КРИСТАЛЛОГРАФИЯ, 2024, том 69, № 6, с. 1090–1100

КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ГУМАНИТАРНЫХ НАУКАХ

УДК 902/904, 620.187, 622.7.016.34

СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАСТВОРЫ ГРОБНИЦ ЭСКИ-КЕРМЕНА И ГОРЗУВИТ

© 2024 г. А. Ю. Лобода[1,*], П. И. Калинин[2], А. М. Антипин[1], П. В. Гурьева[1], Е. С. Коваленко[1], А. В. Мандрыкина[1], Е. А. Кузьмина[1], Э. А. Хайрединова[3], А. В. Мастыкова[4], Е. Ю. Терещенко[1], Е. Б. Яцишина[1]

[1]*Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт", Москва, Россия*

[2]*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино, Россия*

[3] *Институт археологии Крыма РАН, Симферополь, Россия*

[4] *Институт археологии РАН, Москва, Россия*

**E-mail: lobodaau@mail.ru*

Поступила в редакцию 16.09.2024 г.
После доработки 25.09.2024 г.
Принята к публикации 03.10.2024 г.

Проведен сопоставительный анализ строительных растворов двух погребальных сооружений средневековых городов Крыма – на плато Эски-Кермен и Горзувиты. Хотя назначения конструкций различаются – на плато Эски-Кермен гробница построена внутри возведенного здания, а в Горзувитах внешние стенки гробницы "наращивались" для увеличения объема внутреннего пространства, в обоих случаях использовался известковый раствор. Обнаруженные в известковой основе фаунистические остатки позволили уточнить происхождение использованного карбонатного сырья – на Эски-Кермен известь готовили из нумуллитового известняка эоценового возраста, из которого, в частности, сложено само плато, а в Горзувитах – из известняка верхнеоксфордских отложений южных склонов Главной гряды Крымских Гор. В качестве технологических примесей в Горзувитах использовали окатанную крупную гальку (речного или морского происхождения), песок, предположительно, речного происхождения, и остатки растений, возможно, сопутствующие песку. На плато Эски-Кермен в силу ограниченных ресурсов встречаются в основном только неоднородные, достаточно крупные, фрагменты измельченной, частично пережженной, керамики. Полученные результаты подтверждают гипотезу, что локальные изменения рецептуры растворов связаны с доступностью сырьевых ресурсов вблизи места строительства – как природных, так и антропогенных.

DOI: 10.31857/S0023476124060194, **EDN:** YFTIEI

ВВЕДЕНИЕ

В 841 г. территория Юго-Западного Крыма (Климаты Готии) вернулась в состав Византийской империи. После восстановления иконопочитания на соборе, созванном 11 марта 843 г. в Константинополе, влияние церкви во всех сферах общественной жизни Византии возросло [1, с. 323–324]. На периферии империи, в Юго-Западном Крыму, постепенно распространяется аскетический христианский погребальный обряд в могилах и усыпальницах при храмах зачастую с последующим перезахоронением в костницах. Так, жители средневекового города на плато Эски-Кермен (рис. 1, *1*) в конце IX в. прекращают использовать располагавшийся за городской чертой на юго-восточном склоне плато некрополь и начинают хоронить умерших в могилах, сооруженных около стен или внутри старых городских храмов. Одновременно проводится перепланировка кварталов, появляются квартальные однонефные храмы – часовни, принадлежавшие одной семье или роду (рис. 2б) [1, с. 312, 323]. Такие часовни становятся своеобразными некрополями, где на небольшой площади в гробницах с многократными захоронениями на протяжении не менее трех веков находят упокоение от 150 до 600 человек. Погребальные сооружения при квартальных храмах могли высекаться в скальном полу либо сооружались из камней, каменных плит или блоков внутри или снаружи храма, пристраиваясь к его стенам.

Если гробница сооружалась из каменных блоков, связующим веществом между ними зачастую, так же как и в кладке храма, служил известковый строительный раствор [2]. Как правило, состав

подобных растворов однотипен и различается примесями, добавленными в известковую массу. Известь получали из горных пород, состоящих из карбоната кальция ($CaCO_3$), используя преимущественно известняк [3]. При длительном обжиге с температурой, превышающей 700°C, карбонат кальция трансформируется в оксид кальция (CaO) – негашеную известь. Чтобы придать негашеной извести цементирующие свойства, в нее добавляют воду, образуя гашеную известь – гидроксид кальция ($CaOH_2$). Помимо вымачивания известь перемешивают и в некоторых случаях взбивают [4, с. 42]. На этом этапе в раствор добавляют различные примеси: песок, глину, золу, навоз, пепел и т.д. для того, чтобы сделать известь более густой и предотвратить сжимание и растрескивание раствора при усыхании. Часто использовалась битая толченая керамика, придававшая раствору розоватый оттенок. Эти добавки определяли не только свойства готового раствора, но и его дальнейшие изменения под воздействием окружающей среды [5, с. 146].

Проведенные ранее в НИЦ “Курчатовский институт” исследования строительных растворов культовых построек VI века н.э. соседних городищ (Большой трехнефной базилики Мангупа и Северного храма на плато Эски-Кермен) показали значительную разницу в материале и количестве примесей, добавляемых в раствор. Основной добавкой в строительных растворах из Мангупа во всех случаях служил крупный галечный песок с малым количеством органических включений (ракушечник). Образцы Северного храма Эски-Кермена содержали добавки мелкого песка, толченой керамики, а также примеси органического происхождения (ракушечник, следы растений) [6]. Было высказано предположение, что как количество, так и тип добавляемых в строительные растворы примесей во многом связан с имеющимся в наличии местным сырьем. В представленной работе для расширения разнообразия сопоставляемых образцов и проверки описанной выше гипотезы изучались образцы другого типа культовых построек из более удаленных друг от друга памятников.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследования отобраны строительные растворы из погребальных сооружений двух средневековых крымских городов, расположенных на значительном расстоянии друг от друга, в разных географических условиях – в горной части полуострова (на известняковом плато Эски-Кермен (рис. 1, *1*)) и на Южном берегу, в Горзувитах (современный Гурзуф) (рис. 1, *2*).

