

А. О. Хотылев, С. В. Ольховский, О. В. Хотылев,
А. А. Майоров, Ф. С. Щепелев

О НЕКОТОРЫХ МЕТОДАХ ИЗУЧЕНИЯ КАМЕННОГО МАТЕРИАЛА АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

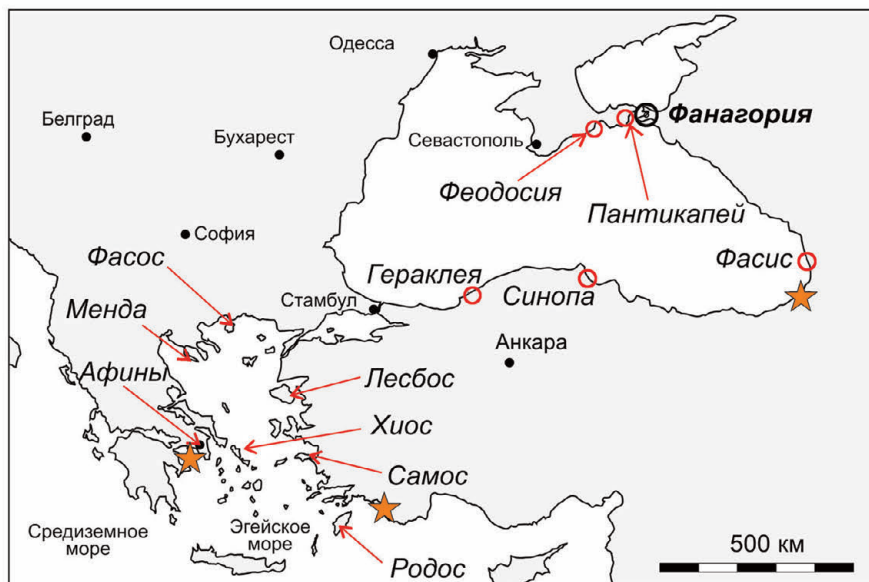
Резюме. В статье изложен комплексный подход к идентификации регионов происхождения каменного материала, найденного в античных постройках Фанагории (рис. 1; 2). Сочетание методов описания формы (рис. 2) и ряда анализов состава (рис. 3) в случае некоторых горных пород позволяет определить не только условия их образования и обстановку, из которой они были отобраны для строительства, но и регион их происхождения. Применение указанного подхода позволило нам убедительно локализовать районы происхождения некоторых категорий каменного материала на побережьях Средиземного, Эгейского и Черного морей (рис. 1).

Ключевые слова: естественнонаучные методы, Фанагория, камень, петрография, геохимия, изотопные отношения, микрофауна.

Введение

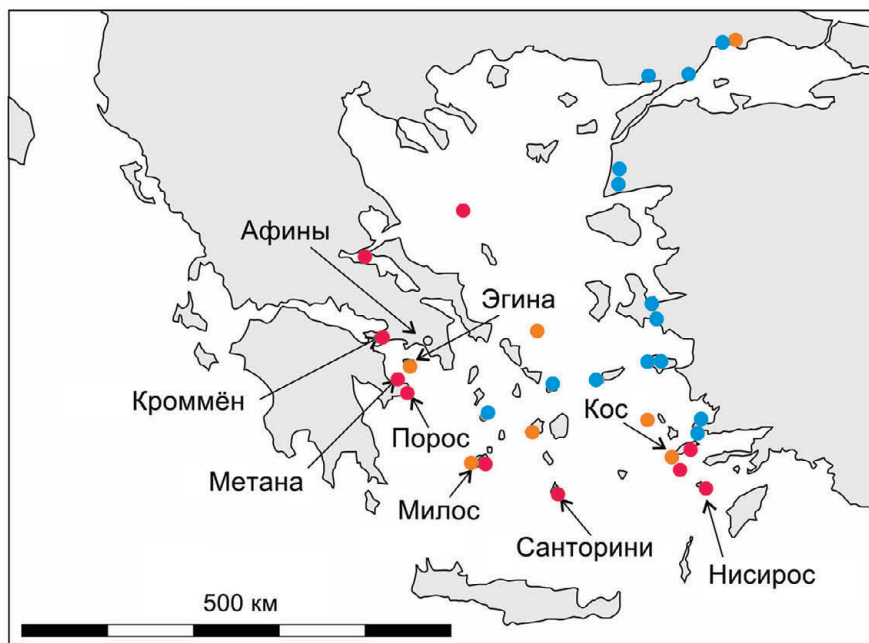
Фанагория, основанная греческими переселенцами в VI в. до н. э., на протяжении нескольких веков являлась крупнейшим городом Азиатского Боспора и центром транзитной торговли, обеспечивавшим товарооборот между Средиземноморьем, Меотидой и Прикубаньем (рис. 1: *a*). Масштаб этой торговли требовал соответствующей инфраструктуры, и в V–III вв. до н. э. напротив Акрополя Фанагории был построен каменный причал длиной 185 м, шириной 60 м, высотой не менее 2,5 м. Масса каменного материала, использованного для строительства этого объекта, по нашей оценке, составляет до 50 000 т (*Khotylev, Olkhovskiy, 2020; Хотылев и др., 2022a*).

Отсутствие на Таманском полуострове месторождений строительного камня подходящего качества и объемов заставляет предположить, что строительный материал привезен в Фанагорию из иных регионов. Так как в известных



○ 1 ★ 2

а



● 3 ● 4 ● 5

б

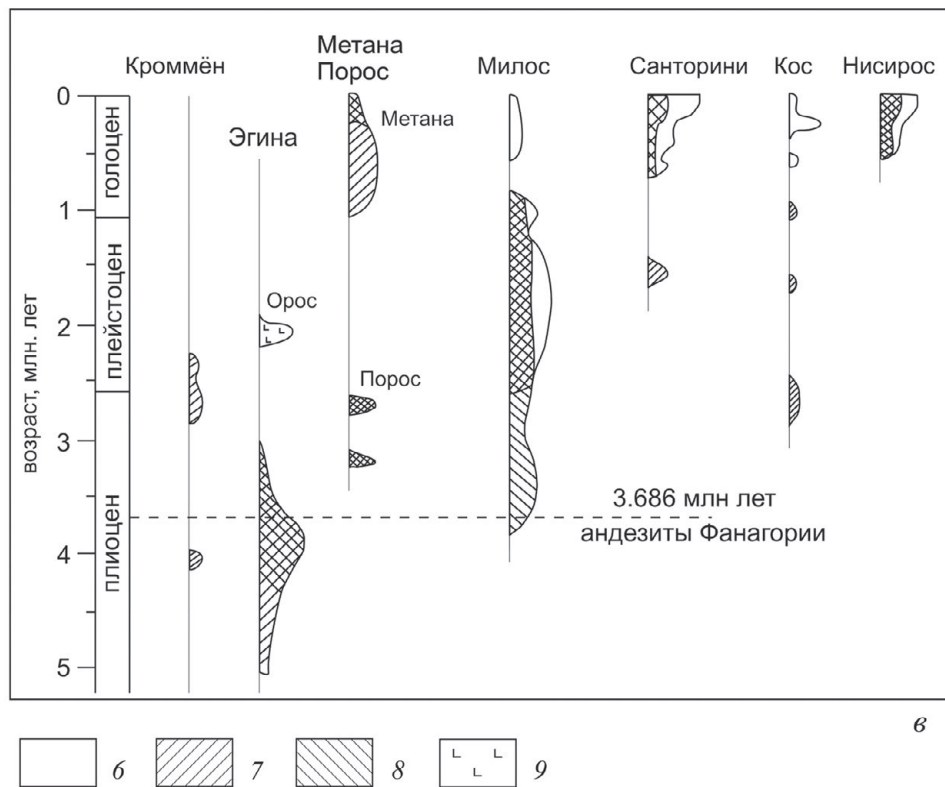


Рис. 1 (с. 370–371). Регионы происхождения каменного материала из античных построек Фанагории

а – основные торговые контрагенты Боспора в V–III вв. до н. э.; *б* – карта возраста миоцен-четвертичных вулканических пород Эгейского моря и прилегающих регионов; *в* – схема эволюции вулканической активности Южно-Эгейской островной дуги

Условные обозначения: 1 – античные полисы; 2 – локации импорта строительного камня; 3 – породы возраста до 2,5 млн лет; 4 – породы возраста 2,5–6 млн лет; 5 – породы возраста 6–13 млн лет; 6 – риолиты; 7 – дациты; 8 – андезиты; 9 – базальты. Составлено с использованием данных (*Karaoğlu, 2014; Elburg, Smet, 2018; 2020; Seghedi, Helvaci, 2016; Pe-Piper, Piper, 2002*)

письменных источниках отсутствуют упоминания о поставках строительного камня на Азиатский Боспор, единственным источником информации о происхождении камня, конструкции, размерах и периоде постройки фанагорийского порта являются результаты новейших подводных археологических исследований его главного причала.

