ОРГАНО-НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ ДЛЯ РЕМОНТА И РЕСТАВРАЦИИ ПАМЯТНИКОВ ИСТОРИИ И КУЛЬТУРЫ БАШЕННОГО ТИПА

¹Шейна С.Г., ²Батаев Д. К.-С., ³Муртазаев С-А. Ю., ²Батаева П.Д.

¹S.G. Sheina, ²D.K-S. Bataev, ³S-A.Yu. Murtazaev, ²P.D. Bataeva

¹ Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

² Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова Российской академии наук, г. Грозный, Россия

³ Грозненский государственный нефтяной технический университет им. М.Д. Миллионщикова, г. Грозный, Россия

¹ Don State Technical University, Department of Urban Construction and Economy, Rostov on Don, Russian Federation

² Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Grozny, Russian Federation

³ Grozny State Oil Technical University named after academician M.D. Millionshikov, Grozny, Russian Federation

Аннотация. В статье делается обзор разработанных органо-неорганических составов растворов каменной кладки стен старинных башенных и некропольных строений Чеченской Республики и Республики Ингушетия. Отмечена перспективность практического применения органо-неорганических вяжущих для ремонта и реставрации памятников истории и культуры, благодаря близкому сходству разработанных составов «материнскому», за счет чего они более эффективны и способствуют повышению качества и долговечности. Исходя из анализа физико-механических свойств раствора для каменной кладки стен объектов культурного наследия рекомендованы три состава.

Abstract. The article provides an overview of the developed organic-inorganic compositions of masonry solutions for the walls of ancient tower and necropolis structures of the Chechen Republic and the Republic of Ingushetia. The prospects of the practical application of organic-inorganic binders for the repair and restoration of historical and cultural monuments are noted, due to the close similarity of the developed compositions to the "mother", due to which they are more effective and contribute to improving the quality and durability. Based on the analysis of the physical and mechanical properties of the mortar for the masonry of the walls of cultural heritage objects, three compositions are recommended.

Ключевые слова: вяжущие, органо-неорганические вяжущие, памятники истории и культуры, ремонт, реставрация.

Keywords: binders, organic-inorganic binders, monuments of history and culture, repair, restoration.

Российская Федерация богата памятниками истории и культуры. Значительное их количество находятся на Юге России. На территории одного Северного Кавказа сосредоточены тысячи разнообразных памятников истории, археологии и архитектуры. Это монументальные, жилые и оборонительные сооружения, циклопические постройки, жилые полубоевые и боевые башни, замковые комплексы, погребальные склепы, солнечные усыпальницы, древние языческие святилища и христианские храмы.

На сегодняшний день особое внимание Правительством Российской Федерации уделяется возрождению памятников истории и культуры. В Северо-Кавказском федеральном округе (СКФО) в рамках государственной программы Российской Федерации «Развитие культуры и туризма» и за счет привлечения средств инвесторов и бюджетов северо-кавказских республик выполняется большой объем ремонтно-реставрационных работ. Глава Чеченской Республики Рамзан Кадыров призвал население Республики оказать посильную помощь в восстановлении

памятников истории и культуры, расположенных на территории региона и представляющих историческую ценность.

Архивные и библиографические исследования [1-5] показали, что возводились башни Чечни и Ингушетии повсеместно на известковом растворе, а сверху покрывались толстым слоем штукатурки желтого, либо желто-белого цвета, изнутри швы кладки замазывались раствором. Это было характерной деталью всех архитектурных памятников горной Чечни и Ингушетии: боевых и жилых башен, склепов и святилищ. По преданию, в состав известкового раствора добавляли молоко или сыворотку и куриные яйца.

В процессе выполнения НИР применены неразрушающие (оптико-аналитические) и лабораторные разрушающие и неразрушающие (физические, физико-механические) виды исследований. Для проведения лабораторных физических и физико-механических исследований произведен были отобраны пробы раствора кладки стен.

