

УДК 550.394.4/551.4.044
PACS 91.30.Px

СЛЕДЫ И ХРОНОЛОГИЯ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В СТЕНАХ ДРЕВНЕГО ГОРОДА МИРМЕКИЙ, ВОСТОЧНЫЙ КРЫМ

А.Н. ОВСЮЧЕНКО¹, А.М. КОРЖЕНКОВ¹, А.С. ЛАРЬКОВ¹, Ю.В. БУТАНАЕВ²,
А.В. МАРАХАНОВ¹, Е.А. РОГОЖИН¹

¹ Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия

² Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, г. Кызыл, Россия

Автор для переписки: А.С. Ларьков, e-mail: las119@yandex.ru

Поступила в редакцию 10.11.2020 г.; после доработки 17.02.2021 г.
Принята к публикации 19.02.2021 г.

Аннотация. Проведены обширные археосейсмологические работы в древнегреческом городе Мирмекий, относившемся к Боспорскому царству (Крым). Выявлены многочисленные разрушения и деформации зданий в археологических раскопках: разрывы в стенах, значительные наклоны целых стен зданий, повороты фрагментов стен и отдельных каменных блоков вокруг вертикальной оси. Эти комплекс деформации свидетельствует об их сейсмогенной природе. Выявлены следы нескольких сильных землетрясений (от трех до пяти в последних веках первого тысячелетия до н.э. и двух в первых веках н.э.). Для некоторых из них удалось определить направление прихода максимальных сейсмических колебаний. Интенсивность сейсмических колебаний достигала IX баллов. Полученные материалы должны послужить целям более достоверной оценки сейсмической опасности территории Крымского полуострова и влияния природных катастроф на цивилизационное развитие этого региона.

Ключевые слова: археосейсмология, палеосейсмология, сеймотектоника, долговременный сейсмический режим, Крым, Керченский полуостров

DOI: <https://doi.org/10.21455/VIS2021.2-1>

Цитирование: Овсюченко А.Н., Корженков А.М., Ларьков А.С., Бутанаев Ю.В., Мараханов А.В., Рогожин Е.А. Следы и хронология сильных землетрясений в стенах древнего города Мирмекий, Восточный Крым // Вопросы инженерной сейсмологии. 2021. Т. 48, № 2. С. 5–42. <https://doi.org/10.21455/VIS2021.2-1>

ВВЕДЕНИЕ

За последние 250 лет Восточный Крым не подвергался сильным землетрясениям, поэтому тема землетрясений здесь звучит экзотически. Однако следы сильных землетрясений сохраняют памятники истории, рельеф и слои молодых отложений. Было показано, что во многих сейсмоактивных районах временной интервал между сильными землетрясениями может составлять несколько сотен и даже тысяч лет. Изобилие и часто относительно хорошая сохранность многочисленных археологических памятников различных эпох, построенных

в Крыму за последние две с половиной тысячи лет, создают благоприятные условия для археосейсмологических исследований. При использовании современного арсенала методов археосейсмологии каждый архитектурный памятник древности выступает как уникальный свидетель сильных землетрясений отдаленного прошлого.

Мирмекий – один из наиболее полно исследованных археологических памятников античного государства Боспор. Среди прочих памятников Восточного Крыма Мирмекий выделяется очень хорошей хронологической

представительностью строительных остатков для всего античного периода. Здесь оказались зафиксированы все основные события не только политического, но и природного характера почти за восемь веков.

Исследованные нами в 2015–2019 гг. руины и скальное основание древнего города Мирмекий несут на себе явные следы одномоментных разрушений. Выявление их причин является целью настоящего исследования.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Особенности сейсмических поврежденных строительных конструкций, используемые в данном исследовании, были предварительно прокалиброваны при исследовании сильных Кочкор-Атинского, Суусамырского (оба – 1992 г.) и Кочкорского (2006 г.) землетрясений в Киргизии [Korzhenkov, Mazar, 1999; Корженков, Лемзин, 2000; Корженков и др., 2006], а затем разработанные на этой основе методы поиска и идентификации сейсмогенных повреждений археологических объектов и параметризации вызвавших их сейсмических воздействий были успешно использованы при археосейсмологических исследованиях не только в Киргизии [Корженков и др., 2016б, д, е; Стрельников, Корженков, 2020], но и в Армении [Корженков и др., 2015], Болгарии [Рогожин и др., 2019; Корженков и др., 2020в, д; Минчев и др., 2020], Германии [Korjenkov et al., 2008], Грузии [Корженков и др., 2017а], Израиле [Korjenkov, Erickson-Gini, 2003; Korzhenkov, Mazar, 2014], Иордании [Al-Tarazi, Korjenkov, 2007; Korjenkov, Schmidt, 2009], Казахстане [Korjenkov et al., 2003], России [Гмыря и др., 2019; Корженков и др., 2020б] и Узбекистане [Корженков и др., 2019е, 2020г].

Большой объем археосейсмологических исследований выполнен нами за последние годы на территории Западного Кавказа и Крымского полуострова [Винокуров и др., 2015; Овсяченко и др., 2015, 2016, 2017а, б, 2019а, б; Белик и др., 2016; Корженков и др., 2016а, в, 2017б, в, 2018а, б, 2019а–д, 2020а; Хапаев и др., 2016; Масленников и др., 2017; Соколова и др., 2017; Моисеев и др., 2018, 2019, 2020; Molev et al., 2019]. Такое широкое применение методов археосейсмологии в этом регионе объясняется наличием на его территории большого количества археологических объектов и архитектурных памятников, которые могли подвергаться сильным сейсмическим воздействиям в период VI в. до н.э. – XVIII в. н.э. [Никонов, 2015; Овсяченко и др., 2017а]. Полученные при этом результаты позволили выявить следы неизвестных ранее сильных землетрясений. Для этого региона, уровень сейсмической активности которого сравнительно низок, выявление каждого

землетрясения древности позволяет значительно уточнить его сейсмическую историю.

В настоящей работе использованы археосейсмологические методы, хорошо зарекомендовавшие себя при проведении многочисленных перечисленных выше исследований, в том числе, что особенно важно, и в Крыму. Наиболее полная сводка этих методов дана в статье [Корженков и др., 2020д].

ИСТОРИКО-АРХЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

История изучения Мирмекия начинается в 1820-х годах, когда П. Дюбрюкс составил его первую карту, однако систематические раскопки городища были начаты лишь в 1934 г. Боспорской экспедицией ИИМК (затем ЛОИА) АН СССР под руководством В.Ф. Гайдукевича [Гайдукевич, 1987]. Всю его территорию тогда предполагалось включить в зону строительства аэродрома, при этом западная часть городища уже использовалась для добычи камня, а на Карантинном мысу с этой целью даже производились взрывные работы [Виноградов, 2015]. В 1966 г. В.Ф. Гайдукевич скончался во время раскопок, после чего исследования Мирмекия были прекращены на много лет. С 1982 по 1994 г. работы были продолжены Мирмекийским отрядом Боспорской экспедиции ЛОИА АН СССР (ИИМК РАН) под руководством Ю.А. Виноградова. В 1999 г. была проведена совместная экспедиция ИИМК РАН и Эрмитажа, а с 2000 г. работы на городище ведет Мирмекийская экспедиция Эрмитажа во главе с А.М. Бутягиным [Бутягин, 2014]. В итоге к настоящему времени Мирмекий является одним из наиболее полно исследованных археологических памятников античного государства Боспор (см. <http://myrmekion.ru>).

Городище Мирмекий, как и большинство греческих колоний, расположено у моря, на берегу древнего Боспора Киммерийского – современного Керченского пролива (рис. 1, 2). Оно было основано на возвышенном останце массивных рифовых известняков, вдающемся в море в виде мыса с крутыми скальными склонами. В хорошую погоду отсюда отлично виден Таманский полуостров, который древние греки считали уже другим материком – Азией. Поселение возникло не на пустом месте, о чем свидетельствует обнаружение двух погребений, предположительно XI–IX вв. до н.э., и разрозненные находки эпохи поздней бронзы [Бутягин, 2019].

На протяжении античного периода Мирмекий, похоже, никогда не имел самостоятельного значения, находясь под влиянием расположенного неподалеку Пантикапея – столицы Боспорского царства. Первые греческие поселенцы появились в Мирмекии во второй