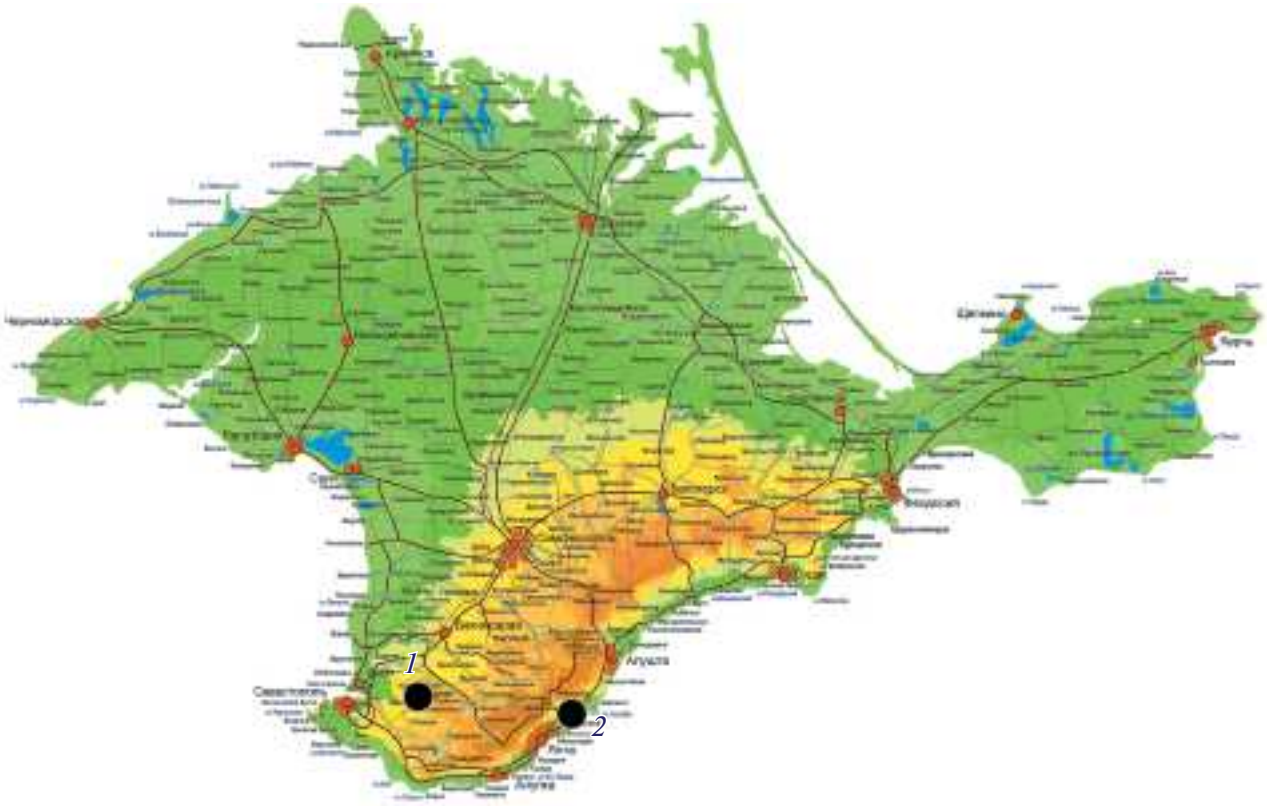

Рис. 1. Карта Крыма с указанием местоположения памятников, из которых происходят образцы известковых растворов: *1* – плато Эски-Кермен, *2* – Горзувиты (современный Гурзуф).

Объект 1: прямоугольная в плане гробница 6/2019 на плато Эски-Кермен пристроена к внутренней стороне северной стены притвора однонефного храма X–XIII вв. в квартале 2 (рис. 2б). Гробница 6/2019 использовалась в XII–XIII вв. [1]. Ее возвели после того, как высеченные в скальном полу притвора могилы были полностью заполнены и перекрыты глиняным полом. Во время вырубки нижней части гробницы была разрушена тонкая скальная перемычка, отделявшая ее от могилы 9/2019. Образовавшееся в результате отверстие строители заложили небольшими камнями и черепицей на известковом растворе с обильными включениями битой керамики. В качестве образцов для исследования взяты раствор из этой перемычки, возведенной в начале XII в. между могилой и гробницей (**ЭК1**; рис. 2, *1*), и фрагмент черепицы, вывалившийся из кладки, с прилипшим комом раствора розоватого цвета с обильными включениями толченной керамики (**ЭК2**; рис. 2, *2*).

Объект 2: гробница, обнаруженная внутри небольшого одноапсидного храма в Горзувитах (рис. 1, *2*). Гробница расположена под полом церкви, которая перекрывается более поздним храмом, датирующимся не ранее второй половины XIII в. [7, с. 413, 415–421, рис. 3–5]. Сопоставление данных археологии, радиоуглеродного датирования и изотопных исследований позволяет предположить, что первые захоронения в гробнице нижнего храма были совершены не ранее XI в., тогда как дата погребения последнего умершего относится к середине–третьей четверти XIII в. [8, 9]. Гробница ладьевидной формы перекрыта четырьмя крупными плитами, опиравшимися на обкладку, выложенную по контуру погребального сооружения и состоявшую из камней, блоков ракушечника, нескольких фрагментов черепицы и плинфы; местами прослеживался известковый раствор [10, с. 188]. Представленные в работе образцы взяты из верхней части обкладки могилы (**Г46.3**), ее южного (**Г46.4; Г46.7**; рис. 3, *1*, *2*) и северного бортов (**Г46.8**; рис. 3, *3*). Обкладка сооружена не ранее середины XIII в., в поздний период использования погребального сооружения, когда оно уже было