В 2019–2022 гг. для изучения конструкции причала нами расчищены:

- 3 сквозных шурфа размером 2×2 м;
- 9 шурфов 1×1 м, пройденных от современной поверхности дна до кровли причала;
- 1 траншея 75×1 м, расчищенная до кровли причала поперек всего сооружения.

Определить период строительства причала возможно на основе керамических изделий, в изобилии найденных во всех расчищенных шурфах и в траншее. Среди перемешанных донных отложений, перекрывающих кровлю причала, преобладает окатанная и неокатанная керамика первых веков н. э. Внутри конструкции причала найдены сотни неокатанных фрагментов изделий Родоса, Коса, Менды, Фасоса, Хиоса, Лесбоса, Самоса, Гераклеи Понтийской и Синопы, преимущественно относящихся к IV–III вв. до н. э. В слое донных отложений под причалом найдены фрагменты амфор Лесбоса V в. до н. э. Учитывая датировку керамических находок, мы полагаем, что строительство причала началось не раньше середины V в. до н. э. и продолжалось в несколько этапов на протяжении 100–150 лет (*Хотылев и др.*, 2022б). При этом найденные археологические предметы не доказывают, что каменный материал привезен в Фанагорию из тех же регионов, где была произведена эта керамика. Целью наших исследований стала разработка методики анализа найденного в Фанагории каменного материала, убедительно идентифицирующей регионы его происхождения.

Материал

Главный причал Фанагории построен преимущественно из валунов размером 20–40 см различной степени окатанности и незначительного объема мелкой гальки диаметром 1–5 см. В изучаемую выборку включены 770 фрагментов строительного камня размером более 5 см, извлеченных из трех сквозных шурфов в теле причала; 150 галек из тела причала; 193 гальки из донных осадков около причала; камни из некоторых построек Акрополя Фанагории (Там же).

Методы и методики

Определяя оптимальную методику анализа каменного материала из причала Фанагории, мы учитывали потребность ее применения на количественно репрезентативной выборке. Задача оказалась нетривиальна – известные нам подходы применяются для штучных изделий из обработанного камня или для строительного камня, регион происхождения которого предположительно известен заранее. Учитывая происхождение керамики, поступавшей в Фанагорию в первые века развития города, мы предположили, что и каменный материал был привезен

с берегов Черного и Эгейского морей. Исходя из объема, состава и особенностей каменного материала, мы определили следующую методику анализа:

1. Фиксация формы и размеров всех камней.
2. Первичное полевое определение типа горных пород для всех камней.
3. Разбраковка на типы пород по результатам первичного определения.
4. Выбор группы пород для дальнейшего анализа.
5. Лабораторные исследования образцов из отобранной группы (петрографический анализ, химический анализ, определение изотопного возраста пород).
6. Анализ литературных данных и сравнение с полученными результатами.

Форма каменного материала

При изучении каменного материала потенциально возможно определить условия и регион его происхождения. Основную часть этой информации (состав породы) можно узнать только в результате лабораторных исследований, но некоторые параметры (форму) можно определить на этапе первичного документирования.

Для корректного сопоставления результатов в рамках изучаемой выборки весь каменный материал фиксировался по одной схеме. Для каждого каменного фрагмента определены три обязательно взаимно перпендикулярных размера – максимальный (а), средний (b) и минимальный (с) диаметры (оси).

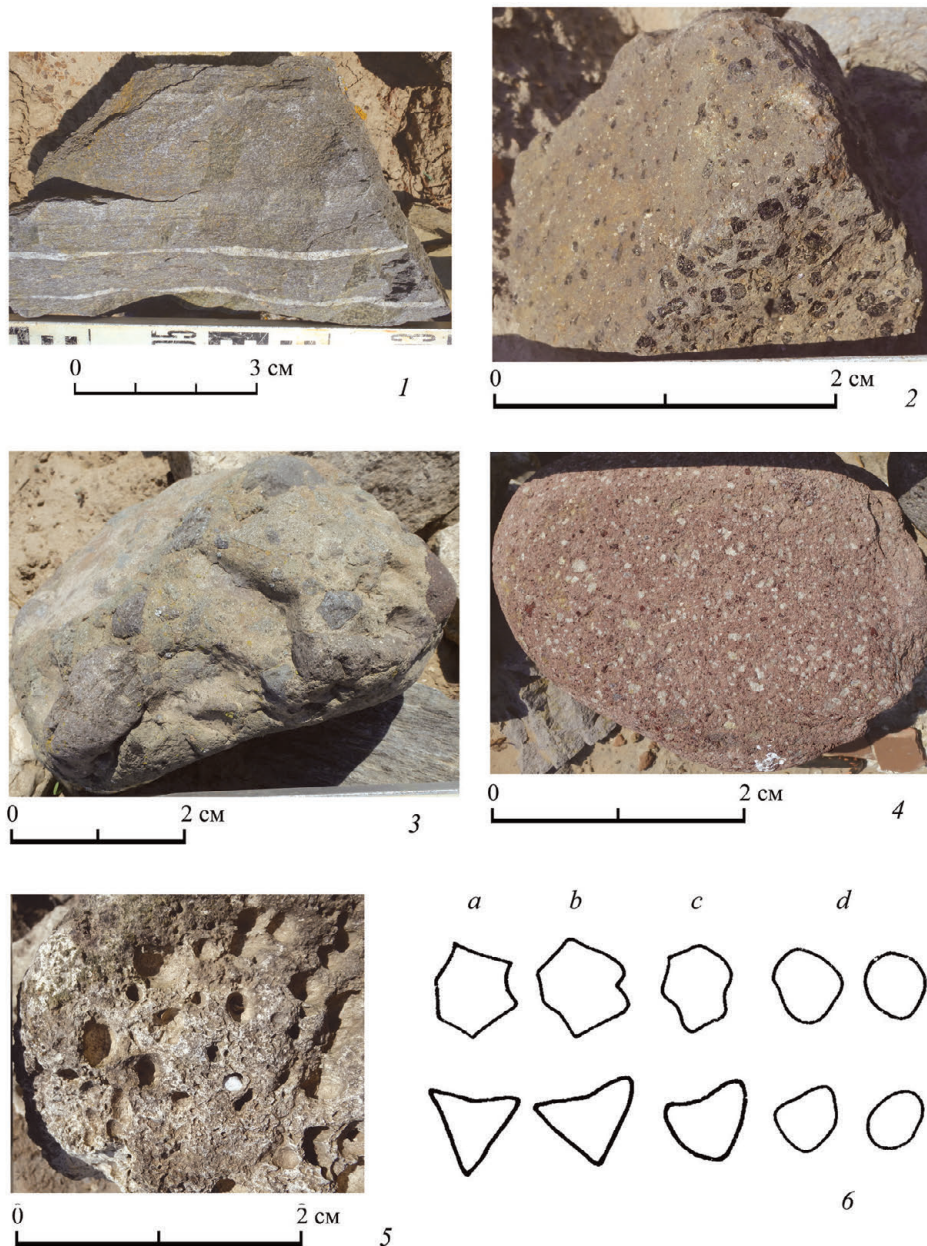
Для фиксации степени окатанности (оглаженности) каменного материала мы использовали шкалу окатанности (по: *Фролов*, 1993) с некоторыми упрощениями, подразделяя форму обломков на 4 класса: окатанная – округлые, овальные фрагменты без заметных впадин или с единичными пологими впадинами; полуокатанная – уплощенные, эллипсовидные, оглаженные валуны и гальки без резких и острых углов; угловато-окатанная – обломки с отчетливыми, но оглаженными углами; неокатанная – все углы обломков острые и неокатанные (рис. 2: 6). По этой шкале нами классифицированы фрагменты всех размерностей – от глыб до мелкой гальки.