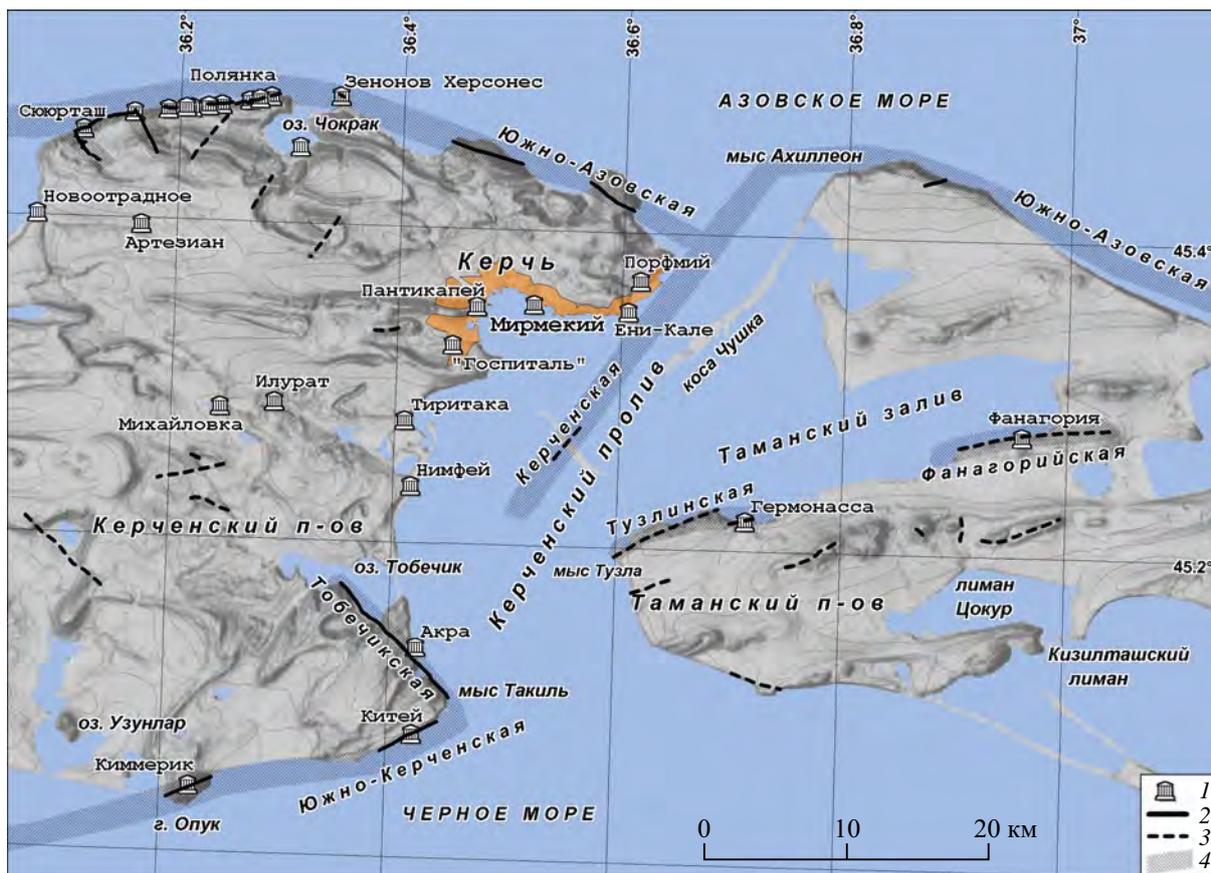


Рис. 1. Древние городища и очаги сильных землетрясений Керченско-Таманского региона

1 – архитектурные памятники древности со следами землетрясений, изученные авторами с использованием методов археосейсмологии; 2 – активные разломы с изученными следами сеймотектонических подвижек прошлого; 3 – флексурно-разрывные зоны и грязевулканические разломы; 4 – очаговые зоны сильных землетрясений по палео-, археосейсмологическим и геофизическим данным

четверти VI в. до н.э. [Бутягин, Виноградов, 2006]. В настоящее время не обнаружено никаких строительных объектов, которые можно было бы уверенно датировать временем до середины VI века до н.э. [Бутягин, 2017а]. К этому времени относятся несколько небольших ям, заполненных мусором, возникшим в результате пожара около середины VI века до н.э. О необычайной силе пожара свидетельствуют фрагменты амфор, спекшиеся под воздействием высокой температуры. Больше подобных находок в Мирмекии почти не зафиксировано, несмотря на то, что жизнь городища за время его существования изобиловала пожарами и разрушениями [Бутягин, 2017а]. Причины пожара остались неясными, поскольку наконечников стрел, обломков оружия и прочих находок, которые позволяли бы уверенно судить о вражеском нападении на поселение, в слое пожара обнаружить не удалось. После пожара подходы к наиболее возвышенному участку

городища – скале, служившей колонистам акрополем, были прикрыты оборонительной стеной, одной из самых ранних из известных на Боспоре [Виноградов, 2008].

В начале V в. до н.э. в Мирмекии возводятся большие дома с сырцовыми стенами на каменном цоколе, мощными дворами и улицами [Виноградов, 1992]. Поселение превращается в небольшой тесно застроенный городок, который вскоре разрушается, видимо, в результате нападения скифов, о чем красноречиво свидетельствуют находки в слое разрушения весьма показательных вещей: бронзовых наконечников стрел, некоторые из которых имеют погнутые острия (т.е. использованы в бою), деталей снаряжения скифских коней и т.д. [Виноградов, 1992]. Следы масштабного пожара датируются концом первой трети V в. до н.э. Мирмекий в этот период, как и весь Боспор, переживал очень непростое время – часть его территории на некоторое время опустела. Сразу после



Рис. 2. План городища Мирмекий с положением раскопов, упоминаемых в тексте. Составлен на основе космоснимка (<http://sat01.maps.yandex.net/tiles?l=sat&x=>) с использованием планов: [Гайдукевич, 1987; Виноградов, 2008 и др.]

этих событий на западном участке поселения, прилегающем к акрополю (раскоп «Р»), поверх разрушенных построек в спешке была возведена новая оборонительная стена, а старая укрепляется панцирем толщиной до 0.5 м [Виноградов, Тохтасьев, 1994]. Эти события находят отражение в известной политической истории – вероятно, они произошли во время объединения Боспора под главенством Археанактидов в 480 г. до н.э. в связи с отражением скифского натиска [Виноградов, 1992]. Однако кроме этих событий в северной части раскопа «И» были зафиксированы следы разрушений и пожара второй четверти V в. до н.э. [Бутягин, 2014]. Возможный политический контекст этих разрушений остается неясным.

Во второй половине V в. до н.э. Мирмекий достигает своего максимального размера и вступает в эпоху продолжительного расцвета [Бутягин, Виноградов, 2006]. Наиболее ранний из известных письменных источников, в котором упоминается Мирмекий – перипл Псевдо-Скилака (составлен не ранее конца IV в. до н.э.) – перечисляет его среди наиболее

значительных полисов европейского побережья Боспора – Феодосии, Китея, Нимфея и Пантикапея. В этот период, в конце V – начале IV в. до н.э. была построена оборонительная стена, охватившая всю площадь Мирмекия [Гайдукевич, 1987].

К периоду расцвета относится хорошо изученная постройка с алтарем, названная В.Ф. Гайдукевичем в честь богини плодородия Деметры (северная часть раскопа «И»). В 2003 г. здесь был открыт клад из 99 электроновых монет г. Кизика, заложенный во второй четверти – середине IV в. до н.э. под кладку «святилища Деметры», которое погребло в пожаре около середины IV в. до н.э. [Бутягин, 2014]. Также во второй четверти IV в. до н.э. погибли в пожаре и несколько богатых домов к северо-западу от акрополя [Бутягин, 2006а]. Ко второй четверти IV в. до н.э. отнесена гибель в пожаре здания в западной части городища (раскоп «С»), где под рухнувшей черепичной крышей среди керамических развалов обнаружено несколько наконечников стрел, части скелетов крупных рыб, костяк собаки и др., что рисует

отчетливую картину внезапной катастрофы [Виноградов, 1992].

Новая капитальная перестройка датируется второй половиной III в. до н.э. Уплотнение застройки Мирмекия в это время объясняется притоком нового сельского населения из поселков боспорской хоры, вызванным продвижением на запад сарматских племен и оттеснением скифов в Крым [Бутягин, Виноградов, 2006, с. 27–28]. Серединой или второй половиной III в. до н.э. датируется возведение новой оборонительной стены Мирмекия [Гайдукевич, 1987]. Стена восстанавливается с незначительными изменениями практически сразу после разрушения старой. Существенную перестройку в середине III в. до н.э. испытывают все основные строительные комплексы Мирмекия, а на месте разобранных сооружений возводятся новые дома и многочисленные винодельни, которые переживают реконструкцию в первой половине II в. до н.э. [Грицик, 2013]. Так, в центральной части раскопа «И» с восточной стороны большого здания в первой половине II в. до н.э. возводится стена, к которой несколько позже пристраивается дополнительное укрепление в виде контрфорсов [Грицик, 2013].

В середине I в. до н.э. Мирмекий переживает серьезные потрясения. После карательной экспедиции Митридата VI Евпатора против восставшего Махара, сына и наместника понтийского царя, и особенно после землетрясения 63 г. до н.э. жизнь города, по-видимому, практически прервалась – во второй половине I в. до н.э. город превращается в руины [Бутягин, Виноградов, 2006]. С этих пор Мирмекий больше не восстанавливается как город с плотной застройкой, каким он был с начала V в. до н.э., и не имеет оборонительной стены как боевого сооружения [Виноградов, 1992]. Во второй половине I в. до н.э. разрушенные постройки эллинистического периода III–I в. до н.э. были полностью сnivelированы и засыпаны насыпью толщиной до 1.5 м из старых культурных наслоений [Гайдукевич, 1987].

В конце I в. до н.э. Мирмекий становится вполне процветающим поселением, состоящим из нескольких крупных усадеб [Гайдукевич, 1987]. В самом начале I в. н.э. селение (городок) Мирмекий упоминается Страбоном, а в конце того же века – Плинием. Для первых веков н.э. постройки расположены разрозненно, отсутствует уличная сеть, хотя и найдены крупные рыбозасолочные и винодельческие комплексы.

Сплошная застройка римского времени открыта в последние годы к северо-востоку от скалы акрополя на раскопах «Т» и «ТС» [Бутягин, 2019]. Здесь были обнаружены две последовательно сменившие друг друга

усадьбы, одна из которых датирована I–II вв. н.э., а вторая – последней четвертью II–III в. н.э. Ранняя усадьба в результате разрушения оказалась под сплошным завалом небольших камней от развалившихся стен. Не исключено, что причиной этого было крупное землетрясение [Бутягин, 2017б]. В конце II столетия н.э. к востоку от скалы возникает новая усадьба, которая существует вплоть до полного разрушения античного поселения. Последние жители покидают Мирмекий на рубеже III–IV вв. н.э., после чего жизнь на городище надолго прекращается [Бутягин, 2019].