По результатам лабораторных исследований видно, что кладочный раствор выполнен на известковом вяжущем в соотношении вяжущее: заполнитель (В/З)-1:2,5÷3,0.

Кладочный раствор белого цвета плотной структуры равномерного замеса с отдельными крупными частицами на растертой извести.

Поверхность кладочного раствора шва бугристая с отдельными крупными раковинами, боковая поверхность загрязнена.

В извести присутствует природный кристаллический гипс в количестве 5,0 ÷ 10,0%.

Для приготовления кладочного раствора использовался заполнитель в виде прозрачного мелкого кварцевого песка окатанной формы размером 0,1÷0,2 мм, угловатые темно серые (черные) и светло серые частицы метаморфической горной породы глинистых сланцев размером от 0,3 до 5,0 мм. Много частиц цемянки размером 0,1-0,2 мм и кирпичной крошки размером 0,5-1,0 мм.

Физико-механические характеристики раствора следующие: среднее значение прочности сжатия – 8,3 МПа; водопоглощение – 11,7%; пористость – 18,3%; объемная масса – 1,56 г/см³.

Образцы раствора, отобранные из швов кладки стен старинных башенных и некропольных строений Чеченской Республики представлены на рисунке 1.

Рис. 1. Образцы раствора, отобранные из швов кладки стен старинных башенных и некропольных строений Чеченской Республики

По результатам исследований, проведенных в Комплексном научно-исследовательском институте имени Х.И. Ибрагимова Российской академии наук, разработаны органико-неорганические составы растворов каменной кладки стен старинных башенных и некропольных строений Чеченской Республики и Республики Ингушетия.

Лабораторными исследованиями, выполненными в соответствии с общестроительной методикой, установлено, что в составе раствора каменной кладки боевых башен и других исторических сооружений в определенных соотношениях (пропорциях) следующие материалы:

доломитовый песок, сланцевая крошка, цемянка, гашеная известь, казеин, зола и др. (известь в основном гидравлическая, казеин в виде творога, простокваши; яичная масса, зола или вулканический пепел-пемза, цемянка - мелкая кирпичная или керамическая крошка, толченая обожженная глина - гидравлическая добавка к извести, широко использовалась в древнем строительстве как связующее вещество аналогично цементу, придания раствору розового оттенка).

Применение гидравлической извести на основе мергелей, мергелистых известняков /содержат 6-20% глинистых примесей/ позволяло, наряду с пластичностью, твердеть раствору в воздушной и влажной среде и набирать прочность со временем. Образующейся при обжиге часть C_2O соединяется в твердом состоянии с оксидами SiO_2 ; Al_2O_3 ; Fe_2O_3 , содержащими в минералах глины, образуя силикаты $2\text{C}_2\text{O SiO}_2$, алюминаты $\text{C}_2\text{O Al}_2\text{O}_3$ и ферриты кальция $2\text{C}_2\text{O Fe}_2\text{O}_3$, обладающие способностью твердеть не только на воздухе, но и в воде. Воздушная известь - пушонка (содержит до 6% глиняных смесей) характеризуется твердением на воздухе. Природный пластификатор, способствует достижению нужной пластичности, увеличивает сцепление раствора с камнем (адгезия). Твердение растворов на гашёной извести - карбонатное твердение, обусловлено протеканием двух процессов: кристаллизации Ca(OH)_2 при высыхании растворов и карбонизации гидроксида кальция по реакции:

Казеин усиливает адгезию, применяется и как вяжущее. Зола снижает теплопроводность, усиливает трещиностойкость, используется в качестве модификатора.

Для восполнения функций гидравлической извести предусмотрено применение в растворяющей смеси белого цемента. Основными компонентами, входящими в состав сырьевой смеси для получения белого цемента (ГОСТ 965-89. Портландцементы белые. Технические условия) являются мергелистый известняк, мел, мергель, песок, мрамор, глина. Марка цемента - СЕМ 1.52,5R. Предварительные результаты исследований показывают, что данный цемент ускоряет затвердение, повышает устойчивость к атмосферным явлениям, усиливает прочностные характеристики раствора, положительно сказывается на приготовлении раствора по структуре и свойствам, в определенной степени, приближенного к раствору, которое применялось в каменной кладке старинных национальных строений (боевые башни, жилые строения и т.д.).