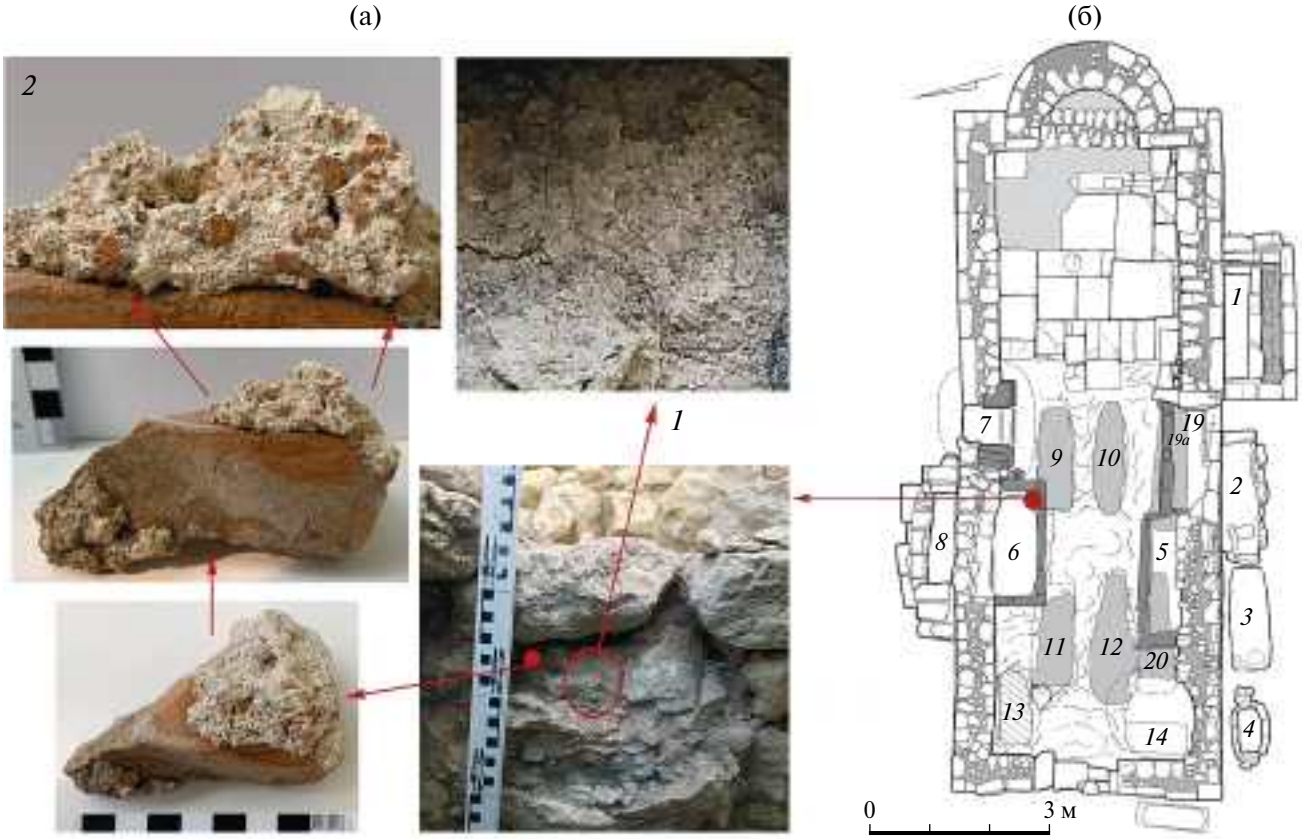

Рис. 2. Город на плато Эски-Кермен: а – стена – перемычка между гробницей 6/2019 и могилой 9/2019, из которой взяты образцы известняковых растворов ЭК1 (*1*) и ЭК2 (*2*) (фото Э.А. Хайрединовой); б – план однонефного храма X–XIII вв. из квартала 2. Красным кружком показано место, откуда взяты образцы растворов ЭК1 и ЭК2 (чертеж Э.А. Хайрединовой).

Рис. 3. Горзувиты. Гробница внутри храма. Общий вид с севера и детали с указанием мест, откуда взяты образцы известкового раствора: *1* – Г46.4, *2* – Г46.7, *3* – Г46.8. (фото А.В. Мастыковой).

практически заполнено и появилась необходимость в дополнительном пространстве.

Исследования общего строения, элементного и фазового состава образцов строительных растворов выполняли аналогично описанной ранее методике [6]. Элементный состав растворов исследовали методом растровой электронной микроскопии в сочетании с энергодисперсионным рентгеновским микроанализом (**РЭМ/ЭРМ**) с помощью растрового двухлучевого электронно-ионного микроскопа Helios Nanolab 600i (Thermo Fisher Scientific), оборудованного системой ЭРМ (EDAX), при ускоряющем напряжении 30 кВ в режиме высокого вакуума (10^{-4} Па).

Исследования методом рентгенофазового анализа (**РФА**) выполнены на порошковом рентгеновском дифрактометре Rigaku Miniflex 600 (CuK_α) в диапазоне сканирования 2θ 3°–70° с шагом 0.02°.

Рентгеновскую томографию (**РТ**) проводили на промышленном рентгеновском томографе X5000 (NSI) на рентгеновской трубке открытого типа. Параметры измерений приведены в табл. 1. Теневые проекции регистрировали позиционно-чувствительным детектором рентгеновского излучения Perkin Elmer с размером матрицы 2048 × 2048 пикселей, размером пикселя 200 × 200 мкм, динамическим диапазоном 16 бит и сцинтиллятором на основе CsI:Tl. Фильтры не применяли. Время экспозиции одной теневой проекции для всех образцов – 0.5 с. Для визуализации трехмерной информации о внутреннем строении растворов, расчета объема пустот и включений применяли программный пакет VGStudio. Минимальный объем для расчета соответствовал размеру вокселя полученных данных. Для оценки объема включений минимальное значение ослабления выбирали по включению, наименее контрастному относительно керамической основы.

