

## Физико-механические характеристики композиционных материалов на основе отходов производства с различными рецептурами

*Аспирант А.Е. Бурдонов\*;  
аспирант В.В. Барахтенко;  
д.т.н., профессор Е.В. Зелинская;  
к.т.н., научный сотрудник Е.О. Сутурина;  
магистрант А.В. Бурдонова;  
аспирант А.В. Головнина,*

*ФГБОУ ВПО Иркутский государственный технический университет*

**Ключевые слова:** зола уноса; поливинилхлорид; наполнитель; композиционные материалы; радиационная безопасность; температура стеклования

Значение строительных материалов и изделий в народном хозяйстве нашей страны очень велико. Их потребление с каждым годом возрастает во всех областях строительства, и они составляют значительную часть стоимости зданий и сооружений. Рациональное использование и технически правильное применение строительных материалов и изделий при проектировании, возведении и реконструкции зданий является одним из основных способов снижения стоимости строительства. Современная промышленность достигла больших успехов в области производства не только цемента, керамических изделий, ячеистых бетонов, но и в производстве полимерных композиционных материалов [1].

Среди новых искусственных материалов весьма перспективными являются строительные материалы, изготавливаемые на основе отходов теплоэнергетического комплекса и отходов полимерной промышленности.

Современные полимерные материалы являются многокомпонентными системами, в структуре которых, наряду с полимерным связующим, используются различного типа наполнители и аддитивы. Содержание специальных добавок в полимерной системе может изменяться в широких пределах, и в зависимости от цели использования материала можно изменять свойства композита. Как известно, полимеры без добавок и наполнителей для производства строительных материалов применяются достаточно редко. Обычно в них добавляют пластификаторы, модификаторы, стабилизаторы, смазки, что позволяет получать материал с хорошими технологическими свойствами.

Для уменьшения расхода полимера, а следовательно, и стоимости конечного изделия и одновременно придания материалу прочности и твердости применяются различные наполнители: армирующие, уплотняющие и окрашивающие порошки, которые, в свою очередь, влияют на структуру изделия.

Применение золы уноса, образующейся при сжигании угля на тепловых электростанциях, в качестве наполнителя не только сделает получаемые изделия более дешевыми, но также снизит техногенную нагрузку на окружающую среду и улучшит физико-механические характеристики материала.

Композиционные материалы на основе отходов теплоэнергетического комплекса (золы уноса) – новый класс конструкционных и теплоизоляционных материалов, особенностями которых являются повышенная огнестойкость, низкая плотность, пониженное влагопоглощение по сравнению с аналогами и высокая прочность.

В Иркутской области давно начали решать проблему утилизации отходов теплоэлектростанций. К примеру, золы и золошлаковые отходы используют в дорожном строительстве при сооружении земляного полотна, для устройства укрепленных оснований, в качестве заполнителя и минерального порошка в асфальтобетонах [2]. Байкальский регион является лидером в России по объему утилизации отходов теплоэнергетики. Общее количество образовавшихся золошлаков от сжигания углей в 2010 году составило 1646850,097 тонн, из которых 943403,19 тонн реализовано потребителями. Из этого числа 885769,11 тонн – золошлаковая смесь (из золоотвала), 57634,08 тонн – зола уноса (сухая зола), что составляет 57% Бурдонов А.Е., Барахтенко В.В., Зелинская Е.В., Сутурина Е.О., Бурдонова А.В., Головнина А.В. Физико-механические характеристики композиционных материалов на основе отходов производства с различными рецептурами

реализованных отходов, учитывая, что средний уровень утилизации золошлаковых отходов по стране составляет не более 2 – 3 % [3]. Однако никогда данный вид отходов не использовался для производства полимерно-минеральных композитов теплоизоляционного и отделочного назначения. В рамках этого направления нами проведены научно-прикладные исследования, связанные с разработкой технологии получения строительных материалов на основе отходов полимерных материалов (пластмассовых изделий из полипропилена, полиэтилена, полистирола, поливинилхлорида) и отходов топливно-энергетического комплекса (золы уноса тепловых электростанций и теплоэлектростанций Иркутской области).

Спектр применения данных строительных материалов достаточно широк: от использования в малоэтажном строительстве до теплоизоляции объектов промышленного назначения.

Основанием для разработки новых материалов являлись пункт 9 протокола совещания у Председателя Правительства Российской Федерации В.В. Путина от 25.04.2011 №ВП-П9-23-пр, пункт 21 приложения №14 к Стратегии развития промышленности строительных материалов и индустриального домостроения на период до 2020 года, утвержденной приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 30.05.2011 №262.

Работа направлена на решение вопросов, поставленных в рамках приоритетного национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России», и способствует исполнению Закона №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 года об ограничении использования горючих материалов и Указа Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 года №889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики».

### *Экспериментальная часть*

Полимерные строительные материалы независимо от назначения должны обладать набором свойств, которые сохраняются в течение всего срока эксплуатации изделия. Накопленный в течение многих лет опыт широкого применения полимерных материалов в строительстве дает возможность выявить большинство недостатков, которыми они обладают, а также наметить пути их устранения. Но для правильного применения и рационального использования материалов в строительстве необходимо знание их физико-механических характеристик.