Плотность используемых материалов (компонентов) представлена на таблице 1.

Марка раствора определялась испытанием на сжатие кубов размерами 40x40x160 мм в возрасте 28 суток при температуре твердения $20 \pm 3^\circ\text{C}$. Временные сопротивления (пределы прочности) на сжатие, определяемые испытанием кубов и половинок балочек, приняты одинаковыми (коэффициент перехода - 1,0).

В лабораторных условиях на основе экспериментальных составов раствора для каменной кладки стен старинных башенных и некропольных строений в стандартных формах были изготовлены:

- кубики 70,7x70,7x70,7 см для определения прочности на сжатие (кубиковая прочность) (Рис. 2);

Таблица 1

Плотность используемых материалов (компонентов)

№ п/п	Используемые материалы	Плотность материалов кг/м ³
1	Сланцевая крошка, фр.0-5мм	1405
2	Доломитовый песок, фр.0-5мм	1630
3	Воздушная известь (тесто)	1370
4	Белый цемент СЕМ 1.52,5R	1100
5	Цемянка (0-2,5мм)	1202
6	Древесная зола	420

- балочки 4x4x16 см для определения призмочной прочности и прочности на растяжение при изгибе (Рис. 3).

Рис. 2. Кубики 70,7x70,7x70,7 см для определения прочности на сжатие (кубиковая прочность)

Рис. 3. Балочки 4x4x16 см для определения призмной прочности и прочности на растяжение при изгибе

По результатам испытаний отобраны следующие (№1 - №6) наиболее оптимальные составы растворных смесей марок 10, 25, 50, 75 с определением значений марок по подвижности и морозостойкости.

Состав №1 (Расход компонентов на 1 м³ смеси):

- Сланцевая крошка(0-5мм) –	- 625 кг;
- Доломитовый песок -	- 980 кг;
- Известь - пушонка (в порошкообразном виде)	- 174 кг;
- Белый цемент СЕМ 1.52,5R -	- 152 кг;
- Цемянка -	- 76 кг;
- Зола -	- 5 кг;
- Вода -	- 353 л.

Погружение конуса – 6,3 см., циклов морозостойкости - 84, предел прочности при сжатии в возрасте 28 суток – 78,2 кгс/см² (7,8МПа). Марка по прочности М 75, морозостойкости > F 75, подвижности П_{к2}.

Состав №2 (Расход компонентов на 1 м³ смеси):

- Сланцевая крошка(0-5мм) –	- 620 кг;
- Доломитовый песок -	- 1160 кг;
- Известь - пушонка (в порошкообразном виде)	- 125 кг;
- Белый цемент СЕМ 1.52,5R -	- 100 кг;
- Цемянка -	- 71 кг;
- Зола -	- 10 кг;
-Казеиновый клей «Экстра»	- 1.6
- Вода -	- 294 л.

Погружение конуса – 12,8 см, циклов морозостойкости - 29, предел прочности при сжатии в возрасте 28 суток – 27,0 кгс/см² (2,7 МПа). Марка по прочности М 25, морозостойкости F 25, подвижности П_{к4}.

Состав №3 (Расход компонентов на 1 м³ смеси):

- Сланцевая крошка(0-5мм) –	- 1242 кг;
- Доломитовый песок -	- 150 кг;
- Известь - пушонка (в порошкообразном виде)	- 136 кг;
- Белый цемент СЕМ 1.52,5R -	- 95 кг;
- Цемянка -	- 140 кг;
- Зола -	- 7 кг;
- Вода -	- 267 л.