Таблица 1. Параметры рентгеновской томографии образцов растворов

Образец	Напряжение, кВ	Ток, мкА	Диаметр фокального пятна, мкм	Шаг поворота, град	Размер вокселя, мкм
ЭК1	200	120	24	0.18	16
Г46.3	120	190	23	0.14	13
Г46.4	130	220	29	0.18	15
Г46.7	130	220	29	0.14	15
Г46.8	120	190	23	0.14	13

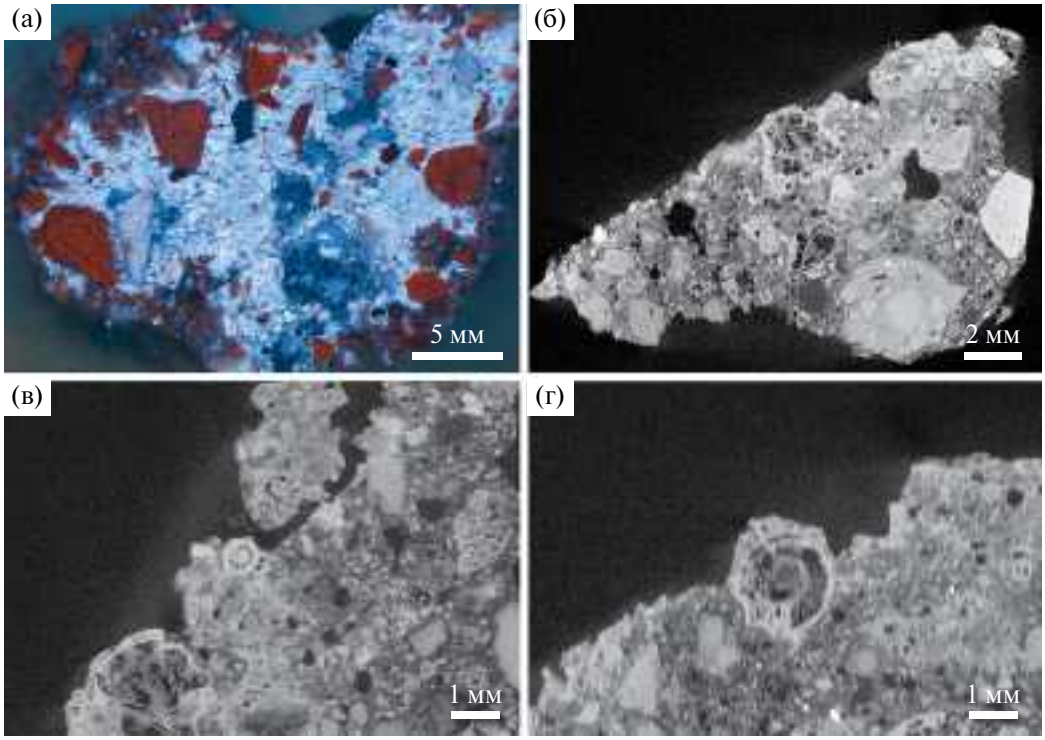

Рис. 4. Шлиф образца ЭК1 (а), результаты томографии образца ЭК1 (б–г). Продольное сечение с различными неоднородностями (б) и примеры включений органического происхождения (раковины нуммулитов) (в, г).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Общее строение образцов изучали методами оптической микроскопии и РТ.

Исследование шлифов образцов из Эски-Кермена методом оптической микроскопии выявило, что из примесей в них преобладает битая керамика, присутствуют мелкие минералы (рис. 4а). Основная масса раствора имеет светло-кремовый цвет.

По данным РТ образцы Эски-Кермена представляют собой многофазную смесь, соединенную более однородной массой (рис. 4б). Размеры минеральных примесей достигают ~5 мм. Отдельные минеральные частицы в образцах имеют гетерогенное внутреннее строение, характерное для керамики (рис. 4б). Помимо минеральных включений в образцах ЭК присутствуют единичные органические включения (раковины) размерами до 2 мм (рис. 4в, 4г). Наблюдаются единичные крупные полости неправильной формы размером до 3.3 мм и округлые полости диаметром до 1.5 мм (рис. 4б, 4в). Суммарный объем полостей для образца ЭК1 составил ~7 % от общего объема объекта.

Согласно результатам оптической микроскопии для образцов из Горзувит характерно присутствие крупных темных минеральных примесей окатанной формы, а также очень мелких фрагментов керамики (длиной до 1 мм) (рис. 5а, 5г, 6а).

Исследование этих образцов методом РТ выявило значительное разнообразие как минеральных, так и органических примесей. Образцы представляют собой многофазную смесь, состоящую преимущественно из минеральных частиц, соединенных более однородной массой (рис. 5б, 5д). Размеры минеральных частиц в образцах: Г46.3 до ~7.5, Г46.4 до ~5.6, Г46.7 до ~8.8 и Г46.8 до ~3.5 мм. Образец Г46.7 практически полностью состоит из минеральных частиц округлой формы (рис. 5д), соединенных небольшим количеством связующего вещества. В образцах Г46.3 (рис. 6г) и Г46.4 (рис. 5б) присутствуют минеральные частицы неправильной формы, а также единичные округлой формы. В образце Г46.8 методом РТ практически не выявлено крупных минеральных включений, однако они обнаруживаются при визуальном осмотре более массивных фрагментов образца. Включения содержатся в меньшем количестве, однако они значительно более массивные – до 7 см в длину.

