

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Департамент строительства и транспорта Белгородской области
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Инженерно-строительный институт
Кафедра строительства и городского хозяйства

**III Международная
научно-практическая конференция
«Наука и инновации в
строительстве»**

(К 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова)

(Белгород, 18 апреля 2019 г.)

Сборник докладов

Белгород
2019

УДК 69+001
ББК 38+72
Т66

Т66 **III** Международная научно-практическая конференция «Наука и инновации в строительстве» (к 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова): сб. докл. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2019. - 365 с.

ISBN 978-5-361-00699-1

В сборник вошли доклады, представленные участниками III Международной научно-практической конференции «Наука и инновации в строительстве», состоявшейся в Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г. Шухова 18 апреля 2019 г. В сборнике представлены доклады по направлениям «Строительные конструкции, здания и сооружения», «Современное состояние жилищно-коммунального комплекса и городской инфраструктуры», «Современные организационно-технологические решения в строительстве», «Обследование, испытание, усиление и реконструкция зданий и сооружений», «Материаловедение и эффективные материалы в строительстве».

Издание предназначено для научных и инженерно-технических работников, а также для студентов, магистрантов и аспирантов строительных специальностей.

Сборник докладов публикуется в авторской редакции.

УДК 69+001
ББК 38+72

ISBN 978-5-361-00699-1

© Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2019

3. Пенополистирольные плиты как доступный утеплитель для кровли и здания в целом / [Электронный ресурс] // URL: <http://goodkrovlya.com/montazh/uteplenie/penopolistirolnye-plity.html> (дата обращения: 08.03.2019).

4. Пенополистирол – характеристики и критерии выбора / [Электронный ресурс] // URL: <https://srbu.ru/stroitelnye-materialy/73-penopolistirol-kharakteristiki-uteplitelya.html> (дата обращения: 08.03.2019).

5. Малкин А.Я., Вольфсон С.А., Кулезнев В.П., Файдель Г.Н. Полистирол. Физико-химические основы получения и переработки. М.: Химия, 1975. 288 с.

6. Утеплитель Неопор / [Электронный ресурс] // URL: <http://www.ecotherm-est.com/неопор/> (дата обращения: 08.03.2019).

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УСКОРИТЕЛЕЙ ТВЕРДЕНИЯ ГЕОПОЛИМЕРНОГО ВЯЖУЩЕГО

Разуева Е.А., аспирант

Парфёнова Л.М., канд. техн. наук, доц.

*Полоцкий государственный университет,
г. Новополоцк, Республика Беларусь*

Проблема утилизации промышленных отходов в Республике Беларусь в настоящее время является наиболее актуальной и требует незамедлительного решения. За последние пару лет наблюдается некоторое снижение объемов образования промышленных отходов, однако уровень их отрицательного воздействия на окружающую среду и качество жизни продолжает увеличиваться [1]. Это связано с увеличением объемов захоронения отходов и невозможностью их утилизации.

Использование отходов в качестве вторичных материальных ресурсов решает не только проблему загрязнения водоемов, почвы, но и решает проблему экономии основного сырья, благодаря производству новых материалов.

Перспективным направлением в области снижения потребности строительной индустрии в природных минеральных ресурсах за счет их замены на отходы производства является технология геополимерных вяжущих. Для производства геополимерных материалов не требуется операция обжига, а в качестве сырья могут быть использованы дисперсные промышленные отходы (зола-уноса, золошлаковые смеси, шлам), благодаря чему снижается

энергопотребление в сравнении с традиционными технологиями строительных материалов [2-4]. Недостаточное развитие технологии геополимерных материалов связано с нестабильностью состава отходов; низкой платой за хранение отходов на свалках и полигонах; отсутствием данных о технологических свойствах геополимерных вяжущих [5].