В VIII–IX вв. на территории городища возникает небольшое хазарское поселение, а в XIII–XIV вв. здесь располагалась крепость, известная на итальянских средневековых картах под названием Пондико [Бутягин, Виноградов, 2006]. Большое христианское кладбище, оставленное этим поселением, располагалось прямо поверх античных слоев.

В XIX в. здесь возникает портовый Карантин, затем артиллерийская батарея и пороховой погреб, взорванный в ходе Крымской войны [Виноградов, 2015]. В годы Великой Отечественной войны на территории Мирмекия шли бои. Как до, так и после войны здесь велись взрывные работы для добычи строительного камня [Бутягин, 2006а; Виноградов, 2015]. В итоге рельеф Карантинного мыса оказался почти полностью переработан деятельностью человека – вдоль берега моря в скале была выработана отвесная стенка, в результате чего побережье сместилось вглубь суши на 10–15 м, а на вершине мыса коренные известняки в возвышенных местах оказалась выведена на поверхность из-под мощных культурных наслоений разных эпох.

ПОЛУЧЕННЫЕ ДАННЫЕ

На всех археологических раскопах различных периодов в Мирмекии прежде всего бросаются в глаза **наклоны стен**. Так, длинная южная стена (I–III вв. н.э. [Античные..., 1984]) с азимутом простираения 260° наклонилась на север по азимуту 350° под углом до 65° (рис. 3, 4). Остаточная высота стены составляет 1 м.

Удлиненные элементы строительных конструкций, которые испытывают сильное динамическое воздействие перпендикулярно их простираению, могут испытывать либо изгиб (в плане), либо излом. Так, монолитная плита во внутреннем дворе винодельческого комплекса II–I вв. до н.э. [Грицик, 2013] начала, предположительно во время сильного древнего землетрясения, испытывать изгиб в западном направлении, а затем треснула (рис. 5). Длина вертикально вкопанной каменной

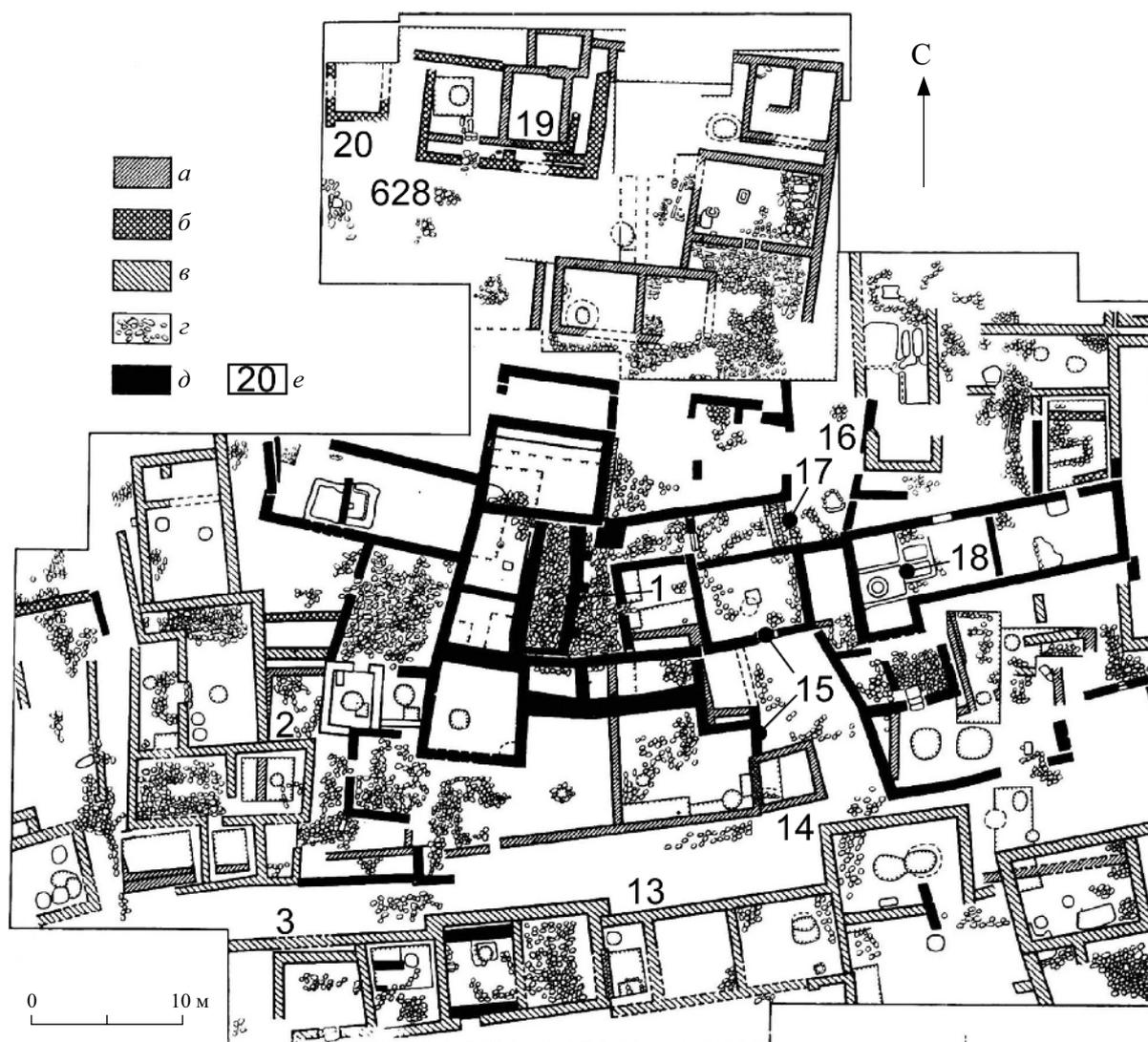


Рис. 3. Детальный план раскопа «И» (см. общий Рис. 2) ([Античные..., 1984, Таблица XXX] с нашими изменениями и дополнениями). *a* – VI–V вв. до н.э.; *b* – IV в. до н.э.; *c* – I–III вв. н.э.; *z* – вымостки; *d* – III–I вв. до н. э. (Составитель И.Г. Шургая по материалам П.Ф. Гайдукевича); *e* – номера наших точек наблюдения

плиты – 130 см, ширина – 20 см, видимая высота над дном раскопа – 32 см.

Восточная стена одного из помещений на раскопе «ТС» испытала сильные сейсмические колебания, направленные перпендикулярно ее простираию (в среднем по азимуту 30°). По этой причине верхние каменные блоки южного окончания стены выдвинулись на восток, а строительные блоки центральной части – на запад (Рис. 6); теперь эта стена имеет сигмоидальные в плане очертания. Помещение относится к самому позднему строительному периоду – усадьбе, существовавшей в последней четверти II – III вв. н.э. вплоть до полного

разрушения античного поселения [Бутягин, 2019].

Разрывы претерпевают не только сравнительно небольшие строительные конструкции, но и такие монументальные сооружения, как очень толстые и прочные оборонительные стены, специально предназначенные выдержать значительные динамические воздействия со стороны нападающего противника. В восточной части Мирмекия, на раскопе «М», наблюдается значительный разрыв оборонительной стены на всю ее видимую остаточную высоту (1 м) (рис. 7). К югу нижний ряд стены выдвигается наружу – к западу максимально на 20 см, и это его разворот по часовой стрелке.



Рис. 4. Значительный наклон субширотной стены I–III вв. н.э. на север. Раскоп «И», т.н. 13-2016



Рис. 5. Каменная плита – стенка кормушки испытала динамическое воздействие перпендикулярно ее простиранию, что привело к раскалыванию плиты. Азимут падения сколовой трещины – 170°, угол падения 66°. Раскоп «И», т.н. 18-2016



Рис. 6. Сигмоидальное изогнутие в плане стены ССВ простирания из-за выдвигения ее южной части на восток, а центральной части на запад. Северная часть стены не сохранилась. Вид на ЮЗ. Фото 2018 г.

Простирание северного – повернутого – участка стены составляет 12° ; азимут простирания южного фрагмента – 356° . Сам сколовый разрыв имеет азимут падения 154° при угле падения около 60° . Ширина стены в этом месте достигает 3.4 м.

Важно отметить, что этот разрыв и разворот отмечается лишь в западном фазе оборонительной стены, тогда как ее восточный фас в этом месте не поврежден. Подобный тип деформации однозначно свидетельствует о сейсмической природе динамического воздействия,