К настоящему времени сотрудниками Иркутского государственного технического университета исследованы составы и свойства полимерно-минеральных композиций [4,5], в которых уменьшение количества полимерной составляющей достигается ее частичной заменой минеральным наполнителем – золой уноса. Главным достоинством данного наполнителя является его доступность не только в Иркутской области, но и в большинстве других регионов РФ, что с экономической точки зрения эффективно для применения в строительной индустрии.

В данной работе приведены результаты исследований свойств материалов из композиций поливинилхлорида (ПВХ) и золы уноса от сжигания углей, на которых работают ТЭЦ Иркутской области.

В ходе исследовательской работы испытания проводились на образцах материала с золой уноса от сжигания углей на Усть-Илимской ТЭЦ (У-И ТЭЦ) и ТЭЦ-7 (ТИ и ТС ТЭЦ-6) – филиалы ОАО «Иркутскэнерго». В центральной аналитической лаборатории БФ «Сосновгеология» проводился анализ химического состава золы уноса от сжигания углей на различных ТЭЦ ОАО «Иркутскэнерго». Испытания проводились в соответствии с методикой (1.80) ИСАМ №246-С. В таблице 1 приведен химический состав наполнителя – золы уноса – для производства полимерно-минерального композита [6].

Зола уноса исследуемых ТЭЦ, кроме макроэлементов, содержит также микроэлементы, или элементы-примеси (Ni, Co, Cr, Pb, Sn, Zn, Mo, Zr, Ge, Cu, Ag, Zn, Be, Sc, Ga, La, Y, Ba, Sr, Li, V). Эти элементы присутствуют в золах в более высоких концентрациях, нежели в углях, что объясняется их концентрированием в процессе сгорания угля [7]. Элементы Ta, Pt, Au, Te, Hg, Ir, Gd в пробах не обнаружены.

Таблица 1. Состав золы уноса ТЭЦ ОАО «Иркутскэнерго»

№п.п.	Элемент	Содержание, размерность	Предел обнаружения	Номер пробы		
				У-И ТЭЦ	ТЭЦ-6	ТЭЦ-7
1	Si	%	0,0001	30	15	20
2	Al	%	0,0001	8	5	3
3	Mg	%	0,0001	1	4	2
4	Ca	%	0,01	5	15	10
5	Fe	%	0,0003	5	15	8
6	Na	%	0,01	0,2	1	0,4
7	K	%	0,5	0	1	1
8	Mn	$n \cdot 10^{-3}\%$	0,1	40	40	20
9	Ni	$n \cdot 10^{-3}\%$	0,1	10	10	8
10	Co	$n \cdot 10^{-3}\%$	1	4	4	2
11	Ti	$n \cdot 10^{-3}\%$	1	200	150	30
12	V	$n \cdot 10^{-3}\%$	1	8	4	3
13	Cr	$n \cdot 10^{-3}\%$	0,5	8	5	8
14	W	$n \cdot 10^{-3}\%$	0,5	-	-	-
15	Mo	$n \cdot 10^{-3}\%$	1	1	1	0,8
16	Zr	$n \cdot 10^{-3}\%$	1	20	20	10
17	Hf	$n \cdot 10^{-3}\%$	1	-	-	-
18	Nb	$n \cdot 10^{-3}\%$	1	-	--	-
19	Cu	$n \cdot 10^{-3}\%$	0,1	5	10	10
20	Pb	$n \cdot 10^{-3}\%$	0,3	3	3	2
21	Sb	$n \cdot 10^{-3}\%$	2	-	-	-
22	As	$n \cdot 10^{-3}\%$	10	-	-	-
23	Ge	$n \cdot 10^{-3}\%$	0,1	1	0,6	0,8
24	Bi	$n \cdot 10^{-3}\%$	0,1	-	-	-
25	Cd	$n \cdot 10^{-3}\%$	1	-	-	-
26	Ag	$n \cdot 10^{-6}\%$	2	10	40	10
27	Zn	$n \cdot 10^{-3}\%$	0,1	10	15	15
28	Sn	$n \cdot 10^{-3}\%$	0,1	0,3	0,3	0,4
29	Be	$n \cdot 10^{-3}\%$	0,1	0,3	0,1	0,2
30	Sc	$n \cdot 10^{-3}\%$	0,3	0,6	-	0,5
31	Ga	$n \cdot 10^{-3}\%$	1	2	1	1
32	Ce	$n \cdot 10^{-2}\%$	1	-	-	-
33	La	$n \cdot 10^{-3}\%$	3	4	-	-
34	Y	$n \cdot 10^{-3}\%$	1	3	1,5	2
35	Yb	$n \cdot 10^{-3}\%$	0,1	0,3	0,1	0,2
36	P	$n \cdot 10^{-2}\%$	3	-	5	5
37	U	$n \cdot 10^{-2}\%$	1	-	-	-
38	Th	$n \cdot 10^{-2}\%$	1	-	-	-
39	Ba	$n \cdot 10^{-2}\%$	0,2	2	8	5
40	Sr	$n \cdot 10^{-2}\%$	0,5	4	1	60
41	Li	$n \cdot 10^{-3}\%$	1	3	3	3
42	B	$n \cdot 10^{-2}\%$	1	10	30	20

В ходе экспериментальной работы использовался поливинилхлорид суспензионный (ПВХ) двух марок: СИ-64 и СИ-67 (ГОСТ 14332-78) производства ОАО «Саянскхимпласт». Выбор данного термопласта обусловлен достаточно большой способностью к модифицированию свойств при использовании специальных добавок. При производстве данных композитов также возможно использование ПВХ-отходов [8-9].

