

## Теплоогнезащитные композиционные цементные растворы на основе вспученного вермикулита и вулканического пепла

*Т.А. Хежсев, А.Р. Кажаров, А.В. Журтов, О.И. Доренский,  
А.Н. Кумыков, И.Р. Тлупов, А.М. Хахоков, А.А. Шаков  
Кабардино-Балкарский государственный университет, Нальчик*

**Аннотация:** Представлены результаты исследований по разработке теплоогнезащитных композиционных цементных растворных смесей на вспученном вермикулите и вулканическом пепле с применением многофункциональной добавки Д-5. Предложены составы теплоогнезащитных композиционных строительных растворов, позволяющие существенно улучшить физико-механические свойства растворных смесей и раствора. Введение многофункциональной добавки Д-5 в растворные смеси позволяет улучшить свойства композиционных растворных смесей и улучшить характеристики раствора. Замена мелкодисперсной фракции вспученного вермикулита  $d < 0,63$  мм вулканическим пеплом по объему в растворных смесях не вызывает заметного повышения плотности раствора, при этом их прочностные характеристики возрастают. Разработанные композиционные растворные смеси соответствуют требованиям ГОСТ 28013–98 и имеют низкую себестоимость за счет использования вулканического пепла.

**Ключевые слова:** портландцемент, вспученный вермикулит, вулканический пепел, добавка Д-5, теплоогнезащитный композиционный раствор, предел прочности при изгибе и сжатии, подвижность смеси, расслаиваемость, плотность.

Объемы применения строительных растворов различного назначения в промышленном и гражданском строительстве растут с каждым годом. Существенный объем занимают композиционные растворы для тепло- и огнезащиты строительных конструкций. Теплоогнезащитные штукатурные растворы являются эффективными и надежными способами теплозащиты конструкций. Для повышения теплоогнезащитных характеристик растворов используют легкие эффективные заполнители и тонкомолотые добавки [1–5]. Известно, что вспученный вермикулит нашел широкое применение в жаростойких и огнезащитных составах [1, 5, 6].

Применение местных строительных материалов позволит снизить себестоимость и улучшить характеристики теплоогнезащитных растворов. Одним из таких материалов являются вулканические горные породы [7, 8].

---

Благодаря мелкодисперсности вулканический пепел может использоваться в композиционных растворах без дополнительного помола, что может существенно снизить их стоимость.

Цель работы заключалась в разработке теплоогнезащитных композиционных растворов с улучшенными характеристиками на основе вспученного вермикулита и вулканического пепла.

В исследованиях использовались: портландцемент ПЦ500-ДО; вспученный вермикулит Санкт-Петербургской слюдяной фабрики с насыпной плотностью  $150 \text{ кг/м}^3$  с максимальной крупностью зерен 2,5 мм; вулканический пепел Заюковского месторождения с максимальной крупностью зерен 2,5 мм; добавка Д-5 производства ООО НПП «Ирстройпрогресс» (г. Владикавказ).

Гранулометрические составы вспученного вермикулита и вулканического пепла приведены в табл. 1.

Таблица 1

Гранулометрический состав заполнителей

Наименование материала	Частные остатки на ситах, %					Прошло сквозь сито 0,14
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	
Вермикулит	54	31	6,2	4	2,8	2
Вулканический пепел	13,5	19,5	22	24	18	3

Вначале было исследовано влияние соотношения цемента и вулканического пепла, подвижности смеси на свойства строительного раствора. Для регулирования технологических свойств растворной смеси используются различные добавки, нами применялась добавка Д-5, обладающая многофункциональными свойствами [9, 10, 11] Для исследования свойств составов на портландцементе ПЦ500-ДО были изготовлены образцы-балочки размерами 4x4x16 см в соответствии с ГОСТ

5802–86. Подвижность растворной смеси определялась по погружению конуса СтройЦНИЛ. Результаты исследований прочности раствора на 7 и 28 сутки твердения и плотности на 28 сутки твердения в нормальных условиях по ГОСТ 310.4 приведены в табл. 2.

Таблица 2

## Свойства строительного раствора на вулканическом пепле

Соотношение цемента к пеплу по массе	Д–5 в % от массы цемента	Подвижность, см	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при изгибе (МПа)		Предел прочности при сжатии (МПа)	
				на 7 сутки	на 28 сутки	на 7 сутки	на 28 сутки
1:3	–	7,1	1457	2,8	10,3	5,3	10,5
1:3	1	7,4	1495	3,4	11,7	7,1	18,4
1:3	2	7,1	1488	3,6	12,5	7,6	19,5
1:3	3	7,5	1465	3,7	14,2	7,3	17,5
1:3	–	8,8	1464	2,7	9,0	5,4	12,8
1:3	1	8,4	1535	3,2	10,5	7,6	18,2
1:3	2	8,3	1558	3,4	12,4	7,7	20,0
1:3	3	9,0	1558	3,6	14,0	8,2	22,0
1:4	–	7,2	1460	2,4	5,6	3,0	8,4
1:4	1	7,5	1492	2,5	6,5	4,7	12,5
1:4	2	7,0	1535	2,6	7,5	6,4	13,8
1:4	3	7,3	1503	2,7	9,8	4,9	12,7
1:4	–	8,8	1460	2,3	4,9	3,1	10,0
1:4	1	8,5	1433	2,3	5,4	3,2	11,7
1:4	2	8,7	1453	2,4	5,6	3,4	13,4
1:4	3	8,8	1433	2,5	6,7	2,9	13,1