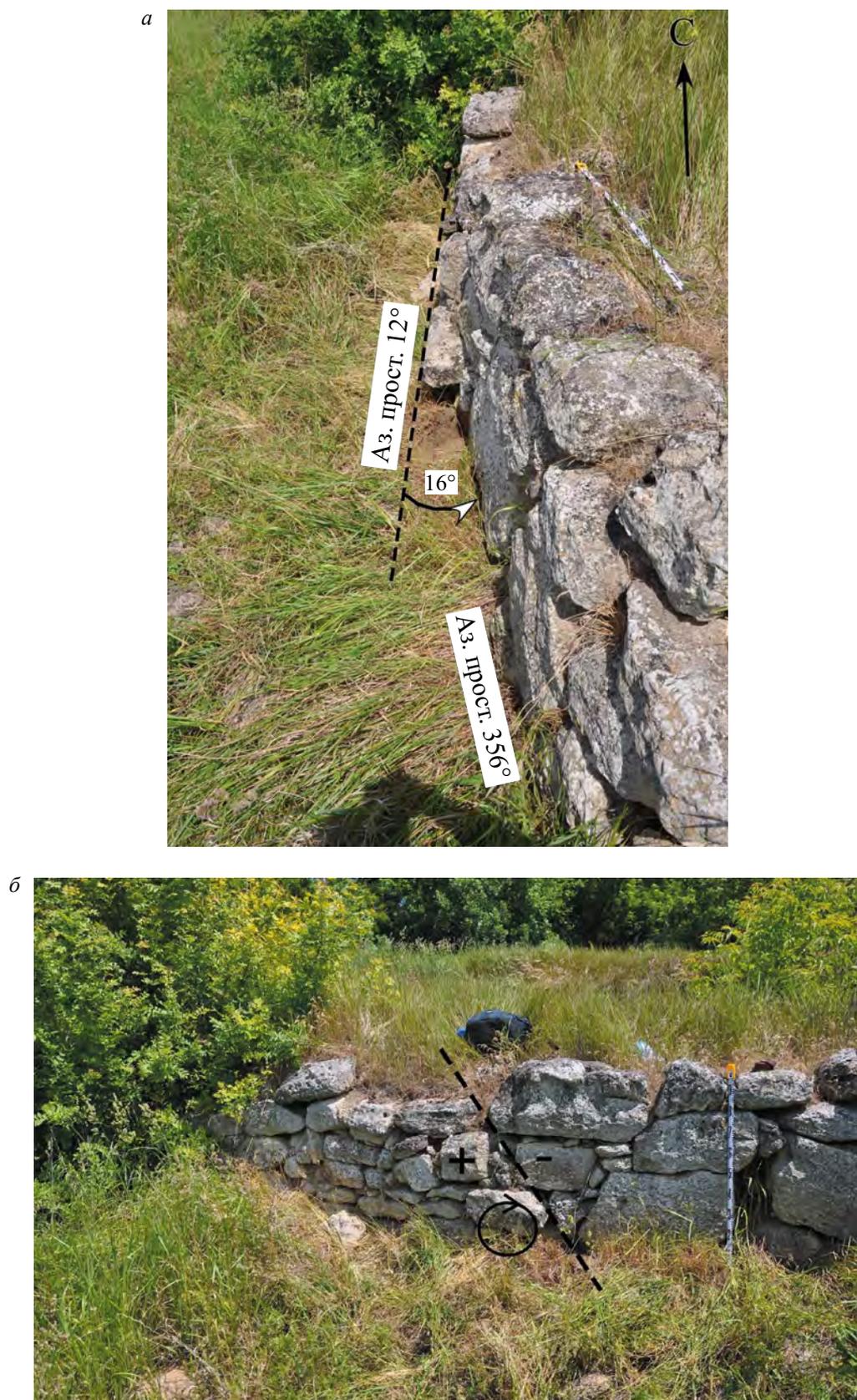


Рис. 7. Сколовый разрыв в восточной городской стене Мирмекия, приведший к развороту северного ее фрагмента по часовой стрелке на 16° и выдвигению на запад на 20 см

a – вид на север, *б* – вид на восток. Раскоп «М» в восточной части городища, т.н. 21а

поскольку в случае военных действий должен был бы быть поврежден восточный фас, встречавший нападавших с востока.

Аналогичный разворот на всю высоту городской стены, по-видимому, имел место также к югу – в 20 м мористее вышеописанной точки наблюдения. Верхняя сохранившаяся на высоту в 5–6 каменных блоков часть стены повернулась на 10° также по часовой стрелке (рис. 8) относительно нижнего ряда каменной кладки. Камни нижнего ряда имеют наклон под углом 80° на запад. Азимут простираения стены, в целом субмеридиональный, варьирует от 355°

до 4° . Виден сильный (от 60° до 75°) угол наклона каменных блоков на запад. В этом же направлении отлетали и камни, располагавшиеся когда-то сверху (рис. 9).

Подобная деформация однозначно свидетельствует, что древняя стена не была разрушена во время военных действий. Она была построена, чтобы защищать город от нападения с востока, поэтому при осаде и использовании таранов наклон и обрушение стены должны были бы наблюдаться в противоположном направлении.

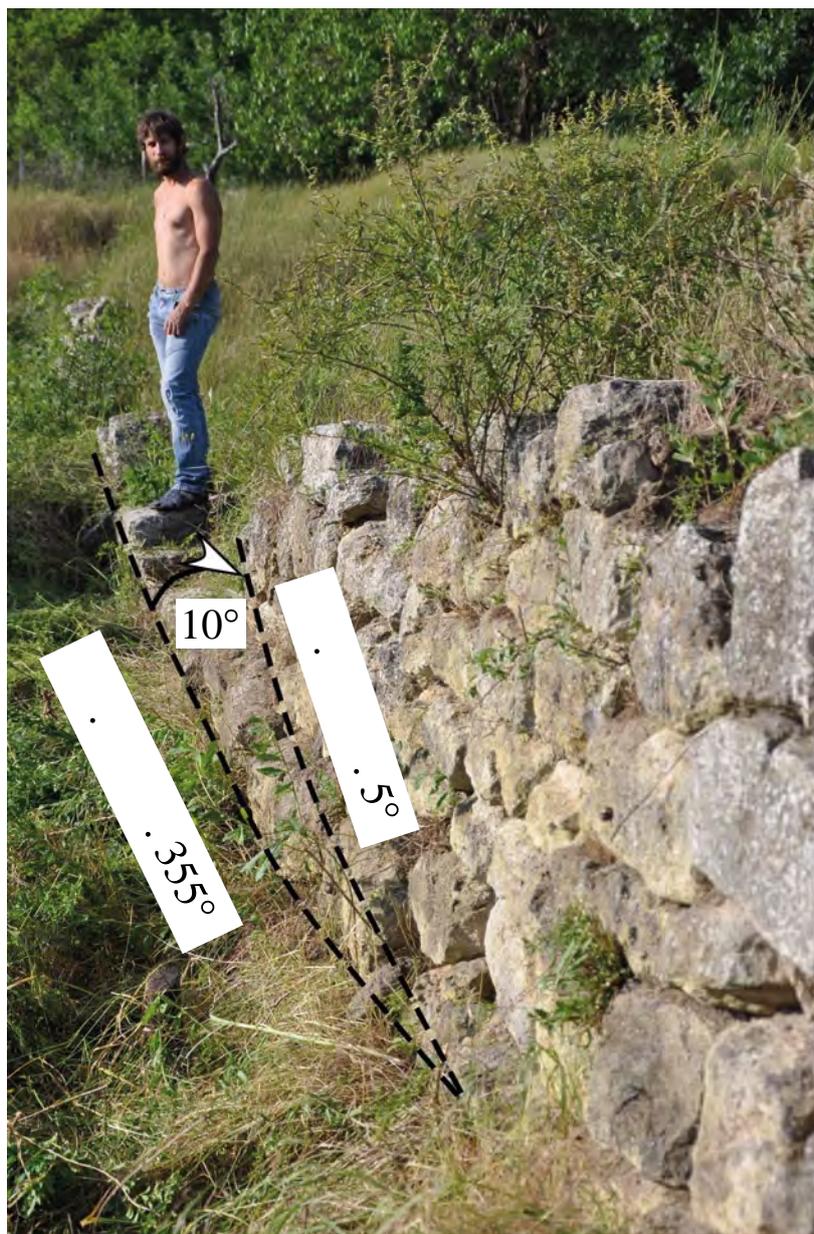


Рис. 8. Вероятный разворот верхней части городской стены на 10° градусов по часовой стрелке. Вид на север. Раскоп «М» в восточной части городища, т.н. 216



Рис. 9. Остатки двух разновозрастных городских стен Мирмекия. Обе испытали значительные деформации. См., описание в тексте. Вид на ЮВ. Раскоп «М» в восточной части городища, т.н. 21а

Еще одним примером сейсмически наведенного повреждения в ранней стене является флексурная (в плане) деформация, возникшая в результате правостороннего смещения стены над небольшим сейсмогенным разрывом (рис. 10). Северная часть стены (азимут простирания 174°) за флексурой сместилась на восток, а южная (азимут простирания 172°) – на запад. Азимут простирания стены в месте ее флексурного изгиба составляет 179° . Общая величина смещения составила 15 см. Толщина стены на участке деформации – 230 см, остаточная высота стены над уровнем раскопа – до 75 см.

Ранняя оборонительная стена Мирмекия на рассмотренном раскопе построена в конце V – начале IV в. до н.э. [Гайдукевич, 1987, с. 153]. Она функционировала до середины III в. до н.э., когда ее остатки разобрали, оставив нетронутыми лишь нижние ряды [Гайдукевич, 1987, с. 149]. Практически сразу после  была выстроена поздняя стена (рис. 11). Эти датировки позволяют полагать, что описанные деформации произошли в середине III в. до н.э., что привело к разрушению ранней стены, в результате чего позже прекра-

тила свое существование и вновь отстроенная оборонительная стена Мирмекия.

Описанные выше деформации возникли вследствие выхода небольших сейсмогенных разрывов на поверхность. Они рассекали древние стены перпендикулярно или под определенным углом. Наш следующий пример – выбивание участка стены в западной части раскопа «И» (точка наблюдения 2 на рис. 3). Стена принадлежит помещению, которое функционировало до второй половины III в. н.э. [Гайдукевич, 1987]. Здесь, по системе двух сопряженных сколов произошло выдвигание к западу участка стены субмеридионального простирания (рис. 12). Подобная деформация может возникнуть в случае действия очень значительных сжимающих усилий, направленных субпараллельно простиранию стены. Аналогичные деформации наблюдались нами и в других древних городах Крыма: Мангуп-Кале, Полянке, Сююрташе и др. [Масленников и др., 2017; Корженков и др., 2019г, 2020а].

Сильные сейсмические колебания, распространенные, по-видимому, из эпицентральной зоны к ЮЮЗ от Мирмекия, привели к отрыву субмеридиональной стены (рис. 12, II) от соседней к югу широтной стены I. Между



Рис. 10. Правосторонняя флексурная (в плане) деформация ранней оборонительной стены. Стрелками показано направления смещения. Пунктирная линия показывает исходное положение стены до смещения. Для масштаба – саперная лопатка в правой части снимка. Вид на СВ. Фото 2019 г.