Поливинилхлорид и изделия из него при эксплуатации подвергаются комплексу неблагоприятных воздействий (температура, атмосферные кислород и озон, солнечная радиация, атмосферные загрязнения) сильнее, чем изделия из других полимеров [10]. Для сохранения Бурдонов А.Е., Барахтенко В.В., Зелинская Е.В., Сутурина Е.О., Бурдонова А.В., Головина А.В. Физико-механические характеристики композиционных материалов на основе отходов производства с различными рецептурами

механических свойств ПВХ применяются стабилизаторы, оксиды металлов, в частности оксид кальция, содержание которого в золах ТЭЦ-7 и ТЭЦ-6 больше, чем в золах Усть-Илимской ТЭЦ. Можно сделать вывод, что использование зол ТЭЦ-7 (ТИ и ТС ТЭЦ-6) для производства ПВХ композиции будет более целесообразным [11].

Радиационная безопасность строительных материалов, а также их составляющих является одной из важнейших характеристик материала [12]. Класс принадлежности строительного материала чрезвычайно важен для потребителя, поскольку говорит о том, можно ли использовать материал для внутренних строительных работ или только для наружных, либо вне жилых зон.

Испытания по определению удельной эффективной активности естественных радионуклидов (ЕРН) золы уноса проводились в Центральной аналитической лаборатории БСП «Сосновгеология». Активность золы измерялась низкофоновой гамма-спектрометрической установкой на базе «Гамма-плюс» №030 и блока детектирования – сцинтиллятор на основе NaO (Ti) №03551 размером 195\*199 мм с колодцем В75\*100 мм. Все измерения проводились в соответствии с ГОСТ 30108-94 «Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов». Объем аналитической навески составлял 250 мл. Полученные данные приведены в таблице 2 [3].

**Таблица 2. Удельная эффективность активности ЕРН золы уноса ТЭЦ ОАО «Иркутскэнерго»**

Зола уноса	Удельная активность, Бк/кг			Эффективная удельная активность (Аэфф.м.), Бк/кг	Погрешность определения эффективной удельной активности, Бк/кг
	<sup>226</sup> R	<sup>232</sup> Th	<sup>40</sup> K		
ТЭЦ-6	47	30	61	97	6
ТЭЦ-7	89	44	176	168	6
ТЭЦ Усть-Илимск	171	67	157	253	10

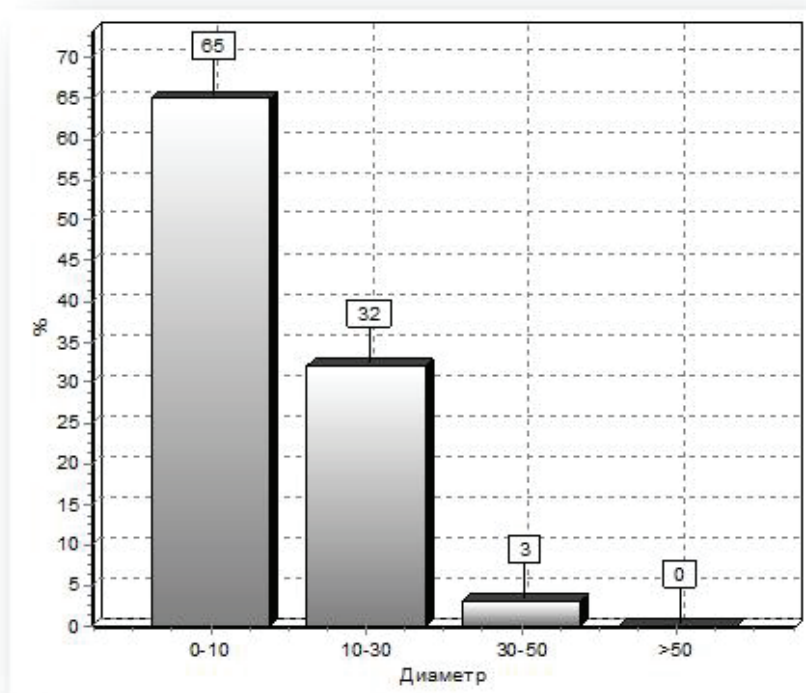
В соответствии с данными, приведенными в таблице 2, класс радиационной безопасности золы уноса от сжигания углей, согласно санитарным правилам СП 2.6.1.798-99, ГОСТ 30108-94 и СанПиН 2.6.1.2523-09, не превышает нормативные 370 Бк/кг. Следовательно, все золы относятся к первому классу, что делает возможным использование данных зол в производстве строительных материалов [13].

Достаточно важным параметром при производстве композиции является размер частиц наполнителя. Однородность и размер частиц могут положительно повлиять на твердость материала и его прочность при растяжении. В связи с этим при производстве наполненных полимеров очень важна стабильность размеров наполнителя [14].