Включения органического происхождения присутствуют во всех образцах. В образцах Г46.4 (рис. 5в) и Г46.7 (рис. 5е, 5ж) наблюдаются единичные органические включения (раковины) размерами до 2 мм. В Г46.3 органические включения

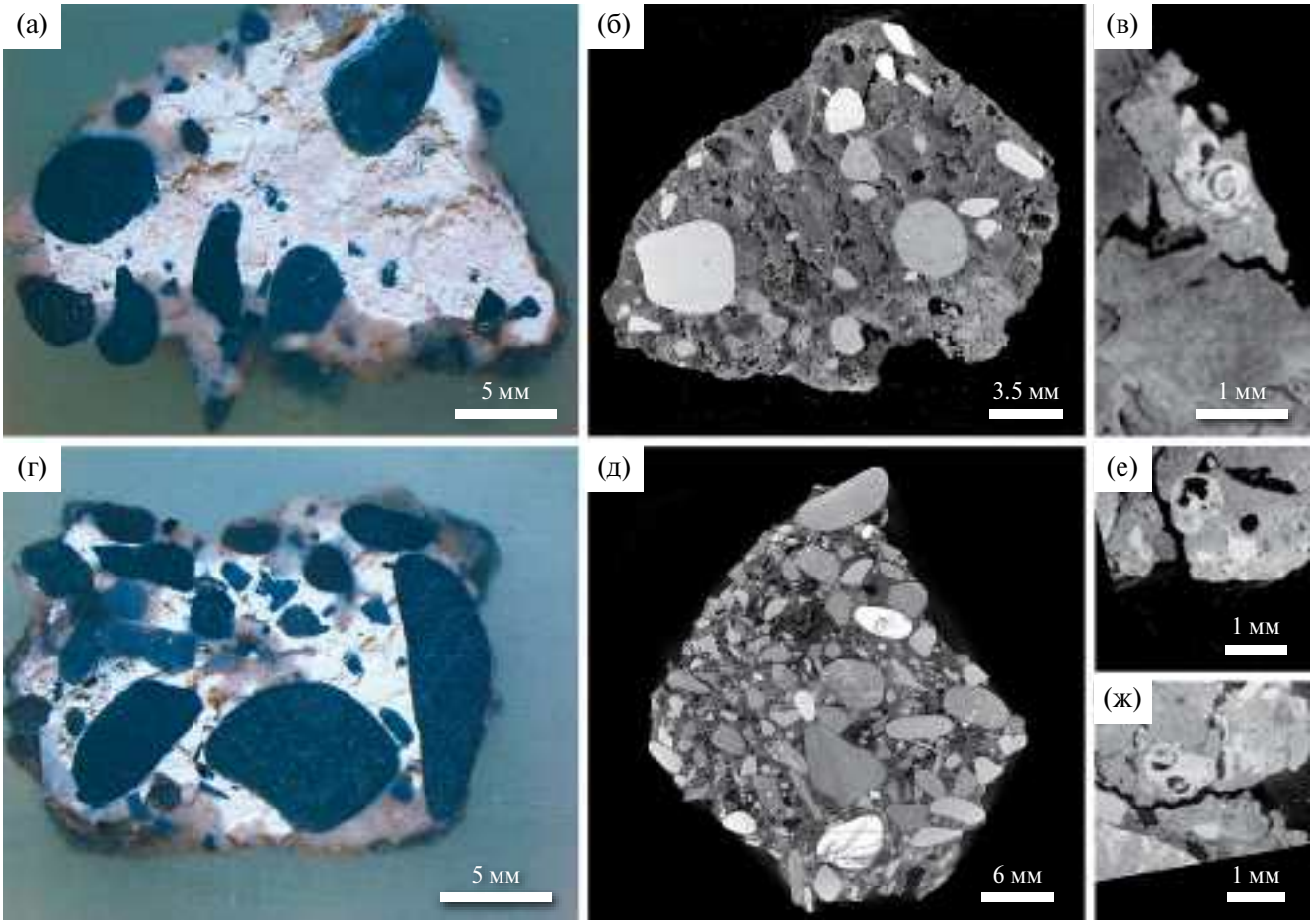

Рис. 5. Шлиф образца Г46.4 (а), результаты томографии образца Г46.4 (б, в); продольное сечение с различными неоднородностями и пустотами (б), продольное сечение органического включения (раковины гастропод) (в); шлиф образца Г46.7 (г), результаты томографии образца Г46.7 (д–ж); продольное сечение с различными неоднородностями и пустотами (д), томографические сечения органических включений (раковины гастропод) (е, ж).

представляют собой полые трубочки (и их фрагменты) сечением ~1 × 2 мм с толщиной стенки ~300 мкм, вероятно, растительного происхождения (рис. 6д). В образце Г46.8 наблюдаются оба вида органических включений (раковины до 1.5 мм длиной и фрагменты трубочек). Целые раковины практически отсутствуют, сохранившиеся фрагменты распределены по объему в виде конгломератов (рис. 6б, 6в).

В образцах из Горзувит наблюдаются единичные крупные полости неправильной формы размерами до 3.3 мм и округлые полости диаметром до 1.5 мм (рис. 5б, 5д, 6б, 6в). Кроме полостей наблюдаются множественные трещины, расположенные преимущественно вокруг крупных минеральных частиц. Суммарный объем пустот (полостей и трещин) для Г46.3 составил ~13%, для Г46.4 и 46.7 ~5%, для Г46.8 ~10% от общего объема.

Элементный состав основной связующей массы образцов исследовали методом РЭМ/ЭРМ. Во всех случаях в составе превалировал Ca (образцы ЭК – 44–76%, образцы Г – 50–74%), присутствовали примеси Al, Si, Mg, K, Fe, Ti (табл. 2, 3). По результатам РФА все исследованные образцы состоят из кальцита (табл. 4), что позволяет отнести изученные пробы к известковым строительным растворам.

Минеральные примеси в образцах из Эски-Кермена представлены измельченной керамикой, элементный состав которой характеризуется повышением количества Al, Si, Fe, K, Mg, Na, Ti (табл. 2). Кроме того, присутствуют мелкие минеральные примеси черного цвета, которые можно охарактеризовать как железосодержащие минералы (Fe 17.8–34%). Минералогический состав включений методом РФА не выявлен из-за их крайне малого размера.