стенами образовалось зияние шириной до 25 см. Широтная стена II развернулась (в плане) против часовой стрелки целиком на 17° , а смежная к северу субмеридиональная стена III в своей южной части по южному из описанных сопряженных сколов повернулась по часовой стрелке на 8° . По часовой стрелке развернулся и строительный блок на субширотной же стене I. Ширина деформированных стен – около 75 см, остаточная высота – до 45 см.

Сплюснутые устья колодцев, изначально округлые, являются прямым доказательством сейсмогенной природы деформации и простейшим инструментом для выявления направления действия максимальных сейсмических колебаний, используемого для определения направления на эпицентральною зону сильного землетрясения. Деформированный колодец был обнаружен нами в окружении стен III–I вв. до н.э. и I–III вв. н.э. В исследованном случае ширина устья колодца по азимуту 40° составила 90 см, а по перпендикулярному азимуту 140° – 65 см (рис. 13), что означает сжатие устья колодца вдоль оси СЗ–ЮВ, или короткую ось эллипсоида деформации. Сплюсывание

устьев колодцев использовалось нами в качестве кинематического индикатора сейсмической деформации при изучении других древних городов Крыма – Херсонеса [Ханаев и др., 2016] и Нимфея [Корженков и др., 2018a].

Систематические развороты отдельных каменных блоков или целых фрагментов стен – наиболее впечатляющее свидетельство сильных сейсмических колебаний. Мы уже описывали подобные развороты, связанные, в частности, с разрывами в городской стене Мирмекия. Аналогичные деформации были встречены нами в других стенах древнего города. Так, в северной части раскопа «И» южная стена «святилища Деметры» IV в. до н.э. [Чистов, 2004] шириной 60 см с генеральным простиранием 95° претерпела разрыв, а ее фрагмент длиной в 1 м развернулся против часовой стрелки на 10° (Рис. 14) на всю свою остаточную высоту (40 см). Следует отметить, что смежный небольшой приустьевой фрагмент стены был также вовлечен во вращение, однако этот поворот представляет собой элемент волочения (drag) и не может служить кинематическим индикатором сейсмических колебаний.

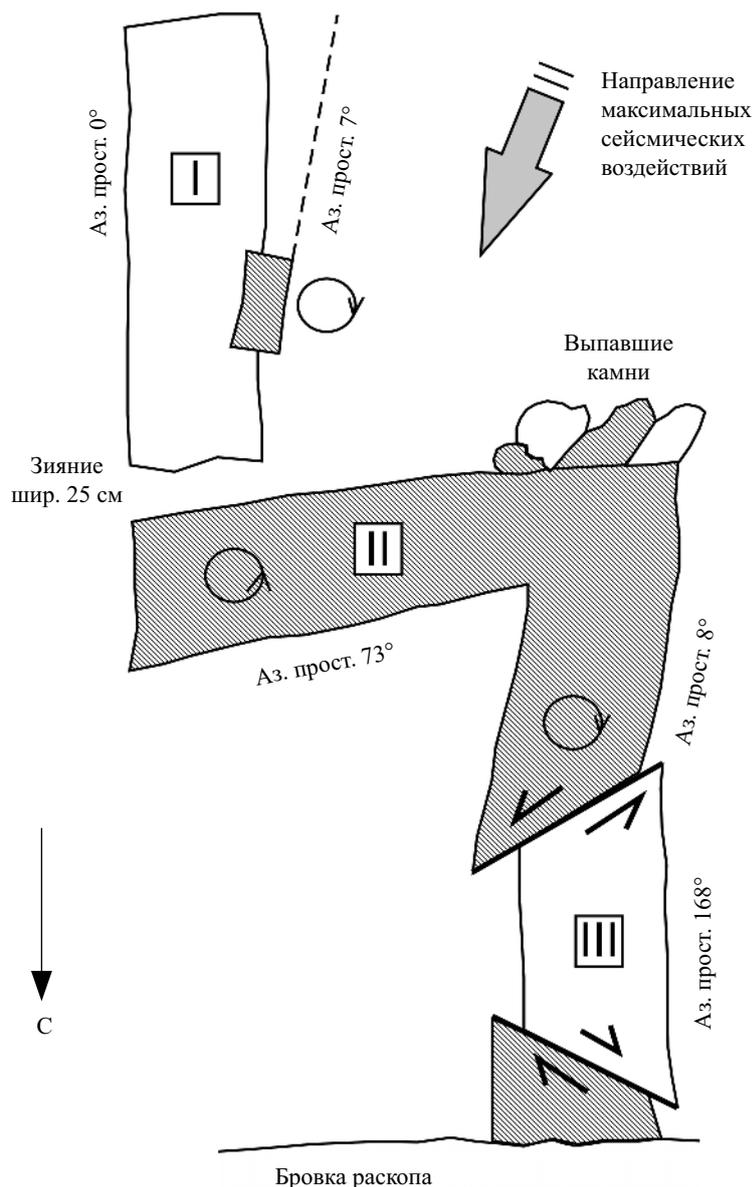


Рис. 12. Значительные деформации в остаточных нижних частях стен в одном из помещений в западной части раскопа «И» в Мирмекии, т.н. 2: выдвигание части стены по сопряженным сколам (показаны жирными линиями и стрелками), развороты частей стен по и против часовой стрелки, показанные соответствующими знаками. Для удобства описания в тексте стены пронумерованы латинскими цифрами

отметить, что подобный тип деформаций наблюдался нами в дорожной столовой в пос. Отмёк, сильно поврежденной при современном Суусамырском землетрясении (1992 г., $M_s = 7.3$, $I_0 = IX-X$ баллов) в Киргизии, а также был описан в руинах древнего Херсонеса в квартале XIII–XVIII Северного района [Ханаев и др., 2016].

Несовпадение простираций стен старой и новой застройки также может быть косвенным

свидетельством сейсмических событий. При сильном землетрясении старая стена была разрушена почти до основания или сильно повреждена, поэтому ее пришлось разобрать. Площадка под новое строение была выровнена; в ней могли сохраниться остатки фундамента старой стены.

Ярким примером такого несовпадения является квадратное помещение на раскопе «И» в СЗ углу «святилища Деметры». Верхние части широтных стен помещения наклонились на



Рис. 13. Сплюснутое устье колодца по оси СЗ-ЮВ. Мерная лента своей рулеточной частью направлена на север. Раскоп «И», т.н. 16-2016

север под углом до 62° (рис. 16), тогда как меридиональные стены имеют небольшой наклон на запад. Северная стена помещения имеет значительное несовпадение нижнего и верхних рядов каменной кладки. Нижний ряд камней датируется VI–V вв. до н.э.

Рассмотренные выше три участка (рис. 14–16) принадлежат кварталу города, сооруженному ближе к рубежу VI–V вв. до н. э. [Бутягин, 2014]. В составе квартала выявлено несколько отдельных домов с вымощенными камнем дворами и жилыми помещениями (рис. 17, а). В начале V в. до н. э. комплекс подвергся одной крупной перестройке, во время которой изменились очертания некоторых помещений и проведена подсыпка до 1 м грунта. Этот уникальный комплекс погибает в пожаре около второй четверти V в. до н.э. К последней четверти этого столетия его стены были разобраны и до рубежа V–IV вв. до н.э. здесь формировался небольшой зольник, с которым сосуществовала лишь одна небольшая жилая постройка [Чистов, 2004].

В начале IV вв. до н. э. насыпь частично nivelуруется, и на месте, прежде занятом позднеархаическими зданиями, возводятся постройки «святилища Деметры», стены которых

приблизительно совпадают с трассами более древних. Д.Е. Чистов [2004] в здании святилища выделил два строительных периода. Согласно этой реконструкции, сооружение, возведенное в начале IV в. до н.э., поначалу состояло из не более чем четырех помещений, практически все стены которых покоятся на позднеархаических кладках VI–V вв. до н.э. (рис. 17, б). Приблизительно в начале второй четверти того же столетия здание святилища подвергается существенной реконструкции и расширяется. Южная стена разбирается до уровня пола, и несколько южнее возводится новая стена (претерпевшая разрыв и разворот на 10° , см. рис. 14). Новые стены второго строительного периода уже почти не используют в качестве основания позднеархаические кладки VI–V вв. до н.э.

По всей видимости, внешняя западная стена «святилища Деметры» второго строительного периода, имеющая субмеридиональное простирание, испытала поворот по часовой стрелке на 5° (см. рис. 15) и наклон на восток. Интересно, что наклон испытывают и покрытые слоем светлой известковой промазки полы, относимые Д.Е. Чистовым [2004, с. 137] к позднему строительному периоду комплекса.



Рис. 14. Разворот против часовой стрелки субширотной южной стены «Святынища Деметры», раскоп «И». Вид на восток. Другой – восточный фрагмент стены, зацепившись, был также вовлечен во вращение. т.н. 19-2016

Понижение отметок с востока на запад составляет от 0,4 до 0,7 м. Причины наклона могут крыться как в первоначальном строительстве неровного пола (что маловероятно), так и в сейсмогенном перекосе дневной поверхности, который был синхронен с поворотом и наклоном стен позднего строительного периода.

Вероятно, это событие стало причиной пожара и гибели святилища, датируемого примерно серединой IV в. до н. э. (370-е годы – третья четверть столетия) [Чистов, 2004]. В одной из ям, синхронной позднему строительному периоду «святилища Деметры», обнаружен труп

человека, вероятнее всего погибшего насильственной смертью. После этого, во второй половине IV в. до н. э., на месте руин возникает зольник, основанием для которого послужили руины «святилища Деметры» [Чистов, 2009]. Зольник продолжал использоваться до II в. до н. э., полностью законсервировав строительные остатки V–IV вв. до н. э., тогда как в южной части раскопа «И» нивелировки эллинистического и римского времени серьезно повредили или полностью уничтожили их [Бутягин, 2014; Бутягин, Чистов, 2015].