В качестве основного компонента геополимерного вяжущего используются низкокальциевые золы, это связано с тем, что в ее составе содержится значительная доля стекловидных фаз алюмосиликатного состава, которые в совокупности с ее высокой дисперсностью позволяют получать геополимеры с высокими техническими характеристиками [6]. В качестве активаторов можно применять гидроксиды и силикаты щелочных металлов, а также их смеси [7]. Третьим компонентом геополимерного вяжущего является ускоритель твердения [8].

В качестве ускорителя твердения, регулирующего свойства геополимерных вяжущих на основе низкокальциевых зол, могут применяться, шлаки, обогащенные кальцием пуццолановые материалы, метакаолин, микрокремнезем, гидроксид алюминия, гипс, известь, карбонат калия, лимонная кислота, боросодержащие соединения [6, 8]. При использовании в качестве ускорителя твердения извести ее рекомендуемая дозировка составляет 15-20 % [3]. В [8] отмечается, что наиболее эффективными в качестве ускорителей твердения являются доменный шлак, высококальциевая летучая зола класса F и летучая зола класса C. Эти ускорители твердения дают значительную прибавку к прочности изделий и способствуют регулированию скорости реакции. При использовании шлаков их оптимальная дозировка может находиться в пределах от 15 до 60 %. Установлено [4], что геополимерное вяжущее на основе кислой золы-унос Томь-Усинской ГРЭС с дозировкой доменного гранулированного шлака 8 %, набирают максимальную прочность 50–60 МПа при температуре твердения 60 °С при растворо/твердом отношении менее 0,55 и дозировке щелочи свыше 6,8%.

Обогащенными кальцием пуццолановых материалами являются печная пыль, донная зола и стеклообразный алюмосиликат кальция. Пыль цементных печей – это побочный продукт производства портландцемента. Она содержит 38-64 вес. % CaO, 9-16 вес. % SiO₂, 2,6-6,0 вес. % Al₂O₃. Использование пыли цементной печи позволяет за счет содержания в ней повышенной концентрации оксидов щелочных металлов усилить геополимеризацию.

Рекомендуется обогащать топливные шлаки и золы путем отсеивания мелкой фракции, тем самым сокращая содержание несгоревшего угля и других вредных примесей [6].

Настоящая работа посвящена сравнительным исследованиям влияния ускорителей твердения на свойства геополимерного вяжущего на основе отвальной золошлаковой смеси Белорусской ГРЭС г.п. Ореховск Витебской области.

В качестве основного компонента геополимерных вяжущих использовали золошлаковую смесь. Химический состав золошлаковой смеси по ГОСТ 10538-87 [9] представлен в таблице 1.

Таблица 1

**Химический состав золошлаковой смеси
Белорусской ГРЭС (мас.%)**

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	ппп
87.62	4.39	1.08	3.08	0.55	0.61	1.79	0.24	0.19	<0.10	0.07

Содержание оксида кальция и оксида магния составляет 3,63%, т.е. по модулю основности ($M_o < 1$) золошлаковая смесь относится к кислым [10].

Золошлаковую смесь высушивали до постоянной массы и просеивали через сито 5 мм, согласно ГОСТ 25592 – это зольная составляющая и шлаковый песок (далее по тексту зола) с характеристиками, представленными в таблице 2. В качестве активатора твердения использовался гидроксид натрия (NaOH) СТО 00203275-206-2007 в количестве 15,24 % по объему.

Таблица 2

Характеристика (физические свойства) золы

Насыпная плотность, кг/м ³	Плотность зерен, кг/м ³	Нормальная густота, %	Удельная поверхность, м ² /кг	Влажность, %
960	2100	24,5	149,08	6

В качестве модификатора применяли полимерную добавку DPL2141, которая представляет собой белый сыпучий порошок с плотностью 400-550 кг/м³. Полимерную добавку вводили в состав 3 в количестве 1 % от массы золы.