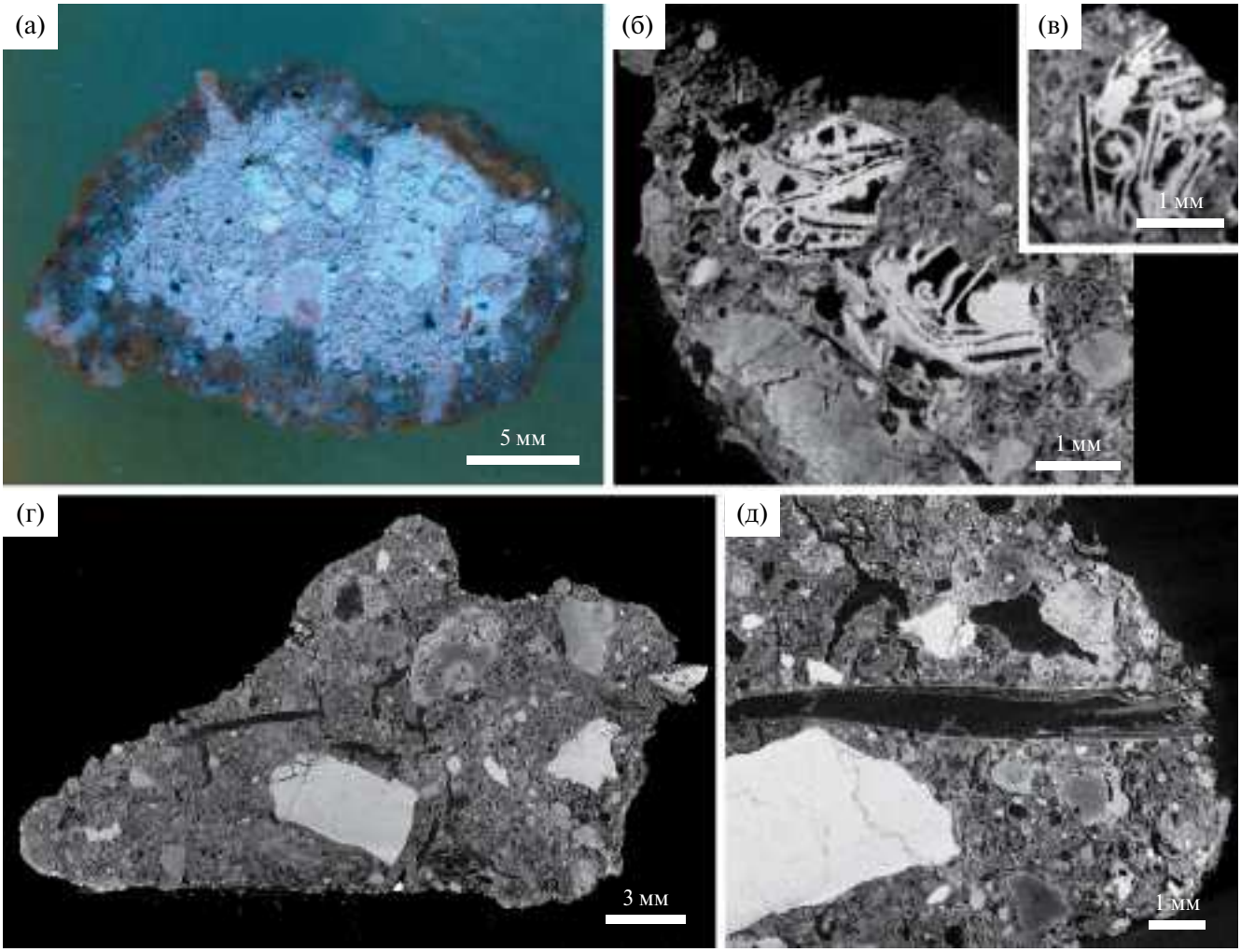

Рис. 6. Шлиф образца Г46.8 (а), томографические сечения органического включения (раковины гастропод) образца Г46.8 (б, в), томографическое сечение образца Г46.3 (г), томографическое сечение органического включения (стебель) образца Г46.3 (д).

Таблица 2. Элементный состав образцов Эски-Кермен по данным РЭМ/ЭРМ (мас. %)

	Основная масса		Фрагменты керамики		Минералы	
	ЭК1	ЭК2	ЭК1	ЭК2	ЭК1	ЭК2
C	11.4	4.9	5.7	4.2	4.8	16.4
O	38.4	14.1	39.1	32.9	28.1	27.8
Na			0.9	0.4	0.5	0.7
Mg	0.3	0.3	1	1.2	1.2	0.2
Al	1.1	0.9	9.2	11.1	8.6	4
Si	2.7	1.9	25.5	30.9	18.3	26.4
P				0.5		
Cl	0.2			0.2	0.1	
K	0.2		2.3	2.9	0.6	1.2
Ca	44.6	76.7	11.3	8.4	2	4.7
Ti	0.2		0.5	0.7	0.6	0.9
Mn					1.4	
Fe	0.9	0.6	4.5	6.7	34	17.8

Таблица 3. Элементный состав образцов из Горзувит по данным РЭМ/ЭРМ (мас. %)

	Основная масса		Минеральные включения					Раковина
	46.4	46.8	46.4	46.4	46.7	46.7	46.8	46.8
C	8.9	6.0	9.8	11.3	6.2	8.1	17.9	7.4
O	39.4	17.4	41.8	46.0	34.5	20.3	17.3	14.4
Na			0.7	0.4	1.1		0.5	
Mg	0.5	0.6	0.6	0.4	0.8		0.7	0.2
Al	0.2	0.2	4.2	4.5	7.8	0.4	12.4	0.3
Si	0.2	0.6	10.1	34.6	37.5	5.8	36.4	0.7
P			0.4					
K			0.6	0.5	1.8		3.8	
Ca	50.8	74.5	0.8	0.4	0.9	1.9	1.9	77.0
Ti		0.3	0.5	0.6	0.4	0.3	0.8	
Mn			0.4		0.3		1.4	
Fe		0.3	30.3	1.3	8.8	63.2	7.0	

Таблица 4. Фазовый состав образцов по данным РФА (%)

	Эски-Кермен		Горзувиты			
	1	2	46.3	46.4	46.7	46.8
Кварц	14	2	12	22	27	5
Кальцит	80	96	81	50	52	86
Монтмориллонит			2			
Каолинит			5			
Глауконит						2
Мусковит				3	4	5
Иллит						1
Ярозит		2				
Блёдит	6					
Клинохлор						1
Альбит				19	13	
Вермикулит				2	1	
Бернессит				3	2	
Магнетит				1	1	

Для образцов из Горзувит характерно значительное количество и большое разнообразие минеральных примесей. Это кварц, алюмосиликаты, а также железосодержащие минералы (Fe 30–63%). Проведенный фазовый анализ позволил определить (табл. 4) присутствующие алюмосиликаты как слюду (вермикулит, мусковит, глауконит), полевые шпаты (альбит) и глинистые минералы (монтмориллонит, каолинит, иллит). Минералы железа определены как магнетит. Зафиксированы единичные включения бернессита.