Форма каменного материала обусловлена условиями, в которых его отбирали. Когда строители нуждались в материале определенного состава, плотности, формы и размера, его отбирали в каменоломнях, весьма многочисленных в Средиземноморье (*Russel*, 2017; 2013b). Отобранные в каменоломнях обломки горных пород имеют угловатые, рваные или более правильные призматические очертания, так как они были отломаны или отрублены от скального массива (рис. 2).

Если требования строителей к форме или типу материала были не столь строги, источником камней могли быть речные русла и морское побережье, где в результате воздействия водной среды горные породы дробятся на обломки, среди которых можно найти экземпляры подходящего размера и формы.

Каменный материал, происходящий с морского пляжа, имеет характерные следы воздействия прибоя: устойчивые породы окатываются, менее прочные – разрушаются до песчаной и более тонкой размерности.

В речных системах размер каменных обломков зависит от энергии реки и удаленности выхода скальных пород в русло. Перенос крупных валунов диаметром до нескольких десятков сантиметров возможен только крупными реками



**Рис. 2. Окатанность строительного камня
из фундаментов Акрополя Фанагории**

1 – неокатанные амфиболиты; 2 – угловато-окатанные базальты; 3 – полуокатанные туфы; 4 – окатанные андезиты; 5 – следы сверления камнеточцев с сохранившейся раковинкой; 6 – форма фрагментов разной степени окатанности (по: Фролов, 1993), с упрощениями: *a* – не-окатанная; *b* – угловато-окатанная; *c* – полуокатанная; *d* – окатанная

с большим расходом воды и значительными уклонами русла. При переходе от горного к равнинному типу гравийно-галечные (а в верховьях горных рек – галечно-валунные) русловые осадки быстро сменяются песчанистыми. В этом случае на отдельных участках отложения вновь могут стать валунно-галечными, но только в случаях, когда в русло реки выходят скальные породы либо породный материал выносятся притоки. Таким образом, форма каменного материала существенно ограничивает список возможных локаций для его сбора.

В выборке строительного камня, извлеченного из причала (770 шт.), 42 % имеют явные следы окатанности, а 27 % относятся к группе окатанных. Это закономерно: конструкция причала Фанагории вполне допускала массовое применение бутового, а не специально вырубленного и отесанного камня (рис. 3). Оптимальными локациями для сбора подобного материала нам представляются побережья вблизи портов, что упрощает погрузку камней на суда.

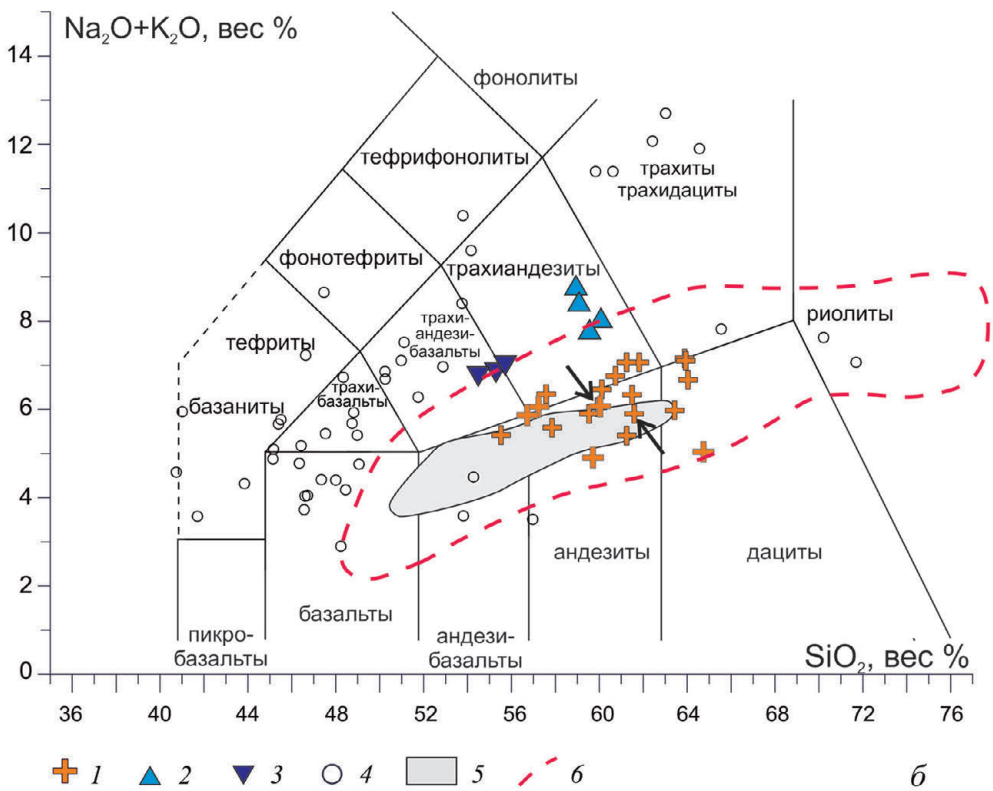
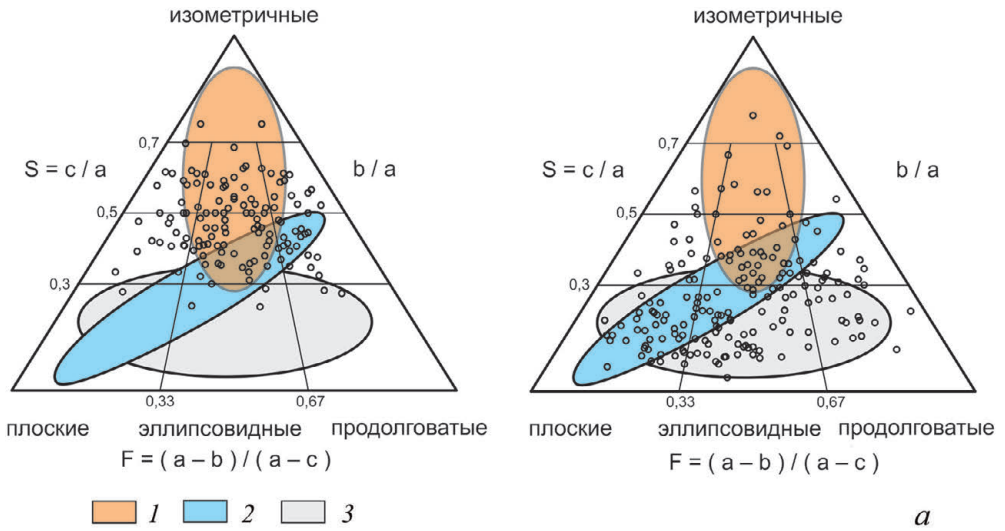
Отличить камни, окатанные в морской воде, от камней, окатанных в пресной, возможно благодаря характерным следам жизнедеятельности морских организмов. Следует учесть, что подобные следы не могли появиться на поверхности камней после их укладки внутрь конструкции причала.

На камнях из построек Акрополя Фанагории мы нашли следы камнеточцев (рис. 2: 5), раковины серпулид и баянусов, сетки мшанок *Cheilostomida*. Так как Акрополь Фанагории не затоплялся морем, можно уверенно утверждать, что вышеперечисленные организмы появились на камнях до их использования в строительстве, т. е. они отобраны не из пресноводного водоема, а с морского побережья (Хотылев и др., 2022б).

Каменный материал, извлеченный из шурфов в причале, по своему составу и облику очень напоминает камни из построек Акрополя, и мы полагаем, что он тоже преимущественно отобран на морском побережье.