В результате исследований с помощью программного обеспечения были определены размеры частиц наполнителя и представлено распределение частиц ЗУ-1 – золы уноса ТЭЦ-7 (ТИ и ТС ТЭЦ-6) – по диаметру (табл. 3, рис. 1) [15].

**Таблица 3. Статистика результатов ста измерений диаметра частиц ЗУ-1**

Параметр	Среднее значение	Отклонение	Минимальное значение	Максимальное значение
Радиус, мкм	4,74	0,43	0,51	22,96
Диаметр, мкм	9,49	0,86	1,03	45,92
Площадь, мкм <sup>2</sup>	127,67	25,88	0,83	1656,01
Длина, мкм	29,80	2,69	3,23	144,25



**Рисунок 1. Распределение частиц 3У-1**

Анализ данных показал, что в 3У-1 преобладают мелкие, менее 10 мкм (65%), и средние, от 10 до 30 мкм (32%), частицы. Также из полученных данных можно сделать вывод, что наполнитель имеет достаточно маленький разброс размеров частиц, что делает золу уноса оптимальным наполнителем для производства композиционных материалов.

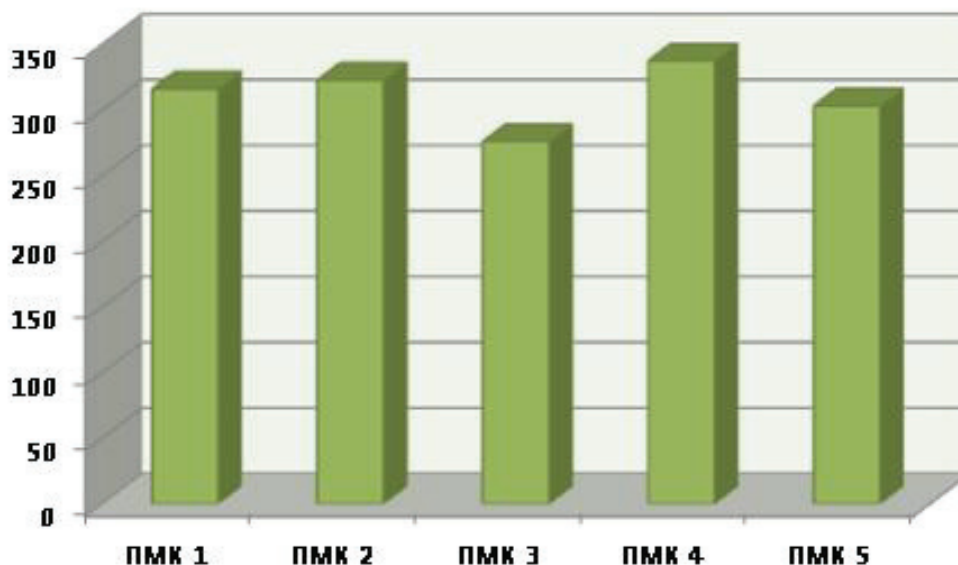
При изучении свойств материалов использовались образцы с различным содержанием золы уноса, вспенивателя, а также пигмента (таблица 4).

**Таблица 4. Содержание наполнителя и добавок**

Номер образца	Количество наполнителя и аддитивов
ПМК 1	30% зола уноса
ПМК 2	40% зола уноса + вспениватель на основе модифицированного азодикарбонамида
ПМК 3	40% зола уноса + вспениватель на основе модифицированного азодикарбонамида, + пигмент красный железистый
ПМК 4	40% зола уноса + пигмент красный железистый
ПМК 5	25% зола уноса + вспениватель на основе модифицированного азодикарбонамида

Механические характеристики материала имеют огромное значение при его выборе для дальнейшей эксплуатации. Например, твердость материала играет важную роль при его использовании для настилов. Кроме того, твердость влияет на трудоемкость переработки [16]. На рис. 2 приведены показатели твердости материала по Бринеллю (НВ) – ГОСТ 9012-59.

Из показателей твердости исследуемых композитов, приведенных на рисунке 2, установили, что наибольшую твердость материала, равную 337,3 НВ, имеет образец ПМК 4. Анализируя остальные образцы, можно сделать вывод, что чем больше золы уноса в композиционном материале, тем выше его твердость. Также большое влияние оказывает добавление в рецептуру вспенивателя – модифицированного азодикарбонамида. Наличие газообразователя в композиции образцов уменьшает твердость материала, но снижает плотность композита.



**Рисунок 2. Твердость образцов исследуемого материала различной рецептуры**

Регулируя количество вспенивателя, пластификатора и других аддитивов в рецептуре, можно получать материал разной плотности, механической прочности, стойкости к различным видам воздействиям [17].

Так, температура стеклования полимерных материалов – важная характеристика изменения их структуры (матрицы) – имеет прямую зависимость от количества пластификатора, используемого в смеси. Свойства матрицы можно варьировать введением пластификаторов, которые увеличивают ее деформацию до разрушения [18-19].

В ходе исследований были получены композиции на основе ПВХ марки СИ-67, золы уноса от сжигания углей на Усть-Илимской ТЭЦ ОАО «Иркутскэнерго» и различных дополнительных компонентов, в том числе пластификатора. В роли пластификатора выступал дибутилфталат (ДФБ ГОСТ 8728-88). В ходе эксперимента использовались образцы двух видов с различным содержанием ДБФ. Содержание золы уноса в образцах равнялось 40%.