Рис. 15. Поворот по часовой стрелке и наклон к востоку южной незакрепленной части субмеридиональной стены «Святыни Деметры» в Мирмекии. Раскоп «И», т.н. 20-2017

В одном из помещений на раскопе «ТС» с GPS-координатами: $45^{\circ}21'09.4''$ с.ш., $36^{\circ}31'14.1''$ в.д. (± 5 м) в результате сильных сейсмических колебаний стена СВВ простирания (22°) испытала выбивание части нижнего ряда кладки и его разворот на 10° против часовой стрелки (рис. 18). Длина выбитого фрагмента – 1.4 м, максимальное выдвигание на запад составило 35 см. Аналогичный разворот против часовой стрелки на 8° испытала верхняя (сохранившаяся) часть этой же стены. Описанные деформации свидетельствуют о сильных сейсмических воздействиях вдоль субмеридиональной оси.

Остаточная высота стены – до 1.0 м, ширина – 0.8–0.9 м. Помещение относится к самому позднему строительному периоду – усадьбе римского времени, существовавшей в последней четверти II – III вв. н.э., вплоть до полного разрушения античного поселения [Бутягин, 2019, с. 81].

Сочетание наклонов, выдвиганий и поворотов отдельных камней выявлено, например, в лестничном пролете. Изначально ступени лестницы, возраст которых был определен как III–I вв. до н.э. [Античные..., 1984], имели субмеридиональное простирание. Пред-



Рис. 16. Несовпадение простираний стен старой и новой кладки в западном помещении «Святынища Деметры» в раскопе «И» (т.н. 20-2016). Верхняя кладка еще и наклонилась к северу под значительным углом. Вид на запад

положительно при древнем землетрясении произошло расседание – деформация лестничного марша. У него появился общий наклон на запад; в этом же направлении имеются и дугообразное изогнутие, выдвигание и связанные с изогнутием развороты (рис. 19).

Своеобразный комплекс деформаций был встречен нами на раскопе «ТС» в стенах усадьбы последней четверти II – III вв. н.э. (Рис. 20). Здесь останцы всех зданий, сохранившиеся в своих нижних частях в один-два ряда каменной кладки, несут, тем не менее, следы значительных деформаций. Так, например, останец помещения с GPS-координатами: $45^{\circ}21'09.8''$ с.ш., $36^{\circ}01'13.9''$ в.д. (± 4 м) имеет развороты на несколько градусов частей западной стены по часовой стрелке вокруг вертикальной оси. Каменный блок из южной стены сместился к югу на 60 см и повернулся при этом на 15° против часовой стрелки. Строительные блоки из восточной стены наклонились на восток под значительным (до 40°) углом (Рис. 21).

Сильные деформации были выявлены нами на раскопе «ТС» в развалинах ранней усадьбы римского времени – I–II вв. н.э. [Бутягин, 2019], к северу от скалы (Рис. 22). В усадьбе

сохранились лишь нижние части стен на высоте до 1.2 м. В одном из помещений сооружения с сохранившейся каменной вымосткой наклонились все стены, при этом особенно сильно (до 75°) – южная стена помещения (Рис. 23). Нижняя часть параллельной ей северной стены из-за сильных колебаний грунта была разорвана, и оторвавшиеся части повернулись по часовой стрелке. Каменный блок над разрывом наверху повернулся против часовой стрелки. Однако это не истинное «тектоническое» вращение, а так называемое волочение, которое не может рассматриваться как кинематический индикатор, используемый для определения направления максимальных сейсмических воздействий.

Стены-подпорки также могут служить косвенным доказательством произошедших сейсмических событий. Во время сильных землетрясений многие стены сильно повреждаются, например, наклоняются. Чтобы предотвратить их будущее падение, строятся стены-контрфорсы – стены-подпорки. Одну из таких стен-контрфорсов на Мирмекии мы встретили в раскопе «И» у поврежденной стены с простиранием 170° (рис. 24). Стена-подпорка была

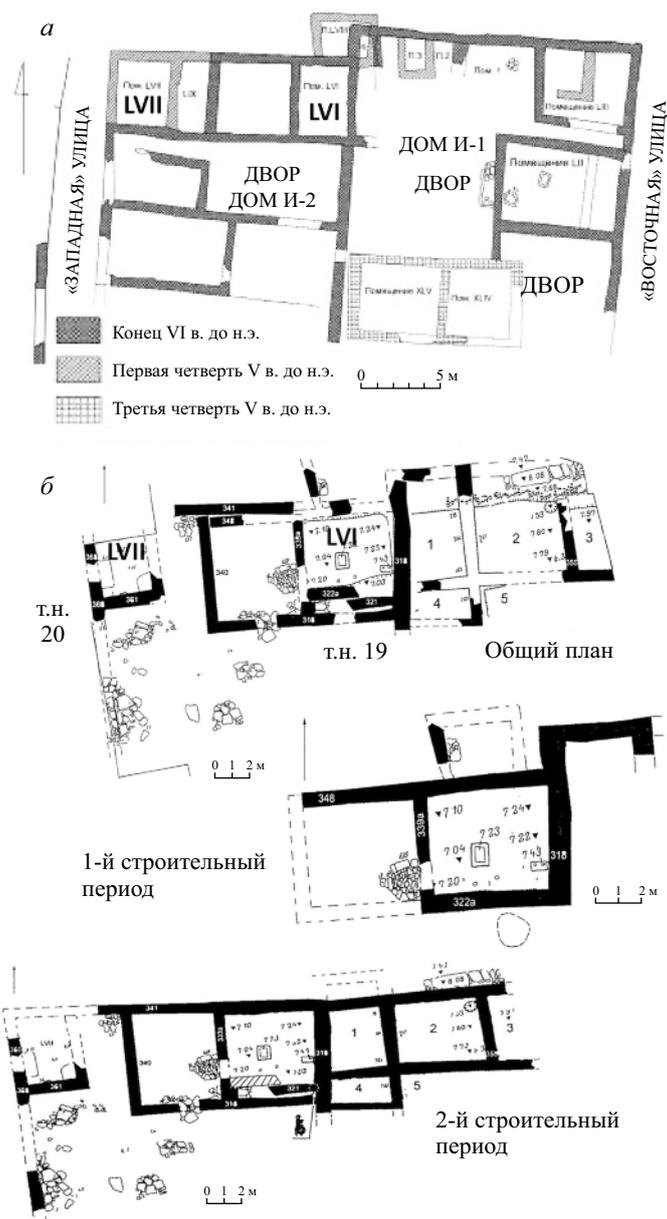


Рис. 17. Планы разновозрастных строительных остатков на раскопе «И» с нашими точками наблюдения (т.н.)

a – схема открытых строительных остатков V в. до н.э. с указанием фаз строительства [Бутягин, Чистов, 2015]

б – строительные остатки «святилища Деметры» IV в. до н.э. и реконструкция строительных периодов комплекса [Чистов, 2004]

сооружена с восточной стороны старой стены. Ширина старой стены – 55–60 см, остаточная высота над дном раскопа – 90 см. Ширина крепиды – 50 см, высота – 80 см.

Рассматриваемые стены возводятся около середины III в. до н.э. вокруг «дома с алтарем» частично на стенах классического времени [Грицик, 2013]. Второй строительный период приходится на первую половину II в. до н.э. В это время происходят грандиозная

перестройка и расширение комплекса, которые затрагивают не только здание с алтарем, но и планировку городских улиц. В конце II в. до н.э. здание, в основном его южная часть, снова подвергается значительной перестройке. Таким образом, сооружение рассмотренной стены-подпорки, вероятнее всего, происходит во II в. до н.э.

Трещины в скальном основании городища. Молодые нарушения в скальном основании

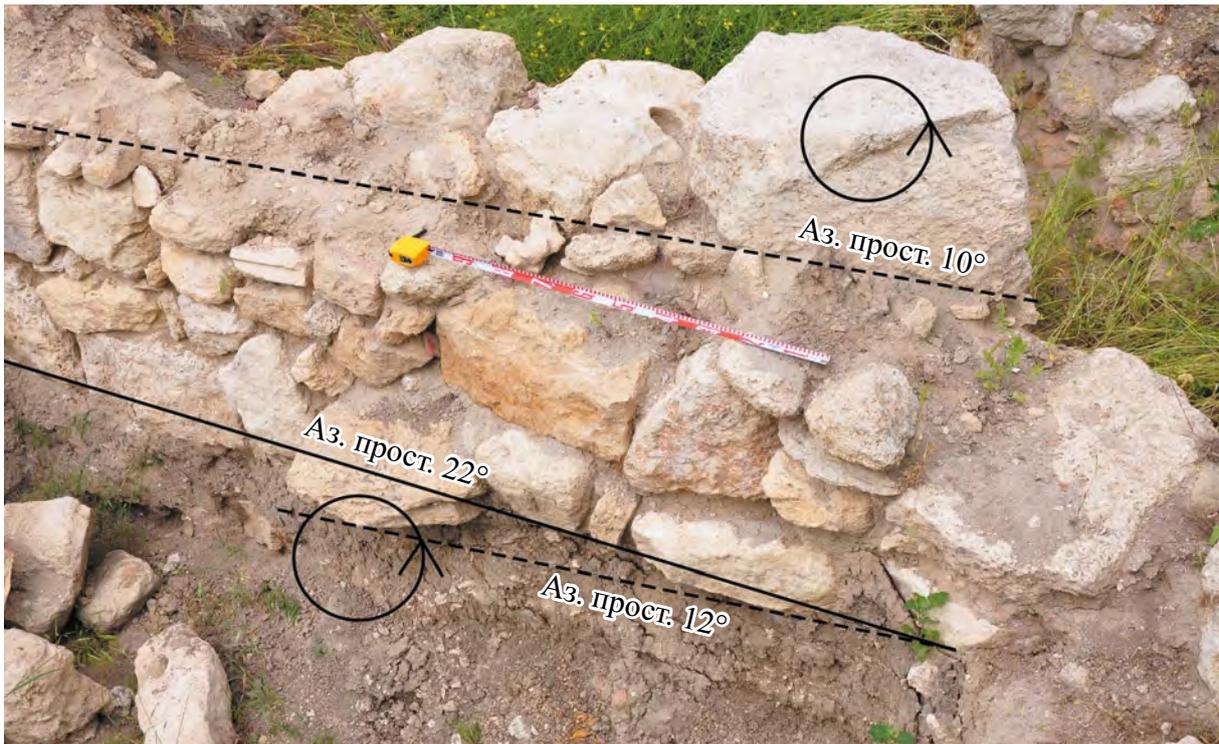


Рис. 18. Развороты против часовой стрелки (показаны пунктирными линиями) частей нижнего ряда каменной кладки, а также верхнего (сохранившегося) ряда в стене ССВ простирания (азимут простирания недеформированной части стены – 22°). Длина рулетки 1 м. Вид на восток