Определить условия окатывания галек возможно на основе статистического анализа их формы, представляющей собой функцию от двух групп параметров – собственных свойств породы (прочность, трещиноватость, однородность) и свойств водной среды (характер течения, перемещения) (Четвериков, 2002; Sneed, Folk, 1958; Шафрановский, 1968; Швецов, 1934). На основе многочисленных замеров формы галек возможно выделить материал из речных систем (аллювий), прибрежно-морских условий и временных водотоков (пролювий) (Ялышева, 2013). При этом удобно использовать коэффициенты формы обломков $F = (a-b) / (b-c)$, их изометричности $S=c/a$, а также b/a , где a – наибольший диаметр, b – средний, c – наименьший из трех диаметров гальки, на основе которых возможно построить треугольные диаграммы (рис. 3: а). В работе (Там же) содержатся методические рекомендации для выполнения такого анализа, в работе (Graham, Midgley, 2000) приведен алгоритм «Graham and Midgley's spreadsheet method», позволяющий создавать треугольные диаграммы на основе параметров a , b и c .

Ограничением метода является потребность в значительном количестве материала (100–200 галек по три измерения на каждой (Разумихин, 1965)), а также заметные искажения результатов статистики, вызванные примесью гальки первично-трещиноватых, слоистых, сланцеватых и гнейсовидных пород. Для данного метода оптимально использовать гальку массивных однородных пород, форма которых обусловлена именно условиями окатывания.



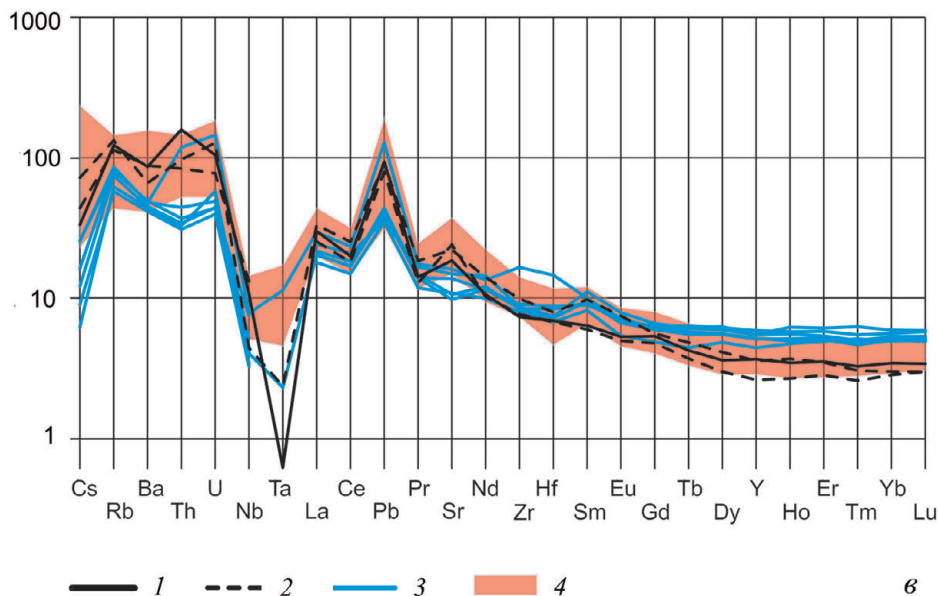


Рис. 3 (с. 376–377). Состав камня из сооружений Фанагории

a – треугольные диаграммы коэффициентов формы гальки из причала; левая – первая группа из «габионов», правая – вторая группа из осадков около причала (см. текст): 1 – речные и моренные; 2 – гляциофлювиальные и временных водотоков; 3 – прибрежно-морские (по: *Ялышева, 2013*); *б* – диаграмма $\text{SiO}_2\text{--Na}_2\text{O+K}_2\text{O}$, на основе которой выполнена кластеризация выборки пород: 1 – андезиты; 2 – трахиандезиты; 3 – трахиандезибаазальты; 4 – прочие разности; 5 – вулканы острова Эгина; 6 – вулканы Южно-Эгейской островной дуги по данным (Geogosc); *в* – диаграмма распределения редкоземельных элементов в образцах из причала Фанагории и в вулканах острова Эгина. Значения нормированы на содержания в хондрите CI (по: *Sun, McDonough, 1989*): 1 – андезиты пробы, для которой был определен изотопный возраст; 2 – обедненные РЗЭ; 3 – обогащенные РЗЭ; 4 – поле пород с острова Эгина. Составы пород с о. Эгина (по: *Elburg, Smet, 2020*)

Гальки, найденные в теле фанагорийского причала и около него, использовались как вспомогательный источник данных, нами изучены 2 выборки размером от 2 до 6 см. Первая выборка в составе 150 окатанных и полуокатанных галек отобрана из тела причала, из слоя с остатками плетеных корзин из растительных волокон. Мы полагаем, что эти корзины были наполнены галькой и выполняли функцию габионов. Вторая группа включает в себя 193 окатанных и полуокатанных галек, отобранных из донных осадков к западу от причала (рис. 3: *a*).

Первая группа галек из габионов представлена преимущественно вулканическими породами, близкими по составу к валунам, из которых построен причал. Весьма вероятно, что эта галька происходит из тех же локаций, что и валуны.

Вторая группа галек включает более широкий спектр пород: известняки, песчаники и вулканиты. Распределение коэффициентов формы показало, что галька из габионов является речной галькой или галькой временных водотоков (рис. 3: *a* левая), в то время как галька из осадков рядом с причалом скорее занимает поле прибрежно-морской гальки и галек временных водотоков (рис. 3: *a* правая).

Присутствие в конструкции причала как валунов с морских побережий, так и речной гальки имеет логическое объяснение. Из-за особенностей прибрежной гидродинамики, морские пляжи могут быть сформированы мелким материалом (аккумулятивный берег, нанос и накопление материала) либо крупными обломками и валунами (эрозионный берег, разрушение береговых уступов). Так как основным строительным материалом в конструкции причала являются валуны, их отбирали на морских побережьях, где есть валуны, но намного меньше гальки. Мелкий материал, нужный для заполнения пустот между валунами, требовался в гораздо меньших объемах и мог быть собран в ближайших речных дельтах.

Вещественный состав каменного материала

Существенной проблемой при выборе аналитических методов для определения вещественного состава каменного сырья является широкий спектр лабораторных исследований, которые можно применить.

Петрографический анализ шлифов позволяет с высокой точностью определить состав и тип горной породы (минеральный состав, форма, соотношения минеральных частиц, пористость, характер вторичных преобразований), зафиксировать наличие или отсутствие микрофауны и наметить дальнейший комплекс лабораторных работ.

Перед петрографическим анализом мы визуально определили породы и объединили фрагменты одного состава в группы, затем изготовили шлифы из 1–3 образцов каждой группы.

Оказалось, что в конструкции причала присутствуют следующие породы: известняки, мраморы, мраморизованные известняки – 35–55 %; вулканические породы – 10–45 %; метаморфические породы (гнейсы, хлоритовые сланцы) – 5–25 %; песчаники, алевролиты – 5–10 %; плутонические породы (граниты, гранодиориты, граносиениты) – менее 5 %.

По результатам изучения шлифов мы отобрали наиболее пригодные для геохимических анализов слабоизмененные разности с четкими структурно-текстурными особенностями. Трудноопределимые породы неясного состава и плохой

сохранности далее не изучались, так как для них крайне сложно найти аналоги достаточной схожести.

Из всего спектра составов горных пород для дальнейших исследований были отобраны осадочные породы (мергели и песчаники) с микрофаунистическим остатками и магматические горные породы. К сожалению, методики локализации регионов происхождения осадочных и метаморфических горных (кроме мраморов) пород, не содержащих органические остатки, пока не столь показательны.

Горные породы, содержащие определяемые органические остатки

Осадочные горные породы – известняки, мергели, песчаники и в меньшей степени остальные – широко применялись в строительстве, так как относительно распространены и легко поддаются обработке. В силу своего происхождения эти породы часто содержат множество органических остатков микрофауны: наннопланктон, фораминиферы, остракоды, радиолярии, диатомовые водоросли. Эти группы удобны тем, что в относительно небольшом объеме породы содержится достаточное количество организмов для статистически достоверной выборки. Спектр применения микрофаунистических комплексов весьма широк, методика их анализа приведена в монографии (*Williams et al.*, 2017).