Полученные образцы прошли испытания в ФГБУН Институте высокомолекулярных соединений РАН на реометре Physica MCR301 фирмы Anton Paar, на измерительном узле SRF5-SN7082 для испытания твердых образцов (пластинок) на крутильные колебания. Проведен также динамический механический анализ материалов в динамическом режиме (крутильных колебаний). Температуры стеклования и соответствующие им параметры представлены в табл. 5 и на рис. 3,4.

**Таблица 5. Температуры стеклования и соответствующие им параметры испытанных образцов**

Образец	По модулю потерь, G''		По тангенсу угла механических потерь			Максимальное значение динамического модуля (накоплений) G', МПа	Содержание ДБФ, %
	Tg, °C	G'', МПа	Tg, °C (по максимуму)	tgδ	Tg, °C (по значению 1)		
№1	73.2	71.7	82.4	1.17	85.6	671	2,5
№2	60.6	80.0	70.4	1.13	73.1	618	7,5

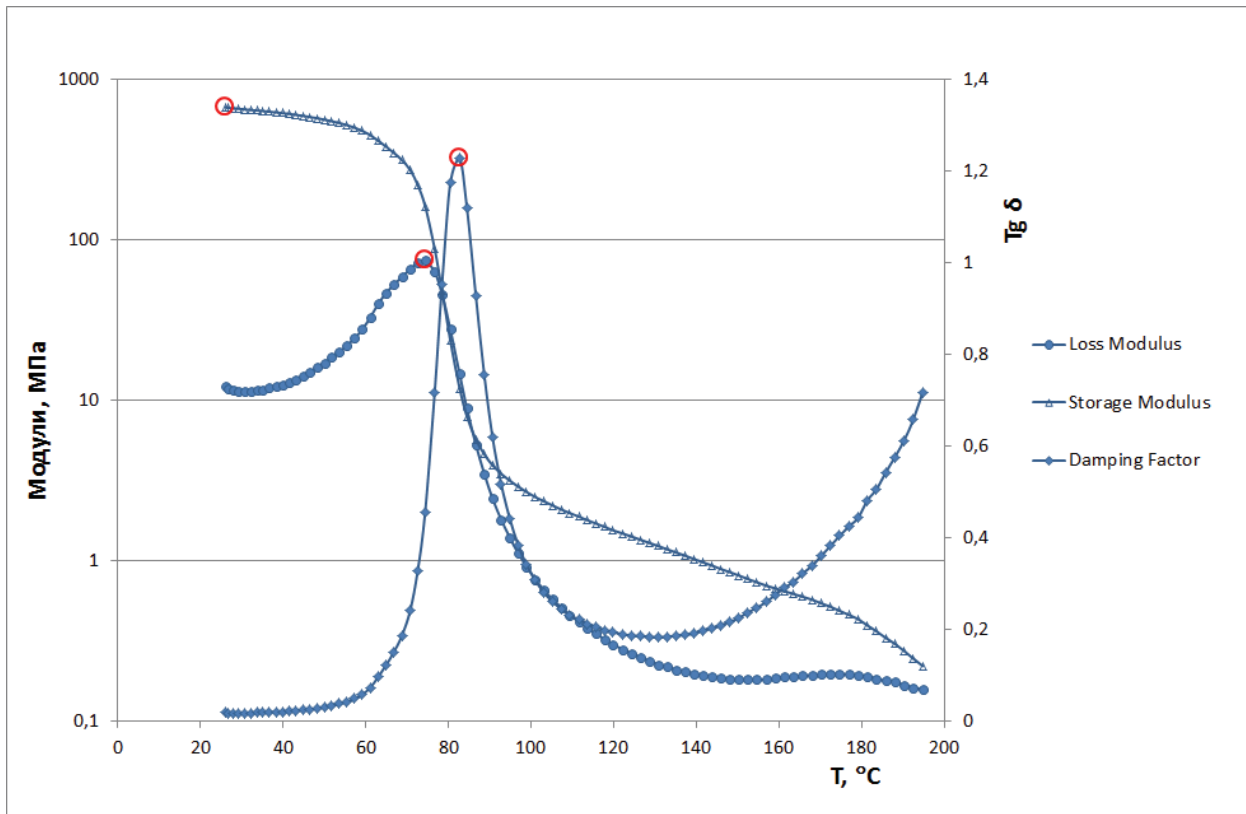


Рисунок 3. Температурные зависимости образца №1

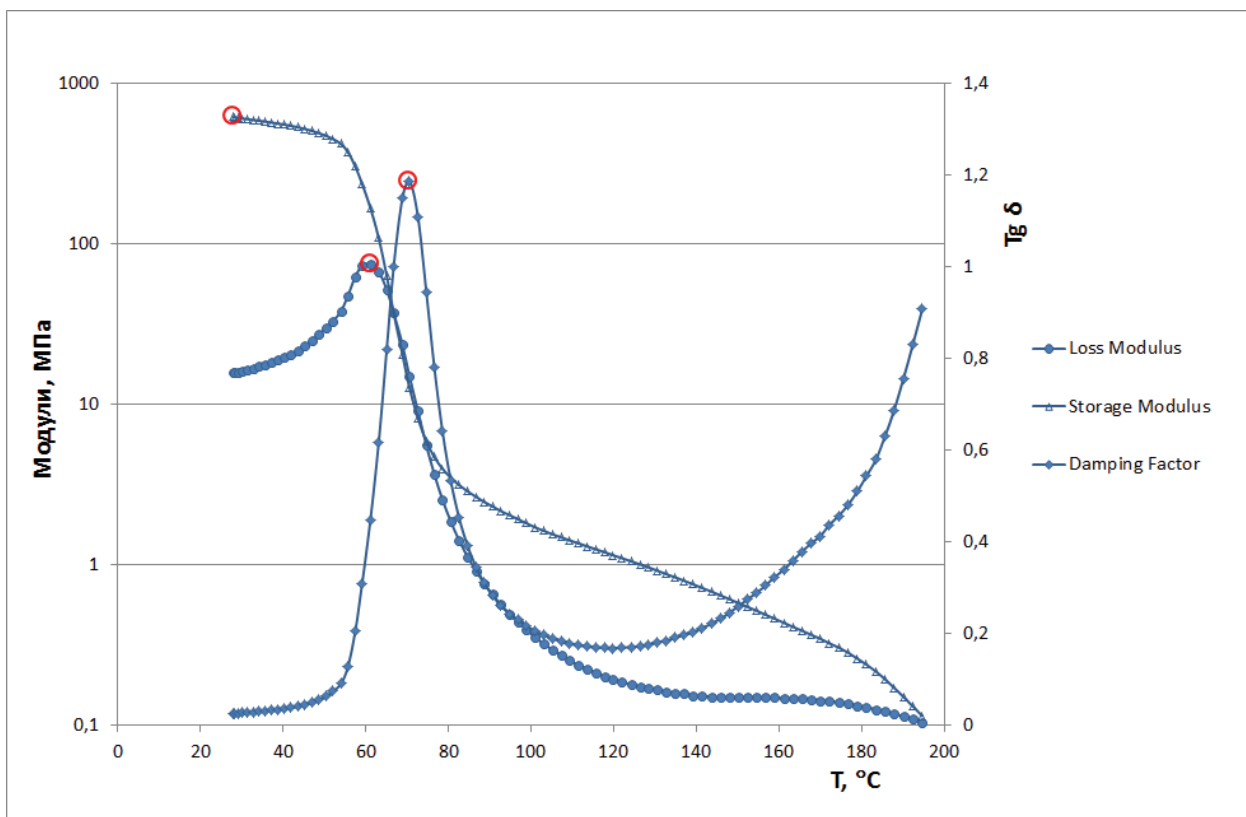


Рисунок 4. Температурные зависимости образца №2

Бурдонов А.Е., Барахтенко В.В., Зелинская Е.В., Сутурина Е.О., Бурдонова А.В., Головнина А.В. Физико-механические характеристики композиционных материалов на основе отходов производства с различными рецептурами

Проанализировав полученные результаты, можно сделать вывод, что при увеличении массы пластификатора в композите, как и в ПВХ-изделиях, уменьшается температура стеклования. Следовательно, количеством пластификатора можно регулировать необходимые свойства данной композиции, например, изменение верхнего и нижнего предела рабочих температур [20]. Отсюда следует установление температуры, при которой при необходимости можно деформировать материал (вытягивать, ориентировать), или температуры, при которой можно производить термообработку