Из таблицы 2 следует, что с увеличением количества добавки вулканического пепла в цемент происходит существенное снижение прочности на сжатие и изгиб раствора. Изменение подвижности растворной смеси одинакового состава не оказывает существенного влияния на прочностные характеристики и плотность раствора. Исследования показали, что при введении до 2–3 % добавки Д–5 по массе от цемента прочностные

характеристики раствора повышаются существенно при одинаковой подвижности растворной смеси.

Дальнейшие эксперименты были направлены на изучение свойств растворных смесей по ГОСТ 5802–86. Результаты исследований представлены в табл. 3.

Таблица 3

Свойства растворной смеси на вулканическом пепле

Соотношение цемента к пеплу по массе	Д–5 в % от массы цемента	Водоудерживающая способность, %	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Влажность, %	Расслаиваемость, %
1:3	–	97,4	763	7,7	3,2
1:3	1	98,4	929	7,1	2,4
1:3	2	97,8	930	7,6	2,5
1:3	3	97,4	924	9,6	2,2
1:3	–	96,3	851	8,2	4,8
1:3	1	96,8	1050	6,6	2,7
1:3	2	97,3	1070	8,5	2,8
1:3	3	96,8	1067	8,7	2,9
1:4	–	97,8	1020	4,8	3,1
1:4	1	97,4	1044	4,2	3,3
1:4	2	97,8	1012	6,1	2,7
1:4	3	97,4	1032	4,9	3,1
1:4	–	96,8	1068	4,8	3,3
1:4	1	98,4	1014	4,6	2,6
1:4	2	97,9	1018	4,8	2,5
1:4	3	98,4	1020	4,6	2,5

Из таблицы 3 следует, что предложенные растворные смеси соответствуют требованиям ГОСТ 28013–98. Введение до 2–3 % добавки Д–5 по массе от цемента уменьшает расслаиваемость растворной смеси на вулканическом пепле.

Далее исследовались теплоогнезащитные растворы на вспученном вермикулите (табл. 4).

Таблица 4

## Свойства строительного раствора на вспученном вермикулите

Соотношение цемента к вермикулиту по объему	Д-5 в % от массы цемента	Подвижность, см	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при изгибе (МПа)		Предел прочности при сжатии (МПа)	
				на 7 сутки	на 28 сутки	на 7 сутки	на 28 сутки
1:3	–	7,1	574	0,95	2,30	1,70	3,50
1:3	1	7,1	593	1,13	2,36	2,32	4,20
1:3	2	7,0	598	1,30	2,42	2,42	4,27
1:3	3	7,0	586	1,40	2,47	2,22	3,97
1:3	–	8,3	601	0,84	1,90	1,80	3,60
1:3	1	8,1	582	0,91	2,10	1,88	3,78
1:3	2	8,4	560	1,23	2,47	1,98	4,12
1:3	3	8,5	553	1,31	2,30	2,02	4,03
1:4	–	7,3	528	0,81	1,90	1,30	3,12
1:4	1	8,1	513	0,79	1,95	1,55	3,18
1:4	2	8,4	496	0,84	2,10	1,64	3,25
1:4	3	8,5	473	0,85	2,16	1,65	3,21
1:4	–	9,8	589	0,77	1,70	1,54	3,20
1:4	1	8,5	539	0,78	1,77	1,74	3,27
1:4	2	8,1	523	0,82	1,74	1,79	3,38
1:4	3	8,5	531	0,81	1,72	1,62	3,12

Результаты исследований показали, что подвижность вермикулитобетонной смеси не оказывает заметного влияния на плотность и прочностные свойства раствора. Добавка Д-5 незначительно повышает прочностные свойства вермикулитобетонного раствора. Предложенные растворные вермикулитобетонные смеси соответствуют требованиям ГОСТ 28013–98.

Вспученный вермикулит является дорогостоящим материалом, поэтому далее исследовалась возможность замены части вермикулита пеплом (табл. 5).