Исследовалась эффективность следующих ускорителей твердения: известь II сорта без добавок

ОАО «Красносельскстройматериалы», удовлетворяющая требованиям ГОСТ 9179; портландцемент ЦЕМ I 42,5Н производства ОАО «Кричевцементношифер», удовлетворяющий требованиям ГОСТ 31108; шлам химической водоочистки Новополоцкой ТЭЦ с содержанием CaCO_3 63-75 % и байпасную пыль. Все ускорители твердения вводились в количестве 12 % от массы золы. Физико-механические характеристики цемента приведены в таблице 3. Химический состав байпасной пыли представлен в таблице 4.

Таблица 3

Физико-механические характеристики цемента

Вид цемента	НГЦТ, %	Сроки схватывания, ч-мин		Активность, МПа
		начало	конец	
Портландцемент ЦЕМ I 42,5Н	26,75	3-10	4-05	32,9

Таблица 4

Химический состав муки с байпаса (мас.%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	R ₂ O	P ₂ O ₅	Cl	SO ₃	ппп
21,96	3,72	3,88	57,23	1,18	0,36	3,94	2,96	0,19	0,17	4,56	1,28

Процедура приготовления вяжущего была следующей: гранулы гидроксида натрия растворяли в воде до концентрации раствора щелочи 42 % и давали остыть раствору до температуры 20°C. Золу перемешивали с ускорителем твердения. Подготовленный порошок затворялся раствором щелочного активатора на основе гидроксида натрия и воды. Водозольное отношение составляло $V/Z = 0,367$. Оценка консистенции вяжущего теста производилась на встряхивающем столике по ГОСТ 310.4 [11].

Для определения прочности вяжущего были изготовлены образцы, которые твердели в условиях тепловой обработки при температуре выдержки 80°C в течение суток и 100°C в течение 2 суток. Прочностные свойства вяжущего оценивались на образцах размером 70×70×70 мм.

Результаты исследований представлены в таблице 5.

Таблица 5

Влияние ускорителей твердения на показатели подвижности и прочность геополимерного камня

Номер состава	Ускоритель твердения	Подвижность теста, мм	Прочность на сжатие, МПа
1	Без ускорителя твердения (контрольный)	113,5	4,84
2	Цемент	113	6,01
3	Цемент + DPL2141	112,5	5,87
4	Шлам водоподготовки	107	8,37
5	Известь	107	9,9
6	Байпасная пыль	107	6

Экспериментальные данные показывают, что введение всех ускорителей твердения положительно повлияло на набор прочности геополимерного вяжущего. Прочность увеличивается от 1,2 раза и до 2 раз. Применение в качестве ускорителя твердения байпасной пыли и цемента незначительно влияет на рост прочности (до 24%). Это может быть связано с режимом твердения, предусматривающим воздушно-сухие условия при температуре 80°С/100°С, что приводит к потере влаги и замедлению процесса гидратации. Дополнительное введение с цементом полимерной добавки DPL2141 не повлияло на ускорение процесса полимеризации, прочность осталась на уровне значений образцов с цементом.

Прочность геополимерного вяжущего с ускорителем твердения на основе шлама водоподготовки составила 8,37 МПа, что в 1,73 раза больше прочности на сжатие контрольного образца. Максимальное увеличение прочности в 2 раза достигнуто при использовании извести в качестве ускорителя твердения геополимерного вяжущего.

Экспериментально установлено, что шлам водоподготовки, известь и байпасная пыль при введении в состав геополимерного вяжущего приводят к снижению подвижности геополимерного теста, в отличие от цемента, при использовании которого показатель подвижности остался на прежнем уровне.

Таким образом, все исследованные ускорители твердения усиливают геополимеризацию. Наиболее эффективным ускорителем твердения является известь. Известь обеспечила прирост прочности геополимерного вяжущего в 2 раза. Необходимо отметить, что применение ускорителей твердения должно быть экономически целесообразным, поэтому в качестве альтернативы извести стоит

рассматривать ускорители твердения являющиеся промышленными отходами (шлам водоподготовки и байпасная пыль), при условии соответствующей корректировки режимов твердения и дозировки.

Библиографический список

1. Образование отходов / [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/okruzhayuschaya-sreda/sovместnaya-sistema-ekologicheskoi-informatsii2/i-othody/i-1-obrazovanie-othodov/> (дата обращения: 27.03.2019).