изделий с целью снятия механических внутренних напряжений. Температура стеклования определяется по двум параметрам: модулю потерь и тангенсу угла динамических потерь [21]. Наименьшая температура стеклования достигнута в материале №2, где содержание пластификатора было больше, чем в образце №1.

Введение золы в состав смеси в количестве 40% существенно не изменило температуру стеклования ПВХ без наполнителя. Температура стеклования ПВХ составила 75-80°C. Следовательно, использование золы от сжигания углей ТЭЦ практически не повлияло на данную характеристику получаемых материалов.

### Выводы

В работе представлены перспективы производства новых строительных композиционных материалов на основе отходов теплоэнергетического комплекса и полимерной промышленности. Рассмотрены примеры использования золошлаковых отходов в строительной индустрии Байкальского региона.

В ходе исследовательской работы используемые золы уноса прошли испытания по определению удельной эффективной активности ЕРН. Выявлено, что уровень радиационной безопасности золы уноса от сжигания углей, согласно санитарным правилам СП 2.6.1.798-99, ГОСТ 30108-94 и СанПиН 2.6.1.2523-09, превышает нормативные 370 Бк/кг.

Проанализирован химический состав проб зол уноса для производства полимерно-минерального композита. Анализ показал, что в составе зол уноса ОАО «Иркутскэнерго» не содержится опасных элементов, таких как Та, Рт, Ау, Те, Нг, Ир, Гд. Также выявлено влияние наполнителя на твердость полученных материалов.

Применение золы уноса в качестве наполнителя практически не оказывает действия на температуру стеклования ненаполненного поливинилхлорида.

Все это обуславливает перспективность разрабатываемого материала для применения на российском рынке.