Анализ микрофаунистических остатков возможно использовать и для идентификации регионов происхождения материала: зная геологический возраст пород, можно проанализировать поля распространения горных пород соответствующего возраста и сузить предполагаемые области их происхождения. Анализ наннопланктона, найденного на балластных камнях судна Akko Tower wreck (Израиль), позволил определить возраст этих камней (верхний мел), но точно локализовать район их происхождения не удалось (*Bar et al.*, 2019). Анализ видового состава фораминифер, найденных на балластных камнях из реки Кейп-Фир (Северная Каролина, США) позволил установить их происхождение из миоцен-олигоценых комплексов Карибских островов (*Burdette, Smith*, 2014).

Сложностью при обработке микрофауны является определение конкретного района происхождения каменного материала среди полей распространения пород соответствующего возраста. Задача заметно упрощается при наличии априорных данных о возможных регионах происхождения камня, тогда достаточно будет сравнить результаты из нескольких комплексов и определить самый близкий по составу. Успешным примером такого подхода является локализация района происхождения известняков из построек Нового Иерусалима на основе изучения нескольких групп фаунистических остатков (*Алексеев и др.*, 2016). Для определения региона происхождения статуи из Музея Пола Гетти (США) выполнен анализ наннопланктона (*Williams et al.*, 2017), но задача свелась к подтверждению ранее высказанной гипотезы о ее изготовлении на о. Сицилия.

В результате исследований видового состава комплексов фораминифер, найденных на фрагментах карбонатных пород в теле причала Фанагории, мы локализовали два района их происхождения – область г. Хопа (черноморское побережье Турции), а также полуостров Тэке (средиземноморское побережье Турции) (*Хотылев и др.*, 2023).

Магматические горные породы

Вышеперечисленные методы, за исключением петрографического анализа, непригодны для изучения магматических (вулканических, plutонических) пород. При этом их доля в конструкции причала и в постройках Акрополя Фанагории составляет от 10 до 45 %, и именно они являются основным предметом наших исследований.

Ввиду специфики своего происхождения вулканические породы очень разного происхождения могут быть визуально сходны, поэтому мы идентифицировали их на основе геохимических параметров: химического состава, изотопных отношений, изотопного возраста пород (Туркина, 2008; Интерпретация..., 2001).

Химический состав магматических пород установлен двумя методами. Анализ петрогенных оксидов (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O) и малых элементов (Rb, Sr, Ba, Pb, Th, Zr, Nb) методом рентгеноспектрального флуоресцентного анализа выполнил А. И. Якушев в ИГЕМ РАН (г. Москва) (Методика..., 2010). Анализ рассеянных (Cs, Rb, Ba, Th, U, Ta, Nb, Sr, Pb, Zr, Hf, Y) и редкоземельных элементов (РЗЭ) методом масс-спектрометрии с индукционно-связанной плазмой на масс-спектрометре высокого разрешения с двойной фокусировкой Element-2 с разложением по стандартным методикам спекания выполнила Я. В. Бычкова в лаборатории кафедры геохимии геологического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова (Бычкова и др., 2016; 2018).

Для избранной серии образцов мы выполнили многокомпонентный химический анализ, так как это повышает достоверность результата и вероятность обнаружения аналогичных или сходных соотношений для более широкого набора элементов.

Оптимальным методом датировки магматических пород неизвестного возраста является анализ цирконов. Датирование 38 зерен циркона выполнил В. Б. Хубанов в Геологическом институте СО РАН (г. Улан-Удэ) по U–Pb изотопной системе методом лазерной абляции с индукционно-связанной плазмой и масс-спектрометрическим окончанием, с применением одноколлекторного магнитно-секторного масс-спектрометра с индуктивно связанной плазмой Element XR и установки для лазерной абляции NWR 213. Описание методики этого анализа приведено в: (Зайцева и др., 2016), методики обработки данных и расчета возраста приведены в: (Griffin et al., 2008; Ludwig, 2008).

Целесообразность проведения комплекса сложных анализов обусловлена тем, что в Средиземноморском регионе и вокруг него присутствует множество горных пород сходного возраста или сходного геохимического состава. Используя лишь один аналитический метод, мы получим длинный список возможных регионов происхождения изучаемых вулканитов, а при сопоставлении результатов различных методов появляется возможность значительно сузить область дальнейших поисков.

Избранные аналитические методы достаточно точны и достоверны даже в случае единичной пробы, но из-за естественной неоднородности горных пород даже близко расположенные фрагменты могут заметно различаться по геохимическим параметрам. Поэтому для исследований мы взяли не по одному образцу из нескольких групп пород, а по несколько образцов из пород близкого состава.

Таким образом, в результате анализов нами получено облако данных, которое с приемлемой достоверностью описывает параметры конкретного типа пород.

Приступая к изучению выборки материала из причала Фанагории, мы предполагали, что эти камни происходят с побережий Черного, Мраморного и Эгейского морей. Учитывая, что это весьма крупные площади, на которых распространено множество горных пород, установить каждый источник происхождения каменного материала пока представляется недостижимой задачей. Поэтому мы кластеризовали выборку магматических горных пород на основании их химического состава (содержания SiO_2 и $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$), и дальнейшее уточнение регионов их происхождения проводили только среди групп образцов с близкими составами. На диаграмме видно, что фигуративные точки пород образуют несколько изолированных скоплений в полях трахиандезитов (рис. 3: б, 2), трахиандезибазальтов (рис. 3: б, 3), трахидацитов. Так как самое крупное и при этом компактное облако образуют точки в полях андезитов (рис. 3: б, 1), именно эта группа и была выбрана для анализа. Этот выбор обусловлен и тем, что цирконы, позволяющие определить возраст пород, в значительных количествах содержатся в андезитах и дацитах, и крайне редко встречаются в базальтах и трахибазальтах.

В группу включен 21 образец, для каждого из них определены содержания петрогенных оксидов, для 19 из них – содержания малых элементов, для 10 из них – содержания рассеянных и редкоземельных элементов. Все образцы группы обладают сходными содержаниями петрогенных оксидов и достаточно близки между собой по составу.

Затем мы сравнили содержания рассеянных элементов, которые являются надежными маркерами условий формирования пород и позволяют различить породы, происходящие из разных комплексов, но при этом близкие по содержанию петрогенных оксидов. Для сравнения применялась стандартная мультиэлементная диаграмма, на которой приведены содержания компонентов, поделенные (нормированные) на их содержания в эталоне «примитивная мантия» (по: *Sun, McDonough*, 1989). Методика построения подобных диаграмм описана в: (*Туркина*, 2008; Интерпретация..., 2001).

Все образцы группы имеют общие черты: они обогащены свинцом, рубидием, барием, торием и ураном; обеднены ниобием и танталом. На диаграмме (рис. 3: в) это выражается в схожей форме кривых, соответствующих отдельным образцам. Следует отметить и небольшое различие: образцы подразделяются на две подгруппы – обедненные тяжелыми РЗЭ и обогащенные торием, ураном, свинцом, рубидием и барием (рис. 3: в, 1, 2), и все остальные, обогащенные тяжелыми редкоземельными и обедненные прочими элементами (рис. 3: в, 3). Это различие с высокой вероятностью является результатом локальной специфики формирования расплавов и не свидетельствует о принадлежности образцов к различным районам формирования.

Характер распределения рассеянных элементов свидетельствует о том, что выборка образцов весьма однородна, с большой вероятностью они формировались в сходных региональных геологических условиях. Выявленные различия в содержании ряда элементов могут указывать на разные комплексы – например, формирование в одной островной дуге, но в разных вулканических аппаратах или в разное время.

Для определения возраста пород выбран один образец андезитов, соответствующий следующим критериям:

- объем материала должен быть достаточно велик, так как для извлечения 100–120 зерен цирконов нужно минимум 5 кг камня;
- порода выбранного образца должна быть широко представлена среди изучаемой выборки, чтобы вывод о возрасте/происхождении можно было экстраполировать на значительную часть каменного материала причала;
- порода выбранного образца должна хорошо определяться визуально, чтобы можно было количественно оценить объем материала, привезенного из этой локации.