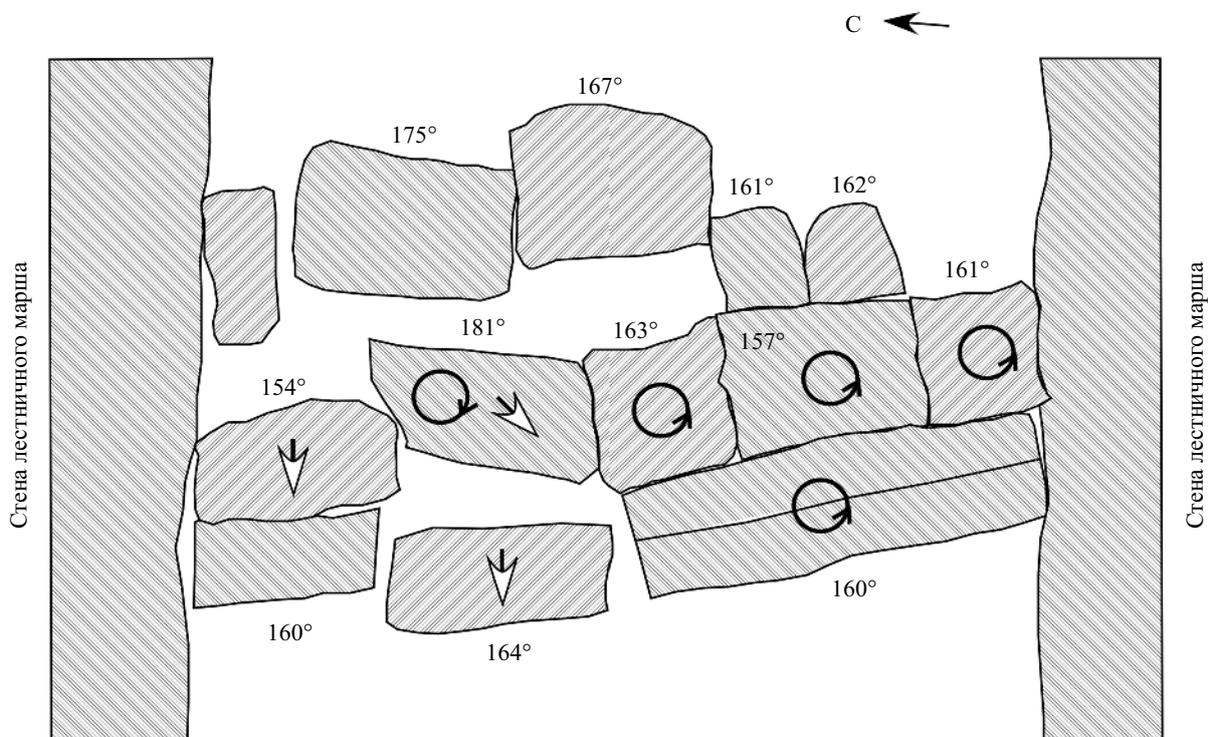


Рис. 19. Схематический план лестничного пролета. Имело место расседание лестничной конструкции, выдвигения, наклоны и развороты отдельных каменных блоков. Указаны азимуты простираний отдельных блоков, белыми стрелками показаны их значительные наклоны, черные окружности указывают повороты камней по и против часовой стрелки. Раскоп «И», т.н. 17-2016

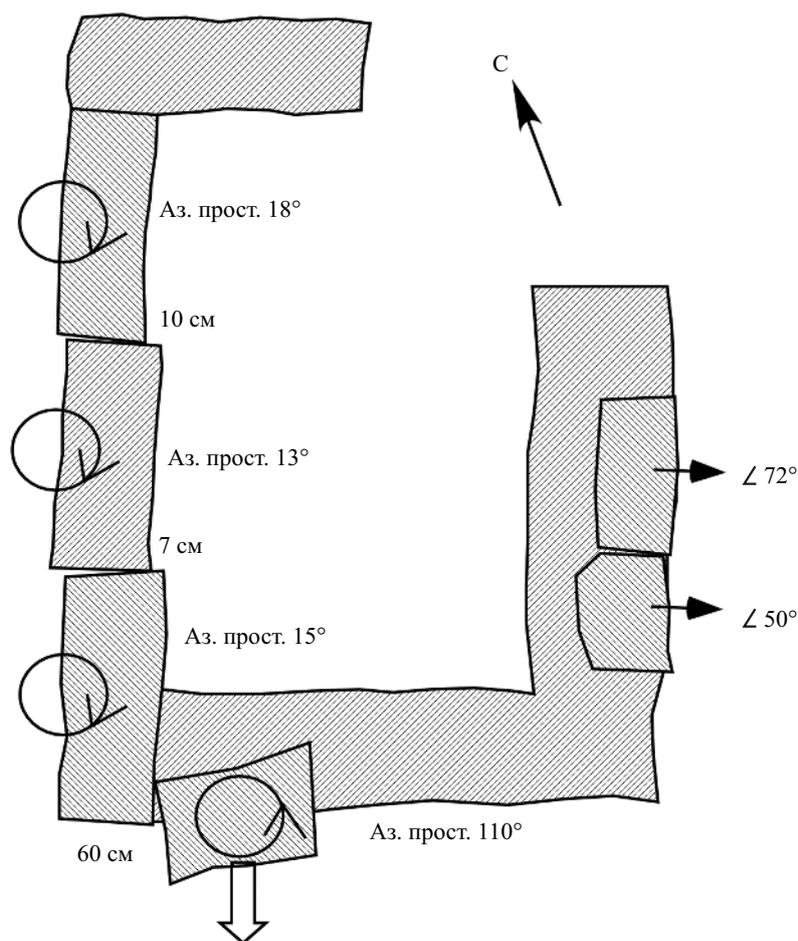


Рис. 20. Схематическая зарисовка (план) одного из помещений на раскопе ТС с различными деформациями: поворотами частей западной стены по часовой стрелке, выдвиганием строительного блока с южной стены на юг и его поворотом против часовой стрелки и сильным наклоном каменных блоков на восток на восточной стене

представлены трещинами-расселинами шириной до 1.5 м общего ССВ простираения. Трещины сопровождаются глыбовыми развалами, локализованными как к югу, так и к северу от возвышенного скального массива, на котором располагался акрополь.

На западном склоне мыса, в раскопе «С-91», серия трещин ССВ простираения наблюдалась нами в стенке высеченного в скале квадратного котлована античного времени. В южной стенке котлована видны трещины, расходящиеся и раздваивающиеся кверху (рис. 25). Западная система трещин более старая – стенки трещин покрыты глубокими (первые десятки сантиметров) карстовыми кавернами. В систему трещин вложена древняя каменная кладка, сохранившаяся на высоту в пять рядов хорошо обработанных блоков. По-видимому, возраст этой древней «цветковой» структуры старше каменной кладки – нижние три ряда блоков ис-

пытали последовательное выдвигание, но не нарушены расселиной.

Другая же «цветковая» структура (восточная) выглядит очень свежо – в отличие от западной она почти не затронута карстовыми процессами. Здесь система трещин имеет Х-образную форму и представлена разрывами, которые ограничивают более древнюю зону дробления в коренных известняках, выполненную разноразмерными обломками известняков с прочным карбонатным цементом. По левому ограничению этой структуры – по самой западной трещине – имеется левостороннее горизонтальное смещение вырванной стенки на 30–50 см. В СЗ углу котлована (западная стенка) прослеживается еще одна расселина, обновленная во время строительства; она деформирует кладку из крупных обработанных блоков. Возможно, эта расселина обновлялась позже основного разрушения постройки, так как рассекает и слои зольника.



Рис. 21. Значительный наклон на восток каменных блоков восточной стены одного из помещений на раскопе ТС. Вид на ЮЮЗ. Фото 2018 г.