*Материалы подготовлены при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ ГК 14.132.21.1810 – ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг.*

### Литература

1. Отраслевые обзоры. Российский рынок стройматериалов / Группа ИНЭК. М., 2004. 44 с.
2. Зелинская Е.В., Толмачева Н.А., Барахтенко В.В., Бурдонов А.Е., Головнина А.В. К вопросу рециклинга золы уноса тепловых электростанций [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. 2011. №6. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: [www.science-education.ru/100-5017](http://www.science-education.ru/100-5017) (дата обращения: 22.10.2012).
3. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области за 2010 год. Иркутск: Форвард, 2011. 400 с.
4. Костюкова Е.О., Зелинская Е.В., Барахтенко В.В., Бурдонов А.Е., Малевская Н.А., Шутов Ф.А. Вторичное использование промышленных отходов поливинилхлорида в качестве сырья для получения нового строительного материала в Иркутском регионе // Промышленное производство и использование эластомеров. 2010. №2. С. 30-36.
5. Костюкова Е.О., Барахтенко В.В., Зелинская Е.В., Шутов Ф.А. Промышленные отходы – сырье для строительных материалов будущего // Экология урбанизированных территорий. 2009. №4. С. 73-78.

Бурдонов А.Е., Барахтенко В.В., Зелинская Е.В., Сутурина Е.О., Бурдонова А.В., Головнина А.В. Физико-механические характеристики композиционных материалов на основе отходов производства с различными рецептурами



6. Протокол результатов испытаний в центральной аналитической лаборатории БФ «Сосновгеология», Иркутск. 2012.
7. Власова В.В. Разработка технологии комплексного извлечения полезных компонентов из золотшлаковых отходов ТЭС Иркутской области. Дисс... канд.техн.наук. / ИГТУ. Иркутск, 2005. 182 с.
8. Андрианов Р. А., Булгаков Б. И., Попова М. Н., Баранова Н. В. Переработка ПВХ-отходов для производства новых материалов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2005. №7. С. 19.
9. Селезнев А.В. Некоторые представления о свойствах поливинилхлорида и материалов на его основе. // Экология и промышленность России. 2001. №11. С. 35 -37.
10. Коваль В. Стабилизация ПВХ профилей: кальций, цинк или свинец? [Электронный ресурс]. URL: <http://plastinfo.ru/information/articles/109/> (дата обращения: 22.10.2012).
11. Брык М.Т. Деструкция наполненных полимеров. М.: Химия, 1989. 192 с.
12. Князева В.П. Экология. Основы реставрации. М.: Архитектура-С, 2005. 400 с.
13. Межгосударственный стандарт ГОСТ 30108-94. Материалы изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов.
14. Гроссман Ф. Руководство по разработке композиций на основе ПВХ. / Пер. с англ. под ред. В.В. Гузеева. СПб.: Научные основы и технологии, 2009. 609 с.
15. Сутурина Е.О. Разработка технологии утилизации отходов ТЭС и полимеров для получения композитов на их основе: автореф. дисс. ... канд. техн. наук :03.02.08,05.17.06. Иркутск, 2012. 19 с.
16. James Gordon Williams. Fracture mechanics of polymers. E. Horwood., 1984. 302 p.
17. Boyer R.F., Spencer R.S. Application of a mechanistic theory of solvent action to plasticizers and plasticization // Journal of Polymer Science. Polymer chemistry. 2003. №2. Pp. 121-141.
18. Sombatsompop N., Sungsanit K., Thongpin C. Structural changes of PVC in PVC/LDPE melt-blends: Effects of ldpce content and number of extrusions., Polymer Engineering and Science. 2004. Vol. 44. №3. Pp. 487-495.
19. Martin T.M., Young D.M. Correlation of the glass transition temperature of plasticized PVC using a lattice fluid model // Polymer. 2003. Vol. 44. №16. Pp. 4747-4754.
20. Guzeev V.V, Shulatkina L.A. Investigation of the dispersion and structure of nanofillers in the compositions of PVC // Plastics mass. 2008. №4. Pp. 23-27.
21. Folarin O.M., Sadiku E.R., Thermal stabilizers for poly (vinyl chloride): A review // International Journal of the Physical Sciences. 2011. Vol. 6(18). Pp. 4323-4330.

*\*Александр Евгеньевич Бурдонов, Иркутск, Россия*

*Тел. моб.: +7(924)708-94-26; эл. почта: sashaburdonov@gmail.com*

© Бурдонов А.Е., Барахтенко В.В., Зелинская Е.В., Сутурина Е.О., Бурдонова А.В., Головнина А.В., 2012

doi: 10.5862/MCE.35.2

## Physical and mechanical properties of composite materials of different compositions based on waste products

**A.E. Burdonov;**  
**V.V. Barakhtenko;**  
**E.V. Zelinskaya;**  
**E.O. Sutura;**  
**A.V. Burdonova;**  
**A.V. Golovnina**

*Irkutsk State Technical University, Irkutsk, Russia*  
+7(924)708-94-26; эл. почта: sashaburdonov@gmail.com

### Key words

fly ash; polyvinylchloride; filler; composite materials; radiation safety; glass-transition temperature

### Abstract

This paper presents a study on the effect of mineral filler on the polymer composite material based on waste products of heat and power engineering - fly ash.

This type of waste products has never been used for the production of polymer-mineral composites. Depending on the type of ash, its chemical composition and its quantity in the material, we can adjust the properties of the resulting composites. The use of fly ash as a filler will not only make a product less expensive, but it also will reduce development pressure on the environment and improve the physical and mechanical properties of the material.