Органические примеси во всех исследованных образцах представлены преимущественно раковинами. В образцах из Эски-Кермена выявлено значительное количество спиралевидных фораменифер рода *Nummulites* (рис. 4в, 4г).

В образцах из Гурзувит обнаружены спирально-асимметричные раковины моллюсков класса *Gastrapoda* (рис. 5в, 5е, 5ж). Помимо того, в образцах из Горзувит встречаются растительные остатки в виде полых трубочек (рис. 6д).

По совокупности полученных результатов можно сделать вывод, что для изготовления известковых строительных растворов из Эски–Кермена использовали более чистый и однородный материал. Он практически на 100% состоит из кальцита и небольшой примеси кварца. Керамические включения имеют значимое содержание кальция, железа и калия.

Искусственные добавки из обожженной глины (измельченной строительной или тарной керамики) являются активными заполнителями, так как придают раствору способность твердеть под водой [11, с. 29]. Рецепт цемянки – раствора розоватого цвета, в состав которого входил толченый кирпич и кирпичная пыль, – восходит к римской эпохе. Химическая реакция между гашеной известью и керамическим наполнителем была замедленной, в результате чего получался материал, по прочности равный бетону. Керамическая крошка не только укрепляла раствор, но и придавала ему особую вязкость [5, с. 147]. В Юго-Западном Крыму кладки на цемянке характерны прежде всего для сооружений раннесредневекового времени [12, с. 298; 13, с. 754]. На плато Эски-Кермен в настоящее время следы цемянки зафиксированы только в кладках апсиды северного храма, возведенного скорее всего в ранний период существования города, в конце VI–VII вв. [14, с. 27]. Образец раствора из гробницы 6/2019, функционировавшей в XIII в., показывает, что рецепт цемянки был известен местным жителям и в более позднее время. Следует отметить различие в керамических добавках: в растворах раннесредневекового времени истолченная в пыль керамика окрашивает известь в розоватый цвет, в растворе из гробницы XII–XIII вв., изученном в данной работе, использованы мелкие фрагменты керамики, но при этом известь сохраняет свой светло-кремовый цвет.

Повсеместное присутствие спиралевидных раковин нуммулитов в образцах из Эски-Кермена говорит о том, что для изготовления извести использовался достаточно однородный тип нуммулитового морского известняка, характерный для эоценовых отложений северных склонов Внутренней гряды и Внешней гряды Горного Крыма. В частности, среднеэоценовые нуммулитовые известняки слагают горный массив Эски-Кермен [15, 16].

Состав строительных растворов в образцах из Горзувит более неоднородный. В известковой массе присутствует значительная доля кварца и алюмосиликатов: в большом количестве содержатся примеси железосодержащих минералов, слюд, плагиоклазов и глинистых минералов. Частицы кварцевого песка имеют округлую форму, т.е. окатаны водой, что позволяет предположить его морское или речное происхождение. В пользу последнего варианта может свидетельствовать факт присутствия мелких фрагментов растений, которые могли попасть в раствор вместе с речным песком.

Найденные в образцах из Горзувит раковины гастропод указывают на то, что для приготовления известкового строительного раствора могли быть использованы карбонатные породы оксфордского яруса юры. Подобные фаунистические остатки характерны для верхнеоксфордских отложений, слагающих обрывистые южные склоны Главной гряды от мыса Айя на западе полуострова до горы Аю-Даг на востоке, рядом с которой и находилось поселение Горзувиты [17].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований отметим следующее. На плато Эски-Кермен гробница 6/2019 была построена в XII в. внутри возведенного в X–XI вв. здания, а в храме из Горзувит раствор сделали в XIII в. специально для обкладки гробницы, чтобы “нарастить” ее борта и получить дополнительное пространство вокруг уже функционировавшего погребального сооружения (XI–XIII в.). В случае обеих гробниц использовался известковый раствор, хотя синхронные жилые постройки (XI–XIII вв.), как правило, возводились на глиняных или “земляных” растворах [14]. Таким образом, изученные образцы строительных растворов из гробниц были специально изготовлены для данных погребальных сооружений.

Согласно полученным данным для производства известковых растворов в каждом городе использовали местные ресурсы. Технология подготовки извести скорее всего была практически идентична, так как общая морфология и состав изученных известковых масс схожи. Основные различия в них связаны с обнаруженными фаунистическими остатками, которые позволяют уточнить происхождение использованного карбонатного сырья. На Эски-Кермен известь готовили из нумуллитового известняка эоценового возраста, из которого, в частности, сложено само плато, а в Горзувитах – из известняка верхнеоксфордских отложений южных склонов Главной гряды Крымских Гор.

Основные различия изученных строительных растворов наблюдаются в добавленных примесях.

В Горзувитах в качестве примеси использовали окатанную крупную гальку (речного или морского происхождения), песок, предположительно, речного происхождения и остатки растений, возможно, сопутствующие песку. Состав известковой массы и примесей образцов растворов из разных частей обкладки гробницы из Горзувит одинаков, несмотря на то, что борт обкладки наращивался, вероятно, постепенно в течение длительного времени.

Аналогичный состав строительных растворов применялся в культовых сооружениях и других средневековых городов Крыма. Известно, что полиминеральный песок, состоящий в основном из круглых зерен эффузивных и осадочных пород, использовался в качестве примеси в известковых растворах при перестройках главного храма Алустона (совр. Алушта), функционировавшего с раннесредневекового времени и до последней четверти XV в. [13, с. 756, 759, прим. 7, 9]. В изученных ранее образцах из Большой трехнефной базилики Мангупа VIII–XI в. основной добавкой в строительных растворах служил крупный галечный песок [6].