Для датирования выбраны светло-серые, розоватые, иногда коричневатые, густо-порфиновые, массивные, местами неотчетливо-флюидальные андезиты (рис. 3: з). Вкрапленники в породе представлены коротко-призматическим белым сахаровидным плагиоклазом с тонкой зональностью, размером 3–4 мм (до 17–20 %), удлиненно-призматическими кристаллами черной и красновато-бурой роговой обманки размером от 1 до 5–6 мм (5–10 %, варьирует). Также отмечены немногочисленные округлые кристаллы кварца до 2 мм (1–3 %). В результате изучения 39 зерен хорошо оформленных красновато-коричневых цирконов их средний возраст определен как $3,686 \pm 0,051$ млн лет, что соответствует среднему плиоцену (Хотылев и др., 2022а).

Определение регионов импорта каменного материала

В результате анализа формы и состава камней выделена группа образцов. Стараясь определить регионы их происхождения, мы исходили из следующих тезисов:

- каменный материал окатан, т. е. отобран на морском побережье;
- каменный материал происходит с побережий Черного, Мраморного или Эгейского морей, вероятно, из районов вблизи центров керамического производства, продукция которых поступала в Фанагорию в первые века развития города;
- в районах отбора каменного материала должны присутствовать проявления вулканизма возрастом 5–2,5 млн лет.

Мы исключили из рассмотрения ареалы неоген-четвертичного внутриконтинентального вулканизма в Турции и Армении, расположенные на значительном удалении от морских побережий (Kaygusuz et al., 2018). Вулканы в этих регионах расположены слишком далеко от моря, чтобы их материал мог быть вынесен на побережье в виде крупных валунов.

Вулканыты восточного побережья Эгейского моря относятся к интервалу 15–20 млн лет (Seghedi, Helvacı, 2016; Karaoğlu 2014), поэтому этот регион нами также не рассматривался.

Вулканические образования Эльбруса и Казбека (Центральный Кавказ) (Лебедев, Вашикидзе, 2014; Лебедев и др., 2010) не включены нами в сравнение, так как этот регион дренируется реками бассейна Терека и Баксана, впадающими в Каспийское море, и местный каменный материал не мог быть вынесен на побережье Черного моря или в долину реки Кубань. Отдельно следует отметить, что породы подобного возраста отсутствуют и в ближайшем к Фанагории районе развития магматических пород – на Крымском полуострове.

Таким образом, ближайшим к Фанагории регионом, где на морских побережьях расположены вулканические комплексы искомого возраста, является бассейн Эгейского моря. Здесь вулканические образования развиты очень широко и представлены широким ассортиментом пород, датируемых возрастом от 50 млн лет до современности (рис. 1: б) (*Karaoğlu*, 2014; *Elburg, Smet*, 2020; *Seghedi Helvacı*, 2016; *Pe-Piper, Piper*, 2002).

Вулканические комплексы интересующего нас возраста (5–2,5 млн лет) наиболее широко развиты в центральной части Эгейского моря в пределах Южно-Эгейской островной дуги (*Pe-Piper, Piper*, 2002). Дуга включает вулканы северного побережья: Эгина, Метана, Милос, часть архипелага Киклады (острова Милос, Санторини) и Южные Спорады (Нисирос, Яли, Кос). Многие из этих вулканических центров активны до настоящего времени – извержения вулканов Метана, Милос, Нисирос, Колумбо, Санторини происходили относительно недавно.

Вулканическая активность в пределах Южно-Эгейской островной дуги началась около 5 млн лет назад и развивалась неравномерно (Там же): древнейшие вулканические комплексы расположены на западе дуги, а в центральной и восточной частях у вулканизма более молодой возраст. В интересующий нас временной интервал (3–4 млн лет) вулканическая активность отмечена на острове Эгина (*Aegina, Egina*), на острове Милос и в местечке Кроммён (*Crommyonia, Crommyon*) – на побережье Саронического (Афинского, Сароникос) залива (рис. 1: б, в).

Все образцы найденных в Фанагории андезитов обеднены танталом и ниобием, обогащены крупноионными элементами: свинцом, барием, рубидием, торием и ураном (рис. 3: в). Такое соотношение типично для пород, формировавшихся в условиях островных дуг (Интерпретация..., 2001), и соответствует условиям Южно-Эгейской островной дуги. Для определения района происхождения изучаемых андезитов следует сравнить их с одновозрастными комплексами Эгины, Милоса и Кроммёна.

Для сравнения использованы 53 пробы разновозрастных вулканических комплексов Эгины (*Elburg, Smet*, 2020; 2018), также более 1500 значений из базы данных Геогоск, содержащей результаты анализов пород многих комплексов Южно-Эгейской островной дуги.

Породы Кроммёна отличаются повышенной кремнекислотностью и низкими содержаниями TiO_2 , породы острова Милос по геохимическим характеристикам близки вулканитам Эгины и прочих центров Южно-Эгейской островной дуги. Значимые различия выявлены только в содержаниях РЗЭ: породы Милоса обладают отрицательной аномалией европия. Лучшее всего это различие заметно в значениях отношений Eu/Gd , Lu/Gd и Sm/Eu – фигуративные точки проб Милоса и Эгины образуют два изолированных облака, а точки образцов из Фанагории расположены в облаке точек Эгины. Мы считаем возможным использовать эти соотношения для сравнения проб, так как РЗЭ, как и титан, устойчивы к вторичным преобразованиям, и их содержания не изменяются во вторичных процессах. Таким образом, по своим геохимическим характеристикам все найденные в Фанагории андезиты аналогичны андезитам Эгины и существенно отличаются от вулканических пород Милоса и Кроммёна.

Андезиты Эгины, описанные в работе М. Элбурга и И. Смета по геохимии вулканических пород с островов Эгина и Порос (*Elburg, Smet*, 2020), идентичны

андезитам из Фанагории не только по геохимическим характеристикам, но и по облику, структуре, размерам кристаллов и минеральному составу. Это важно, так как близкие по геохимическим характеристикам породы могут формироваться в разных условиях: например, лава и пепел одного состава могут быть абсолютно одинаковыми по геохимии, но принципиально разными по структуре. Структурно-текстурные особенности и геохимические параметры позволяют сделать вывод, что найденные в Фанагории андезиты происходят именно с Эгины.

Таким образом, андезиты изучаемой выборки были привезены для строительства фанагорийского причала с острова Эгина в Эгейском море. Оценивая масштаб поставок камня с Эгины в Фанагорию, мы полагаем, что андезиты составляют не менее 5–7 % общего объема каменного материала в конструкции причала, т. е. их вес составляет не менее 2500–3500 т.

Следует отметить, что в пределах Южно-Эгейской островной дуги отсутствуют вулканические породы щелочного ряда (базаниты–фонотефриты), широко представленные среди каменного материала фанагорийского причала (рис. 3: б). Несомненно, что эти породы привезены в Фанагорию не из района Южно-Эгейской островной дуги, а из иного региона.

Идентификация района происхождения андезитов позволяет утверждать, что в IV–III в. до н. э. из Афинского залива и иных регионов в Фанагорию поступали крупные объемы необработанного строительного камня. Так как состав и облик вулканитов из конструкции причала и из построек фанагорийского Акрополя очень близки между собой, они с высокой вероятностью происходят из одних и тех же районов. В частности, в постройках Акрополя найдены (*Хотылев и др.*, 2022б) андезиты, аналогичные описанным в настоящей статье и также происходящие с Эгины.

Являются ли широкомасштабные поставки строительного камня из отдаленных регионов в Фанагорию уникальным явлением или же камень импортировали и соседние города Боспорского царства? Постройки Пантикапея (современная Керчь, 40 км к северо-западу от Фанагории) выполнены из известняка, вырубленного в близлежащих каменоломнях, поэтому сколь-нибудь массовый импорт необработанного строительного камня в столицу Боспорского царства представляется нецелесообразным. Рекогносцировочный анализ каменного материала из построек античной Гермонассы (ст. Тамань, 20 км к западу от Фанагории) показал полное преобладание местных органогенных известняков, происходящих, вероятно, из прибрежных рифовых гряд, доступных для добычи камня в период Фанагорийской регрессии уровня Черного моря (*Giaime et al.*, 2016; *Fouache et al.*, 2012; *Дикарев*, 2011; *Brückner et al.*, 2010). Тем не менее при осмотре примерно 1000 камней из построек Гермонассы мы выявили 10 валунов крупнопорфировых базальтов, трахиандезибазальтов, диоритов и гнейсов, аналогичных найденным в конструкции причала и в постройках Акрополя Фанагории. Вероятно, эти камни были привезены в Гермонассу из тех же регионов, но объем этих поставок по сравнению с Фанагорией несопоставимо мал. Данные о составе импортного каменного материала, использованного для строительства в иных полисах Северного Причерноморья, очень немногочисленны. В составе построек Ольвии идентифицированы базальты с островов Эгейского моря – Эгины, Лемноса, Санторин и Нисироса (*Петрунь*, 1967). Несомненно, что этот материал действительно

происходит из отдаленных регионов, но доступные в 1960-х гг. методы химического анализа не отличались высокой точностью, что вызывает сомнения в достоверности заявленных идентификаций.