2. Русина В.В. Минеральные вяжущие вещества на основе многоотнажных промышленных отходов: учебное пособие. Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2007. 224 с.

3. Кожухова Н.И. Геополимерное вяжущее на золах-уноса ТЭС и мелкозернистый бетон на его основе: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Кожухова Наталья Ивановна [Электронный ресурс]. Электрон., текстовые дан. и прогр. (848,2 KB). Белгород, 2013. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

4. Ерошкина Н.А., Коровкин М.О., Тымчук Е.И. Влияние параметров состава на свойства геополимерного вяжущего на основе кислой золы-уноса // Молодой ученый. 2015. №12. С. 178-183. URL <https://moluch.ru/archive/92/20510/> (дата обращения: 31.03.2019).

5. Ерошкина Н.А., Коровкин М.О., Теплова М.Ф. Перспективы промышленного производства геополимерных вяжущих на основе отходов горнодобывающей промышленности // Молодой ученый. 2015. №11. С. 540-543. URL <https://moluch.ru/archive/91/19818/> (дата обращения: 02.04.2019).

6. Ерошкина Н.А., Коровкин М.О., Чамурлиев М.Ю. Принципы выбора сырьевых компонентов в технологии получения геополимеров на основе золы-уноса // Теория. Практика. Инновации. 2017. № 5 (17). С. 7–16.

7. Фаликман В.Р., Охотникова К.Ю. Геополимерные вяжущие и бетоны в современном строительстве / [Электронный ресурс] // Международный научно-исследовательский журнал. Технические науки. 2015. №4 (35) Часть 1. Режим доступа: <https://research-journal.org/technical/geopolimernye-vyazhushhie-i-betony-v-sovremennom-stroitelstve/> (дата обращения: 28.03.2019).

8. Геополимерные композиционные связующие с заданными характеристиками для цемента и бетона: пат. 2517729 РФ, МПК-8 C04B7/28 / Гон Вэйлян, Лутце Вернер, Пег Ян; заявитель Catholic University of America. [Электронный ресурс]; заявл. 21.01.10; опубл.

27.05.14. Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/patents/2517729> (дата обращения: 28.03.2019).

9. ГОСТ 10538-87. Топливо твердое. Методы определения химического состава золы. Введ. 30.06.87. М.: Издательство стандартов, 1987. 14 с.

10. ГОСТ 25818-91. Золо-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия. Введ. 01.07.91. М.: Издательство стандартов, 1991. 12 с.

11. ГОСТ 310.4-81. Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии. Технические условия. Введ. 01.07.83. М.: Издательство стандартов, 1992. 17 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ГЕРМАНИИ И РОССИИ

Серокурова Т.С., магистрант

Чулкова И.Л., д-р техн. наук, проф.

*Сибирский государственный автомобильно-дорожный
университет (СибАДИ), г. Омск, Россия*

Существует три основных показателя для обеспечения комфортного проживания в помещении: тепловой, влажностный и акустический. Среди множества современных теплоизоляционных материалов далеко не все обладают набором свойств, позволяющим максимально эффективно обеспечивать комфортное проживание одновременно по всем трем показателям. Потеря тепла в доме, главным образом, происходит через стены, перекрытия над холодным подвалом и кровлю (покрытие). В связи с этим в первую очередь при строительстве следует теплоизолировать именно эти конструкции. Один из естественных способов регулирования влажности внутри помещения – возведение «дышащих стен». Такие стены пропускают насыщенный влагой воздух из помещения наружу и тем самым регулируют влажностный режим помещения без дополнительной вентиляции. Но некоторые теплоизоляционные материалы обладают низкой паропроницаемостью, что препятствует влагопереносу через толщу стены. Также, немаловажный фактор комфортного проживания – это обеспечение качественной звукоизоляции помещения. Так как шум и нежелательные звуки являются сильнейшим раздражителем нервной системы [1].