На плато Эски-Кермен в чистую и однородную известь добавляли неоднородно измельченную керамику. Присутствующие темные железосодержащие включения также могут быть связаны с пережженной керамикой. Большое количество подобных примесей в образцах из Эски-Кермена может быть связано с отсутствием на плато и прилегающей территории источников гальки и крупного песка, которые, как было описано выше, зачастую использовались в качестве основной примеси известковых растворов [6].

Таким образом, проведенное исследование дополняет полученные ранее результаты о составе строительных растворов средневековых культовых сооружений городов Крыма и позволяет сделать вывод о том, что на протяжении многих веков в различных частях Крымского полуострова прослеживается схожая тенденция в используемых строительных технологиях. Безусловно, при изготовлении строительных растворов в средневековом Крыму строители придерживались общепринятых, хорошо известных рецептов как в части подготовки известковой массы, так и в выборе добавок и наполнителей. При этом на локальные изменения рецептуры растворов большое влияние оказывала вариативность источников сырья, доступных мастерам поблизости от места строительства – как природных (известняк, песок, галька и прочее), так и антропогенных (керамика).

Исследования выполнены при финансовой поддержке Российской Федерации в лице Минобрнауки России в рамках Соглашения о предоставлении из федерального бюджета гранта в форме субсидии № 075-15-2023-010 от 21.02.2023 (15.СИН.21.0024).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Айбабин А.И., Хайрединова Э.А.* // Античная древность и средние века. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2020. Вып. 48. С. 310.
2. *Artioli G.* Scientific Methods and Cultural Heritage: An Introduction to the Application of Materials Science to Archaeometry and Conservation Science. Oxford, UK: Oxford University Press, 2010. 554 p.
3. *Friesem D., Abadi I., Shaham D., Grosman L.* // Evolutionary Human Sciences. 2019. V. 1. E9. https://doi.org/10.1017/ehs.2019.9
4. Витрувий. “Десять книг об архитектуре” / Пер. Петровского Ф.А. Т. 1. М.: Изд-во Всесоюз. академии архитектуры, 1936. 331 с.
5. *Оустерхаут Р.* Византийские строители. Киев; М.: КОРВИН ПРЕСС, 2005. 331 с.
6. *Лобода А.Ю., Калинин П.И., Антипин А.М. и др.* // Материалы по археологии, истории и этнографии Таврии. 2023. Вып. 28. С. 323.
7. *Мастыкова А.В.* // КСИА. 2020. № 260. С. 407.
8. *Голофаст Л.А., Мастыкова А.В.* // Материалы по археологии, истории и этнографии Таврии. 2018. Вып. 23. С. 359.
9. *Добровольская М.В., Мастыкова А.В.* // КСИА. 2020. № 260. С. 428.
10. *Мастыкова А.В.* // Города, селища, могильники. Раскопки 2017. Материалы спасательных археологических исследований. Т. 25. / Отв. ред. Энговатова А.В. М.: ИА РАН, 2018. С. 186.
11. *Значко-Яворский И.Л.* Очерки истории вяжущих веществ: от древнейших времен до середины XIX в. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963. 496 с.
12. *Якобсон А.Л.* // Материалы по истории и археологии СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1959. № 63. 364 с.
13. *Кирилко В.П.* // Studia in honorem professoris Borisi Borisov. Велико Търново: ИВИС, 2016.
14. *Хайрединова Э.А.* // Вестн. Волгоград. гос. ун-та. Сер. 4. История. Регионоведение. Международные отношения. 2023. Т. 28. № 6. С. 25. https://doi.org/10.15688/jvolsu4.2023.6.3
15. *Черкасов С.Д., Акинин О.И., Корнеева Е.А., Сабри М.М.* // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2018. Вып. 8. С. 63. https://doi.org/10.18720/CUBS.71.6
16. *Руденко А.П., Намсараев З.Б., Комова А.В. и др.* // Российские нанотехнологии. 2024. Т. 19. № 1. С. 133.
17. Геологическая карта Крыма, масштаб: 1:1000000 / Отв. ред. Муратов М.В. М.: ВСЕГЕИ, 1967.

CONSTRUCTION SOLUTIONS OF THE ESKI-KERMEN AND GORZUVIT TOMBS

A. Yu. Loboda[a,*], P. I. Kalinin[b], A. M. Antipin[a], P. V. Guryeva[a], E. S. Kovalenko[a], A. V. Mandrykina[a], E. A. Kuzmina[a], E. A. Khairedinova[c], A. V. Mastykova[d], E. Yu. Tereschenko[a], E. B. Yatsishina[a]

[a]*National Research Centre "Kurchatov Institute", Moscow, Russia*

[b]*Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science RAS, Pushchino, Russia*

[c]*Institute of Crimean Archaeology RAS, Simferopol, Russia*

[d]*Institute of Archaeology RAS, Moscow, Russia*

**e-mail: lobodaau@mail.ru*

Abstract. A comparative analysis of the mortars used in the construction of two burial structures in medieval Crimean cities, namely Eski-Kermen and Gorzuvit, was conducted. In both instances, lime mortar was employed. The faunal remains discovered within the lime base enabled the origin of the carbonate raw material to be determined. In the case of Eski-Kermen, the lime mortar was prepared from Eocene nummulitic limestone, which constitutes the plateau itself. In contrast, the limestone of the Upper Oxfordian deposits of the southern slopes of the Main Ridge of the Crimean Mountains was used in Gorzuvit. As technological admixtures in Gorzuvites, rounded large pebbles (of river or sea origin), sand, presumably of river origin, and plant remains were employed. On the Eski-Kermen plateau, due to the limited availability of resources, mainly only heterogeneous, fairly large fragments of crushed, partially burnt ceramics were used. The obtained results confirm the hypothesis that local changes in the formulation of solutions are associated with the availability of raw materials near the construction site, both natural and anthropogenic.