Погружение конуса – 3,7 см., циклов морозостойкости - 26, предел прочности при сжатии в возрасте 28 суток – 25,8 кгс/см² (2,6 МПа). Марка по прочности М 25, морозостойкости F 25, подвижности П_{к1}.

Состав №4 (Расход компонентов на 1 м³ смеси):

- Сланцевая крошка(0-5мм) –	- 713 кг;
- Доломитовый песок -	- 950 кг;
- Известь - пушонка (в порошкообразном виде)	- 167 кг;
- Белый цемент СЕМ 1.52,5R -	- 120 кг;
- Цемянка -	- 90 кг;
- Зола -	- 6 кг;
- Вода -	- 271 л.

Погружение конуса – 5,4 см., циклов морозостойкости - 40, предел прочности при сжатии в возрасте 28 суток – 50,6 кгс/см² (5,1МПа). Марка по прочности М 50, морозостойкости F 35, подвижности П_{к2}.

Состав №5 (Расход компонентов на 1 м³ смеси):

- Сланцевая крошка(0-5мм) –	- 1340 кг;
- Доломитовый песок -	- ;
- Известь - пушонка (в порошкообразном виде)	- 180 кг;
- Белый цемент СЕМ 1.52,5R -	- 128 кг;
- Цемянка -	- 120 кг;
- Зола -	- 10 кг;
- Вода -	- 320 л.

Погружение конуса – 5,3см., циклов морозостойкости - 36, предел прочност при сжатии в возрасте 28 суток – 52,1кгс/см² (5,2МПа). Марка по прочности М 50, морозостойкости F 35, подвижности П_{к2}.

Состав №6 (Расход компонентов на 1 м³ смеси):

- Сланцевая крошка(0-5мм) –	- 357 кг;
- Доломитовый песок -	- 1063 кг;
- Известь - пушонка (в порошкообразном виде)	– 185 кг;
- Белый цемент СЕМ 1.52,5R -	- 130 кг;
- Цемянка -	- 92 кг;
- Зола -	- 4 кг;
- Вода -	- 403 л.

Погружение конуса – 6,7см, циклов морозостойкости - 52, предел прочности при сжатии в возрасте 28 суток – 57,6кгс/см² (5,8 МПа). Марка по прочности М 50, морозостойкости F 50, подвижности Пк2.

Значения прочности растворов для каменной кладки в возрасте до 28 суток приведены в таблице 2 (за 100% принята прочность раствора в возрасте 28 суток, который твердел при температуре 20 ± 3 °С).

Таблица 2

Прочность растворов для каменной кладки

Возраст, суток	Температура твердения, °С						
	1	5	10	20	30	40	50
1	1	4	6	13	23	32	43
2	3	8	12	23	38	54	76
3	5	11	18	33	49	66	85
7	15	25	37	55	72	87	100
14	31	45	60	80	92	100	-
21	42	58	74	92	100	-	-
28	52	68	83	100	-	-	-

На испытания были представлены кубы-образцы раствора размерами 70,7*70,7*70,7 мм, изготовленные из экспериментальных составов № 1-6, предполагаемого к использованию при реставрации каменной кладки стен старинных объектов - памятников истории и культуры. Испытания кубиков осуществлялись на гидравлическом прессе ПС-125 и ручном прессе РПП-5. Физико-механические свойства образцов представлены в таблице 3.

Таблица 3

Физико-механические свойства образцов

№ образца	Размер образца (см)	Возраст, сут.	Рабочая площадь, см²	Масса образца, гр	Показания манометра, кгс	Разрушающая нагрузка, кгс/см²	Прочность отдельного образца, кгс/см²	Средняя прочность в серии, кгс/см²	Температура хранения образцов
1	7x7x7	28	50(49,98)	710	3910	: 50	*1,0	78,2	20+2°С
3	7x7x7	28	50(49,98)	645	1290	: 50	*1,0	25,8	20+2°С
4	7x7x7	28	50(49,98)	717	2530	: 50	*1,0	50,6	20+2°С
5	7x7x7	28	50(49,98)	650	2605	: 50	*1,0	52,1	20+2°С
6	7x7x7	28	50(49,98)	668	2880	: 50	*1,0	57,6	20+2°С

Предел прочности на сжатие раствора при испытании образцов в возрасте 28 суток представлены на таблице 4.

