, кварцевый песок, соответствующий ГОСТ 22551-77, релаксированный полимерный порошок ELOTEX FL2280 и эфир метилцеллюлозы BERMOCOLL E230X.

Влияние алюмосиликатных микросфер на свойства самонивелирующихся цементных композиций для стяжек под напольные покры-

тия изучали на составах цементных композиций с заменой ими тонких фракций строительного и кварцевого песка.

В таблице 3 представлены основные составляющие исследуемых составов.

В таблице 4 приведены основные свойства полученных цементных композитов для самонивелирующихся стяжек под покрытие пола. Испытания проводились согласно действующему ГОСТ 31357-2007 «Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Общие технические условия». Подвижность цементного композита должна быть не менее 17 см.

**Таблица 3 – Составы композиций**

Компонент	Содержание в % от общей массы сухих веществ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Цемент М500Д0	35	35										
Цемент М400Д20			35	35	30	30	30	30	30	30	30	30
Кварцевый песок	58.4		58.4	-	57	-	50.3	-	44.0	-	24.8	-
Строительный песок		58.4	-	58.4	-	57	-	50.3	-	44.0	-	24.8
Микросферы	-	-	-	-	6.4	6.4	13.1	13.1	18.7	18.7	37.5	37.5
Гидратная известь	1											
Суперпластификатор	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.57	0.57	0.61	0.61
Метилцеллюлоза	0.1											
Релаксированный порошок	5											

**Таблица 4 – Основные свойства цементных композитов для самонивелирующихся стяжек под покрытие пола**

Показатель	Состав											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Растворные смеси												
Подвижность, см	22.4	20.6	21.7	19.3	22.8	21.1	23.8	21.5	24.3	22.3	23.5	22.7
Расслаиваемость, %	4.3	4.8	4.5	5.1	5.7	6.4	6.3	6.9	6.8	7.2	8.7	9.1
Сроки схватывания, ч:												
Начало, не менее	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Конец, не более	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Затвердевшие составы												
Прочность на сжатие, МПа, не менее	23.2	17.3	20,16	15.18	20.8	17.8	20.9	17.1	17.88	13.8	11.8	8.75
Водопоглощение, %, не более	90	90	90	90	90	90	90	90	95	95	95	95

Анализируя данные таблицы 3 и таблицы 4 замена в цементных композитах песка в количестве 10...20% алюмосиликатными микросферами заметно не повышает водопотребность, при этом увеличивает подвижность растворной смеси. При обеспечении требуемой подвижности базового состава сокращение ВЦ составило 0.07, при этом прочность увеличилась до 22.7 МПа у композитов на кварцевом песке и до 16.6 МПа у композитов на строительном песке. Исходя из этого возможна замена цемента марки М500Д0 на марку М400Д20.

Эксперименты подтвердили, что введение микросфер, характеризующихся закрытой пористостью, увеличивает водопотребность растворной смеси. Это объясняется процессами, возникающими на поверхности частиц полых микросфер. Поверхность алюмосиликатных дисперсных частиц имеет всегда отрицательный заряд, что в свою очередь приводит к образованию вокруг частиц силового электрического поля. Вода в состав

е имеет определенное количество солей, части которой вступают в реакцию ионного обмена. При ионной адсорбции участки поверхности, имеющие определенный заряд, начинают поглощать противоположно заряженные микрочастицы. В результате, катионы, попадая в зону действия силового поля, начинают плотно окружать ее, формируя два электрических слоя. Микросферы, благодаря высокой поверхностной энергии и электрическому заряду, вызванных малыми размерами и стекловидным строением обуславливают удержание на поверхности значительного количества воды, что и объясняет повышенную водопотребность алюмосиликатных микросфер.

Повышение водопотребности растворной смеси наблюдается при повышении расхода микросфер свыше 20% или может быть скомпенсировано за счет введения несколько повышенного количества суперпластификатора (СП) Master Glenium 977 – на 0,04 масс. %.

## ЛИТЕРАТУРА

1. РНД 03.0.0.2.01 – 96. Классификатор токсичных промышленных отходов производства промышленных предприятий РК. – Алматы: МОООС РК, 1997.
2. Никитин А.Н. Шламовые отходы тепловых электростанций – источники загрязнения атмосферного воздуха и потенциальные ресурсы минерального сырья [Текст] / А.Н. Никитин, Е.В. Ермакова // Известия ТулГУ. Серия Физика. – Вып. 6. – 2006. – С. 96-111.
3. Технология утилизации золошлаковых отходов твердотопливных электростанций: Сотрудничество для решения проблемы отходов [Текст] : материалы III международной конференции / В.В. Соловей, И.А. Воробьева, Т.В. Воловина. – Х., 2006. – С. 142.
4. Андрианов А.А. Состав, ползучесть высокопрочного легкого бетона из смесей высокоподвижной и литой консистенции с модификаторами на органоминеральной основе / Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Москва: ФГУП НИЦ «Строительство», 2007. – 15 с.
5. Tracy Wandell. Cenospheres: From Waste to Profits.// The American Ceramic Society Bulletin. 1996, -V75, -№6 (Yune) -P.79-81.
6. Золошлаковые отходы и их использование. Техносферная и экологическая безопасность [Текст] : сб. матер. межвузовской студенческой научно–практич. конф. / А.С. Миронов / – Иркутск, ИрГУПС, 2009. – С. 66-68.
7. V. S. Drozhzhin, I.V. Pikulin, M.D.Kuvaev et.al. Natural silicate microspheres. Properties and production methods.//Moscow Phys. 1999,-Soc.9 .-P.215-222.
8. Barbare N., Shukla A., Bose A. Uptake and loss of water in a cenosphere-concrete composite material // Cement and Concrete Research. 2003. Vol. 33. Pp. 1681—1686.
9. Челябин, Л. И. Техногенні матеріали та їх утилізація і вплив на екологію регіону [Текст] / Л. И. Челябин, В. Л. Челябин, В. Я. Тимошенко // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2006. – № 1. – С. 80-86.