Таблица 5

## Свойства строительного раствора на вспученном вермикулите и пепле

Цемент: вермикулит по объему	Замена части вермикулита пеплом по объему	Под- вижность, см	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при изгибе (МПа)		Предел прочности при сжатии (МПа)	
				на 7 сутки	на 28 сутки	на 7 сутки	на 28 сутки
1:3	–	7,1	574	0,85	2,1	1,5	3,4
1:3	Пепел фракции 0,0-0,315	7,5	824	1,02	2,6	2,5	3,9
1:3	Пепел фракции 0,0-0,63	7,4	937	1,54	2,9	2,8	4,4
1:3	–	11,0	622	0,75	1,6	1,4	3,6
1:3	Пепел фракции 0,0-0,315	11,0	871	1,35	2,9	2,7	4,2
1:3	Пепел фракции 0,0-0,63	11,0	968	1,63	3,4	3,1	4,8
1:4	–	7,5	528	0,81	1,9	1,3	3,1
1:4	Пепел фракции 0,0-0,315	7,5	664	0,92	2,2	1,7	3,6
1:4	Пепел фракции 0,0-0,63	7,5	694	0,97	2,3	1,9	3,9
1:4	–	11,0	519	0,77	1,7	1,6	3,2
1:4	Пепел фракции 0,0-0,315	10,8	639	0,94	1,9	1,8	3,5
1:4	Пепел фракции 0,0-0,63	10,7	698	1,06	2,1	1,9	3,9

Результаты экспериментов показали, что вспученный вермикулит можно заменить вулканическим пеплом без значительного увеличения средней плотности, при этом прочностные характеристики композиционного раствора существенно возрастают. Также было выявлено, что добавка Д–5 положительно влияет на реологические свойства смеси и на прочностные свойства теплоогнезащитного композиционного раствора.

### Литература

1. Руководство по выполнению огнезащитных и теплоизоляционных штукатурок механизированным способом. М.: Стройиздат, 1977. 46 с.
2. Journal of Materials Science Letters. 1987. Vol. 6. № 5. PP. 562–564.



3. Steel Strategy and Fire Protection. International Construction. 1972. Vol. 11. № 1. PP. 13 – 15.

4. Некрасов К.Д., Масленникова М.Г. Легкие жаростойкие бетоны на пористых заполнителях. М.: Стройиздат, 1982. 152 с.

5. Денисов А.С., Швыряев В.А. Теплоизоляционные жаростойкие торкрет-массы на основе вермикулита. М.: Стройиздат, 1973. 104 с.

6. Хежев Х.А., Хежев Т.А., Кимов У.З., Думанов К.Х. Огнезащитные и жаростойкие композиты с применением вулканических горных пород // Инженерный вестник Дона, 2011. №4 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/710](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/710).

7. Ахматов М.А. Эффективность применения местных строительных материалов и бетона. Нальчик: Эльбрус, 1986. 160 с.

8. Хежев Т.А., Матаев Т.З., Гедгафов И.А., Дымов Р.Х.. Фиброгипсовермикулитобетонные композиты с применением вулканического пепла // Инженерный вестник Дона, 2015. №1 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015).

9. Хежев Т.А., Жуков А.З., Журтов А.В., Гулиев М.И., Хежев А.Л., Глашев А.Х. Жаростойкие фиброармированные композиты на основе вулканической пемзы // Инженерный вестник Дона, 2016. №2 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3582](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3582).

10. Хигерович М.И., Байер В.Е. Гидрофобно-пластифицирующие добавки для цементов, растворов и бетонов. М.: Стройиздат, 1979. – 126 с.

11. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон. М.: Стройиздат. 1989. – 186 с.

### References

1. Rukovodstvo po vypolneniyu ognezashchitnykh i teploizolyatsionnykh shtukaturok mekhanizirovannym sposobom [Management on the fulfillment of

fire-retardant and thermal insulation plasterings in a mechanized manner]. M.: Stroyizdat, 1977. 46 p.

2. Journal of Materials Science Letters. 1987. Vol. 6. № 5. pp. 562–564.

3. Steel Strategy and Fire Protection. International Construction. 1972. Vol. 11. № 1. pp. 13 – 15.

4. Nekrasov K.D., Maslennikova M.G. Legkie zharostoykie betony na poristykh zapolnitelyakh [Light heat-resistant concrete on the porous fillers]. M.: Stroyizdat, 1982. 152 p.

5. Denisov A.S., Shvyryaev V.A. Teploizolyatsionnye zharostoykie torkret-massy na osnove vermikulita [Thermal insulation high-temperature gunite-masses on the basis of the vermiculite]. M.: Stroyizdat, 1973. 104 p.

6. Khezhev Kh.A., Khezhev T.A., Kimov U.Z., Dumanov K.Kh. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2011. №4 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/710](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/710).

7. Akhmatov M.A. Effektivnost' primeneniya mestnykh stroitel'nykh materialov i betona [The effectiveness of the use of local building materials and concrete]. Nal'chik: El'brus, 1986. 160 p.

8. Khezhev T.A., Mataev T.Z., Gedgafov I.A., Dymov R.Kh. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2015. №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015).

9. Khezhev T.A., Zhukov A.Z., Zhurtov A.V., Guliev M.I., Khezhev A.L., Glashev A.Kh. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2016. №2. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n2y2016/3582](http://ivdon.ru/magazine/archive/n2y2016/3582).

10. Khigerovich M.I., Bayer V.E. Gidrofobno-plastifitsiruyushchie dobavki dlya tsementov, rastvorov i betonov [The Hydrophobic- plasticizing additives for the cements, the solutions and the concretes]. M., Stroyizdat, 1979. 126 p.

11. Ratinov V.B., Rozenberg T.I. Dobavki v beton [Additives to the concrete]. M., Stroyizdat. 1989. 186 p.