Изделия из камня с древнейших времен входили в состав судовых грузов. К настоящему времени известно более сотни затонувших судов, перевозивших каменные изделия (*Russel*, 2013a), почти все из них датируются периодами II–I вв. до н. э. и II–III вв. н. э. Крупные каменные блоки и изделия, по всей вероятности, перевозились на специализированных судах (*Haussoullier*, 1926).

В частности, судно *Kizilburun*, затонувшее у побережья Турции в I в. до н. э., перевозило 8 мраморных барабанов колонн диаметром 1,75 м и весом до 7 т каждый, уложенных вдоль киля, а также мраморные плиты, капители, лутерии, стелы и т. п. (*Littlefield*, 2012).

Судно *Skerki Bank F*, затонувшее около Сицилии в середине I в. н. э., было загружено заготовками колонн общим весом до 200 т (Там же).

Судно *Torre Sgarrata*, затонувшее вблизи Тананто в конце II в. н. э., перевозило мраморные блоки и саркофаги общим весом 160 т (*Hocker*, 1995).

Представляется, что малоразмерный строительный камень не требовал для перевозки специализированного транспорта, а перевозился на обычных «круглых» судах (*Петровский*, 2020). Это подтверждает находка судна *Maagan Michael*, затонувшего в Средиземном море вблизи Хайфы около 400 г. до н. э. При длине 13 м и ширине 4,1 м оно перевозило 13 т необработанных глыб (размером около 0,5 м) голубых сланцев с Евбеи, габбро с острова Кипр и, возможно, породы с юго-западного побережья Турции (*Shalev et al.*, 1999).

Практика морских перевозок необработанного строительного материала известна и в римское время. В частности, в I в. до н. э. в Кесарию (*Caesarea Maritima*, Израиль) для строительства порта было привезено из Италии не менее 17 300 кубометров пуццоланы и 8700 кубометров извести (*Votrubá*, 2007), притом что плавание в обе стороны по этому маршруту занимало почти 2 месяца (*Casson*, 1971).

Заключение и выводы

Применение комплексного подхода к изучению строительного камня потенциально позволяет определить условия и регионы его происхождения.

Окатанность валунов и следы морских организмов доказывают, что валуны собраны на морских побережьях, скорее всего – вблизи портов. Доля валунов в конструкции причала Фанагории составляет 40–45 % от всего объема каменного материала, что соответствует весу приблизительно в 20 000 т.

Коэффициенты размерности и окатанности галек, найденных в конструкции причала, свидетельствуют о ее происхождении и с морских побережий, и из речных дельт. Галька вулканических пород, близких по составу к валунам, вероятнее была окатана в речных условиях, вероятно – в дельтах рек вблизи портов, где на суда загружали валуны.

Применение комплексной методики анализа вулканических пород, включающей петрографию, геохимию и изотопные отношения, позволило идентифицировать один из районов происхождения каменного материала, использованного для строительства фанагорийского причала. Результаты геохимических и изотопно-

геохронологических исследований доказывают, что значительный объем андезитов в Фанагорию привезли с острова Эгина в Афинском заливе.

Следует отметить, что выполнить эту идентификацию удалось только благодаря комплексному характеру исследования: изучение результатов анализов по отдельности не позволило бы сделать однозначный вывод из-за присутствия в регионе множества вулканических комплексов близкого возраста со сходными геохимическими характеристиками.

Вулканические породы субщелочной и щелочной серии (базаниты–фонотефриты), в значительном количестве найденные в конструкции фанагорийского причала, в пределах Южно-Эгейской островной дуги отсутствуют. Следовательно, эти породы были привезены в Фанагорию, из иных районов, которые еще предстоит установить.

В результате анализов микрофауны удалось установить еще два района, откуда каменный материал поступал в Фанагорию – область г. Хопа (черноморское побережье Турции) и полуостров Тэпе (средиземноморское побережье Турции). Это дополнительно подтверждает нашу гипотезу, что поставки строительного материала в Фанагорию осуществлялись из целого ряда портов, расположенных на побережьях Средиземного, Эгейского и Черного морей.

ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев А. С., Леушина И. В., Панасьян Л. Л., 2016. Значение геологической информации при реставрации исторических памятников, построенных с использованием «белого камня» // Вестник Российской академии естественных наук. № 1. С. 3–10.
- Бычкова Я. В., Николаева И. Ю., Ермина О. С., Цховребова А. Р., Шубин И. И., Стенников А. В., 2018. Методические особенности подготовки твердых геологических проб для мультиэлементного анализа методом ИСП-МС // Вестник МГУ. Серия 4: Геология. № 5. С. 53–59.
- Бычкова Я. В., Синицын М. Ю., Петренко Д. Б., Николаева И. Ю., Бугаев И. А., Бычков А. Ю., 2016. Методические особенности многоэлементного анализа горных пород методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой // Вестник МГУ. Серия 4: Геология. № 6. С. 56–63.
- Дикарев В. А., 2011. О Фанагорийской регрессии Черного моря // Вестник МГУ. Серия 5: География. № 1. С. 35–40.
- Зайцева М. В., Пупышев А. А., Щапова Ю. В., Вотяков С. Л., 2016. U–Pb датирование цирконов с помощью квадрупольного масс-спектрометра с индуктивно-связанной плазмой NexION 300S и приставки для лазерной абляции NWR 213 // Аналитика и контроль. Т. 20. № 4. С. 294–306.
- Интерпретация геохимических данных: Учеб. пособие / Е. В. Складаров и др.; под ред. Е. В. Складарова., 2001. М.: Интермет Инжиниринг. 288 с., ил.
- Лебедев В. А., Чернышев И. В., Чугаев А. В., Гольцман Ю. В., Баирова Э. Д., 2010. Геохронология извержений и источники вещества материнских магм вулкана Эльбрус (Большой Кавказ): результаты K–Ar и Sr–Nd–Pb изотопных исследований // Геохимия. № 1. С. 45–73.
- Лебедев В. А., Ваиакидзе Г. Т., 2014. Четвертичные вулканы Большого Кавказа и их каталогизация на основе геохронологических, вулканологических и изотопно-геохимических данных // Вулканология и сейсмология. № 2. С. 29–45.
- Методика количественного химического анализа. – Рентгеноспектральное флуоресцентное определение фтора, натрия, магния, алюминия, кремния, фосфора, калия, кальция, скандия, ванадия, хрома, марганца, железа, кобальта, никеля, стронция, циркония, ниобия в горных породах, рудах и продуктах их переработки. – Федеральный научно-методический центр лаб. иссл. и сертификации минерального сырья ВИМС (Методика № 439-PC). М.: МПР РФ, 2010.
- Петровский В. М., 2020. Греческие торговые суда от архаики до эллинизма: дис. ... канд. ист. наук. Саратов. URL: <https://litgu.ru/knigi/history/485410-grechskie-torgovye-suda-ot-arhaiiki-do-jellinizma.html>