The article shows research results of the ash chemical composition as well as the properties of the resulting materials on its basis. According to the research conclusions there is a prospect for using this material in the construction industry.

### References

1. *Otraslevyye obzory. Rossiyskiy rynek stroymaterialov.* [Industry Reports. Russian market of building materials]. Gruppy INEK 2004. 44 p. (rus)
2. Zelinskaya E.V., Tolmacheva N.A., Barakhtenko V.V., Burdonov A.E., Golovnina A.V. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya.* 2011. No. 6 [online]. URL: [www.science-education.ru/100-5017](http://www.science-education.ru/100-5017) (date accessed: 10/22/2012). (rus)
3. *Gosudarstvennyy doklad o sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy Irkutskoy oblasti za 2010 god* [A public report on the state and protection of the environment of the Irkutsk region in 2010]. Irkutsk: Forvard, 2011. 400 p. (rus)
4. Kostyukova E.O., Zielinskaya E.V., Barakhtenko V.V., Burdonov A.E., Malevskaya N.A., Shutov F.A. *Promyshlennoye proizvodstvo i ispolzovaniye elastomerov.* 2010. No. 2. Pp. 30-36. (rus)
5. Kostyukova E.O., Barakhtenko V.V., Zielinskaya E.V., Shutov F.A. *Ekologiya urbanizirovannykh territoriy.* 2009. No. 4. Pp. 73-78. (rus)
6. *Protokol rezultatov ispytaniy v tsentralnoy analiticheskoy laboratorii BF «Sosnovgeologiya»* [Report test results to a central analytical laboratory BF "Sosnovgeologiya"]. Irkutsk, 2012. (rus)
7. Vlasova V.V. *Development of technology for integrated extraction of useful components of ash waste TPP Irkutsk region.* Dissertation. Irkutsk, 2005. 182 p. (rus)
8. Andrianov R.A., Bulgakov B.I., Popova M.N., Baranov N.V. *Stroitelnyye materialy, oborudovaniye, tekhnologii. XXI veka.* 2005. No. 7. P. 19. (rus)
9. Seleznev A.V. *Ekologiya i promyshlennost Rossii.* 2001. No. 11. Pp. 35-37. (rus)
10. Koval V. Stabilizatsiya PVKh profiley: kaltsiy, tsink ili svinets? [Polyvinylchloride profiles stabilization: calcium, zinc or lead?]. URL: <http://plastinfo.ru/information/articles/109/>.
11. Bryk M.T. *Destruktsiya napolnennykh polimerov* [Degradation of filled polymers]. Moscow: Khimiya, 1989. 192 p. (rus)
12. Knyazeva V.P. *Ekologiya. Osnovy restavratsii* [Ecology. Foundations of restoration]. Moscow: Arkhitektura-S, 2005. 400 p. (rus)

Pashkevich S.A., Pustovgar A.P., Adamtsevich A.O. Risk evaluation of composite heat insulation facade systems installation in the conditions of diurnal temperature variations under +5°C

13. *Mezhhgosudarstvennyy standart GOST 30108-94 «Materialy izdeliya stroitelnyye. Opredeleniye udelnoy effektivnoy aktivnosti yestestvennykh radionuklidov»* [Inter-State Standard GOST 30108-94 "Building materials products. Determination of the specific effective activity of natural radionuclides."].
14. Grossman F. *Rukovodstvo po razrabotke kompozitsiy na osnove PVKh* [Guidelines for the development of compositions based on PVC]. Moscow: Nauchnyye osnovy i tekhnologii, 2009. 609 p. (rus)
15. Suturina E.O. *Razrabotka tekhnologii utilizatsii otkhodov TES i polimerov dlya polucheniya kompozitov na ikh osnove* [Development of technology for thermal power plants and waste polymers for composites based on them]. Dissertation abstract. Irkutsk, 2012. 19 p. (rus)
16. James Gordon Williams. *Fracture mechanics of polymers*. E. Horwood., 1984. 302 p.
17. Boyer R.F., R.S. Spencer. Application of a mechanistic theory of solvent action to plasticizers and plasticization. *Journal of Polymer Science. Polymer chemistry*. 2003. No. 2. Pp. 121-141.
18. Sombatsompop N., Sungsanit K., Thongpin C. Structural changes of PVC in PVC/LDPE melt-blends: Effects of ldpe content and number of extrusions. *Polymer Engineering and Science*. 2004. Vol. 44. No. 3. Pp. 487-495.
19. Martin T.M., Young D.M. Correlation of the glass transition temperature of plasticized PVC using a lattice fluid model. *Polymer*. 2003. Vol. 44. No. 16. Pp. 4747-4754.
20. Guzeev V.V, Shulatkina L.A. Investigation of the dispersion and structure of nanofillers in the compositions of PVC. *Plastics mass*. 2008. No 4. Pp. 23-27.
21. Folarin O.M., Sadiku E.R. Thermal stabilizers for poly (vinyl chloride): A review. *International Journal of the Physical Sciences*. Vol. 2011. No. 6(18). Pp. 4323-4330.

**Full text of this article in Russian: pp. 14-22**