Таблица 4

Предел прочности на сжатие экспериментальных составов раствора

№ экспериментального состава	Прочность на сжатие, кгс/см²
1	78,2
3	25,8
4	50,6
5	52,1
6	57,6

Таким образом, в результате проведенных исследований были выявлены наиболее оптимальные составы раствора для каменной кладки стен старинных башенных и некропольных строений. Для каменной кладки стен объектов культурного наследия рекомендуются составы № 1, № 4 и № 6. Образцы составов № 2, № 3, № 5 не выдержали требуемых параметров испытания и были исключены из дальнейших исследований.

Список использованной литературы

1. Азиев М.А., Чахкиев Д.Ю., Марковин В.И. Каменная летопись страны вайнахов: Памятники архитектуры и искусства Чечни и Ингушетии. М: Русская книга, 1994. 199 с.
2. Акбулатов М. Архив ЛОИА АН СССР, ф.2, д. ГАИМК, №216 за 1928г.
3. Алироев И.Ю. Язык, история и культура вайнахов. Грозный: Чеч.-Инг. изд.-полигр. Об-ие «Книга», 1990. 364 с.
4. Алексеев В.П. Происхождение народов Кавказа. М.: Наука, 1974. 320с.
5. Алексеева Е.П. Древняя и средневековая история Карачаево-Черкессии. М.: Наука, 1971. 355 с.
6. Базоркин М.М. Памятники средневековья в горной Чечено-Ингушетии. Грозный, 1964.
7. Байерн Ф.О. О древних сооружениях на Кавказе // Зейдлиц Н.К. Сборник сведений о Кавказе. Том 1. Тифлис, 1871. 342 с.
8. Басилов В.Н., Кобычев В.П. Галгай - страна башен // журнал «Советская этнография», 1971, №1.

DOI: 10.34708/GSTOU.CONF..2021.54.99.031

УДК 666.546.18

ПОЛУЧЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО ВОЛЛАСТОНИТА НА ОСНОВЕ ФОСФОРНОГО ШЛАКА И АМОРФНОГО КРЕМНЕЗЕМА ПРОИЗВОДСТВА «СОЛНЕЧНОГО» КРЕМНИЯ

PRODUCTION OF SYNTHETIC WOLLASTONITE BASED ON PHOSPHORIC SLAG AND AMORPHOUS SILICA PRODUCED BY "SOLAR" SILICON

¹ Вернер В.Ф., ¹Худякова Т.М., ¹Сарсенбаев Б.К., ²Шакей А.М., ³Сауганова Г.Р.
¹ Verner V.F., ¹Khudyakova T. M., ¹Sarsenbayev B. K., ²Shakey A.M., ³Sauganova G.R.

¹Доктора технических наук, профессора Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова,
г. Шымкент, Казахстан

²Магистр техники и технологии, Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова,
г. Шымкент, Казахстан

³Магистр естественных наук, Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова,
г. Шымкент, Казахстан

¹ Doctors of technical sciences, professors M.Auezov South Kazakhstan State University,
Shymkent, Kazakhstan

²Master of Engineering and Technology M.Auezov South Kazakhstan State University,
Shymkent, Kazakhstan

³ Master of Science in Natural Sciences, M.Auezov South Kazakhstan State University,
Shymkent, Kazakhstan

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по получению синтетического волластонита на основе фосфорного шлака и аморфного кремнезема от производства солнечного кремния. Установлено, что корректировка электротермофосфорного шлака аморфным кремнеземом от производства «солнечного» кремния облегчает процесс волластонитообразования, смещая его в область более низких температур 800-950°С и минимизирует количество примесных фаз при температурах 1000-1050°С устойчивого существования игольчатого волластонита.