- Петрунь В. Ф., 1967. К методике изучения петрографии строительного камня античных городов Северного Причерноморья // КСИА. Вып. 109. С. 144–151.
- Разумихин Н. В., 1965. Экспериментальные исследования эволюции окатанности обломков горных пород. Л.: ЛГУ. 66 с.
- Туркина О. М., 2008. Лекции по геохимии мантии и континентальной коры: Учебное пособие / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск. 150 с.
- Фролов В. Т., 1993. Литология. Кн. 2.: Учеб. пособие. М.: Изд-во МГУ.
- Хотылев А. О., Ольховский С. В., Майоров А. А., Хотылев О. В., Хубанов В. Б., 2022а. Применение методов изотопной геохронологии для локализации регионов импорта каменного материала // Российские нанотехнологии. Т. 17. № 5. С. 603–615.
- Хотылев А. О., Хотылев О. В., Ольховский С. В., Майоров А. А., 2022б. Каменный материал некоторых построек акрополя Фанагории // ПИФК. № 3. С. 51–70.
- Хотылев А. О., Копачев Л. Ф., Латылова М. Р., Прошина П. А., Майоров А. А., Ольховский С. В., Щепелев Ф. С., 2023. Поставки строительного камня в Северную Причерноморье в середине 1-го тысячелетия до н. э. по данным микропалеонтологического анализа // Вестник МГУ. Серия 4: Геология. № 1. В печати.
- Четвериков Л. И., 2002. Геокинематика гальки // Вестник Воронежского ун-та. Серия: Геологическая. № 1. С. 79–84.
- Шафрановский И. И., 1968. Симметрия в природе. Л.: Недра. 184 с.
- Швецов М. С., 1934. Петрография осадочных пород. М.: Госгеолтехиздат. 416 с.
- Ялышева А. И. 2013. Новые данные о морфологии обломков пород из конгломератов верхнего докембрия и верхнего палеозоя Среднего и Южного Урала // Литосфера. № 6. С. 14–29.
- Bar A., Olivarius M., Boldreel L.-O., Sheldon E., Mart Y., Cvikel D., 2019. Analyses of ballast stones from the Akko Tower Wreck, Israel: A clue to the sailing route of the ship // JAS: Reports. Vol. 26. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.101911>
- Brückner H., Kelterbaum D., Marunchak O., Porotov A., Vött A., 2010. The Holocene Sea Level Story since 7500 BP – Lessons from the Eastern Mediterranean, the Black and the Azov Seas // QI. Vol. 225. P. 160–179.
- Burdette K. M. W., Smith M. S., 2014. The mineralogy, petrology, and provenance of ballast stones from the Cape Fear, North Carolina: 1725–1825 // Southeastern Geology. Vol. 50. P. 93–108.
- Casson L., 1971. Ships and Seamanship in the Ancient World. Princeton.
- Elburg M. A., Smet I., 2020. Geochemistry of lavas from Aegina and Poros (Aegean Arc, Greece): Distinguishing upper crustal contamination and source contamination in the Saronic Gulf area // Lithos. Vol. 358–359. URL: <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2020.105416>
- Elburg M. A., Smet I., Van den Haute P., Vanhaecke F., Klaver M., Andersen T., 2018. Extreme isotopic variation documents extensional tectonics in arc magmas from Methana, Greece. Lithos Vol. 318–319. P. 386–398.
- Fouache E., Kelterbaum D., Brückner H., Lericolais G., Porotov A., Dikarev V., 2012. The Late Holocene Evolution of the Black Sea – a Critical View on the So-called Phanagorian Regression // QI. Vol. 266. P. 162–174.
- Giaime M., Avnaim-Katav S., Morhange C., Marriner N., Rostek F., Porotov A. V., Baralis A., Kaniewski D., Brückner H., Kelterbaum D., 2016. Evolution of Taman Peninsula's Ancient Bosphorus Channels, South-West Russia: Deltaic Progradation and Greek Colonization // JAS: Reports. Vol. 5. P. 327–335.
- Graham D. J., Midgley N. G., 2000. Graphical representation of particle shape using triangular diagrams – An Excel spreadsheet method // Earth Surface Processes and Landforms. Vol. 25. P. 1473–1477.
- Griffin W. L., Powell W. J., Pearson N. J., O'Reilly S. Y., 2008. GLITTER: data reduction software for laser ablation ICP-MS / Ed. P. J. Sylvester. Laser ablation ICP-MS in the Earth sciences: Current practices and outstanding issues // Mineral. Association. Canada. Short Course. Vol. 40. P. 308–311.
- Haussoullier B., 1926. Inscriptions de Didymes. Comptes de la construction du Didymeion // Revue de Philologie. Vol. 50. P. 67–152.
- Hocker F., 1995. Lead Hull Sheathing in Antiquity // 3rd International Symposium on Ship Construction in Antiquity, 1989. Athens. P. 197–207.

- Karaoglu Ö.*, 2014. Tectonic controls on the Yamanlar volcano and Yuntdağı volcanic region, western Turkey: Implications for an incremental deformation // *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. Vol. 274. P. 16–33. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2014.01.013>
- Kaygusuz A., Aslan Z., Aydinçakir E., Yücel C., Gücer M. A., Şen C.*, 2018. Geochemical and Sr-Nd-Pb isotope characteristics of the Miocene to Pliocene volcanic rocks from the Kandilli (Erzurum) area, Eastern Anatolia (Turkey): Implications for magma evolution in extension-related origin // *Lithos*. Vol. 296–299. P. 332–351.
- Khotylev A., Olkhovskiy S.*, 2020. Geological Studies as a Source of Data on the Maritime Trade between the Cimmerian Bosphorus and the Mediterranean in the 1st Millennium BCE // *Skyllis*. Vol. 20. P. 97–107.
- Littlefield J. D.*, 2012. The hull remains of the late Hellenistic shipwreck at Kizilburun, Turkeya. University of Texas.
- Ludwig K. R.*, 2008. Isoplot V.4.15. A geochronological toolkit for Microsoft Excel // *Berkeley Geochronological Center Special Publications*. Vol. 4. P. 76.
- Pe-Piper G., Piper D. J. W.*, 2002. The igneous rocks of Greece. The anatomy of an orogen. Berlin. Stuttgart: Gebrüder borntraeger, 573 p.
- Russel B.*, 2013a. Roman and Late-antique Shipwrecks with Stone Cargoes: a New Inventory // *Journal of Roman Archaeology*. Vol. 26. P. 331–361.
- Russel B.*, 2013b. The Economics of the Roman Stone Trade. Oxford.
- Russel B.*, 2017. Stone Quarrying in Greece: Ten Years of Research // *Archaeological Reports*. Vol. 63. P. 77–88.
- Seghedi I., Helvaci C.*, 2016. Early Miocene Kırka-Phrigian Caldera, western Turkey (Eskişehir province), preliminary volcanology, age and geochemistry data // *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. Vol. 327. P. 503–519. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2016.09.007>
- Shalev S., Kahanov Y., Doherty C.*, 1999. Nails from a 2,400 Year Old Shipwreck: A Study of Copper in a Marine Archaeological Environment // *The Journal of the Minerals, Metals and Material Society*. Vol. 51/2. P. 14–17.
- Sneed E. D., Folk R. L.*, 1958. Pebbles in the lower Colorado River, Texas, a study of particle morphogenesis // *Journal of Geology*. Vol. 66. P. 114–150.
- Sun S. S., McDonough W. F.*, 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes // *Geological Society. London. Special Publications*. Vol. 42. P. 313–345.
- Votruba G. F.*, 2007. Imported Building Materials of Sebastos Harbour, Israel // *The International Journal of Nautical Archaeology*. Vol. 36/2. P. 325–335.
- Williams M., Hill T., Boomer I., Wilkinson I. P.* (eds.), 2017. The Archaeological and Forensic Applications of Microfossils: A Deeper Understanding of Human History. The Micropalaeontological Society, Special Publications. Geological Society, London.

Сведения об авторах

Хотылев Алексей Олегович, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, геологический факультет, Ленинские горы, 1, Москва, 119991, Россия; e-mail: akhotylev@gmail.com;

Ольховский Сергей Валерьевич, Институт археологии РАН, ул. Дм. Ульянова, 19, Москва, 117292, Россия; e-mail: ptakkon@yandex.ru;

Хотылев Олег Владимирович, АО «Зарубежгеология», ул. Новочеремушкинская, 69, Москва, 117418, Россия; e-mail: hot63@mail.ru;

Майоров Александр Александрович, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, геологический факультет, Ленинские горы, 1, Москва, 119991, Россия; e-mail: alex.yora@gmail.com;

Щепелев Федор Сергеевич, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, геологический факультет, Ленинские горы, 1, Москва, 119991, Россия; e-mail: shch_fed@mail.ru