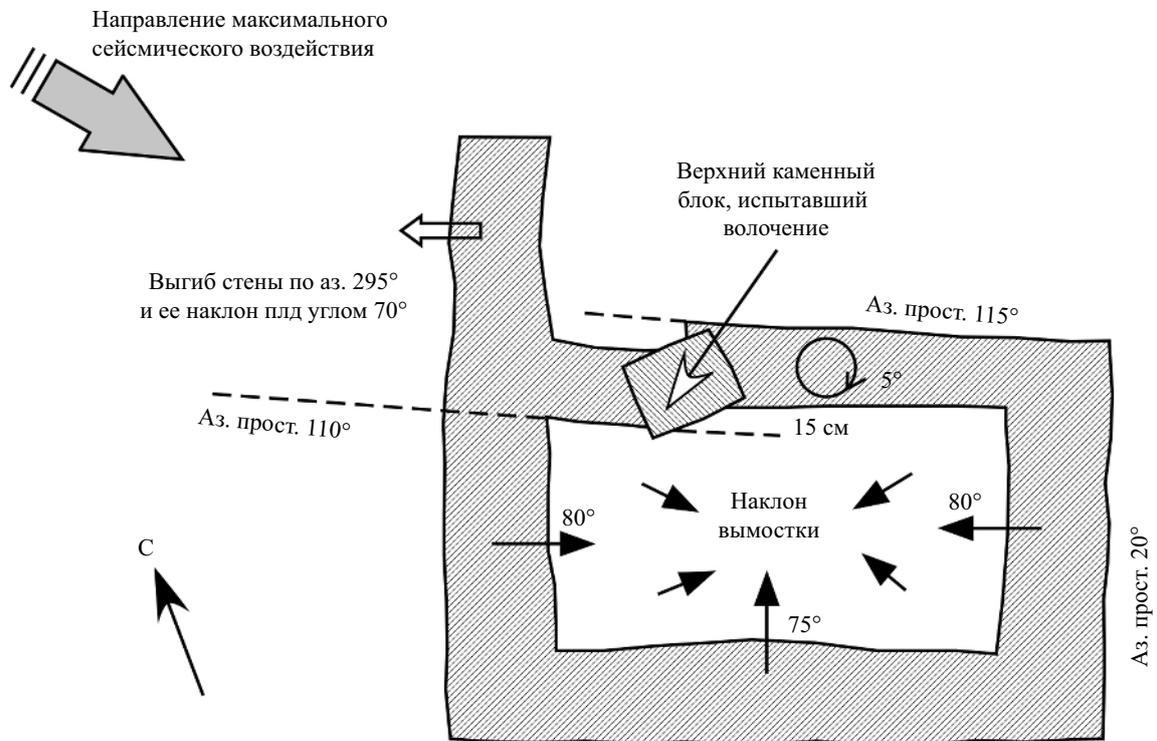


Рис. 22. Схематическая зарисовка одного из помещений усадьбы I-II вв. н.э., расположенной к северу от скалы в Мирмекии. Черными стрелками показаны наклоны каменных стен и вымостки



Рис. 23. Сильный наклон (75°) южной стены на север одного из помещений усадьбы I–II вв. н.э. На полу помещения сохранилась каменная вымостка, также деформированная. Фото 2018 г.

Трещины прослеживаются в виде расщелин шириной до 1.5 м на всю протяженность вскрытой части скального обрыва и имеют длину от 12 до 24 м. Они представляют собой небольшие грабени – приповерхностные структуры проседания (рис. 26). Величина проседания на поверхности достигает 0.5 м, вертикального смещения – 1 м. Смещения постепенно уменьшаются вниз по разрезу и сходят на нет на глубине в первые метры. Расселины образовались импульсным путем в глубокой древности – самые широкие из них заполнены материалом зольника эллинистического периода. Скальные известняки, нарушенные расселинами, на поверхности появились относительно недавно, о чем можно судить по характеру покрытия «загаром», лишайниками и карстовыми кавернами. На плане П. Дюбрюкса, составленном не позднее 1833 г. [Тункина, 2002], обрывистые участки обозначены непосредственно вдоль береговой линии. В то время рельеф Карантинного мыса сильно отличался от современного, а рассматриваемый участок был законсервирован детровым покровом и зольником.

Врезанное в скалу прямоугольное помещение размером 5×5 м датируется рубежом IV–III вв. до н. э. [Бутягин, 2006б]. Высота обработанных скальных стенок котлована достигает 7 м. Три из четырех бортов котлована укреплены прекрасно подогнанными, мощными каменными кладками, строительство которых не было закончено, так как массивные блоки, один из которых обработан не до конца, были обнаружены в каменном завале, перекрывающем помещение. Завал и сооружение полностью перекрыты свалкой толщиной до 7 м. В расщелине скалы, заполненной той же свалкой, открыты клад бронзовых монет Пантикапея второй четверти III в. до н.э. и несколько последовательно захороненных собак [Бутягин, 2014].

Образование расщелины предположительно интерпретировано как результат землетрясения на рубеже первой и второй четвертей III в. до н.э. [Грицик, 2013]. После этого катаклизма появившаяся в скале расщелина стала считаться сакральным местом, где совершались приношения подземным богам. Помимо собак, сюда также приносили терракоты с изображением женского божества и другие предметы, ставшие частью ритуальной практики. Постепенно

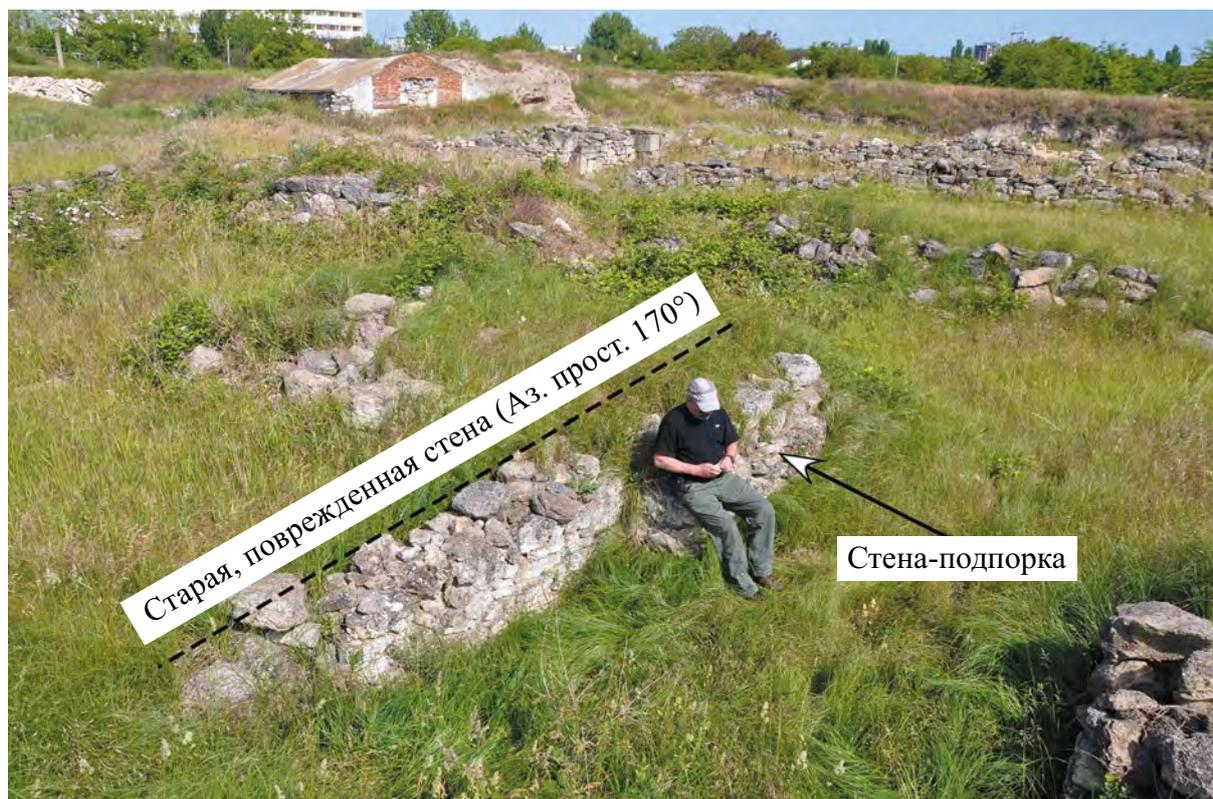


Рис. 24. Поврежденная стена и стена-контрфорс в одном из сооружений в раскопе «И». Т.н. 15-2016

трещина заполнилась, и на ее месте стала образовываться зольная насыпь, функционировавшая в течение III–II вв. до н.э. [Бутягин, 2006а].

Интерпретация этой постройки серьезно осложняется тем обстоятельством, что ее строительство не было завершено, так как разрушение произошло в ходе постройки [Бутягин, 2006б]. Исходя из имеющихся наблюдений и датировок, можно полагать, что западная, более старая, система трещин расколола скальный массив до или, что более вероятно, во время строительства, поскольку в трещину был заложен клад второй четверти III в. до н.э., а сохранившаяся кладка вложена в эту систему трещин со следами подтесывания. Можно предположить, что после главного толчка произошло некоторое время, в течение которого строительство ненадолго возобновилось, но последующие толчки окончательно разрушили сооружение. Афтершоки, даже имея, как правило, меньшую энергию, часто производят гораздо более разрушительный эффект, чем основной толчок, так как сейсмические удары в таком случае воздействуют на уже встряхнутые, шаткие конструкции.

Подобная ситуация была хорошо изучена при раскопках крупного рыбозасоленного

комплекса Золотое-Берег на азовском побережье Керченского п-ова [Винокуров, 1998]. Здесь после первичного разрушения владельцы хозяйства успели расчистить рыбозасоленную ванну от остатков рухнувших бортов и выровняли для последующей перекладки фрагменты бортов и стен. Однако полностью восстановить комплекс не удалось – последующие удары сокрушили постройку и свели все их усилия на нет [Винокуров, Никонов, 1998].

В рассмотренной стенке раскопа «С-91» также наблюдаются следы подтесывания смещенного борта скальной стенки и частичное закладывание открытой расселины. И все же конструкция была разрушена, завалена камнями и засыпана свалкой. Важно, что взаимоотношения расселин в скальном массиве со строительными конструкциями III в. до н.э. однозначно указывают на их импульсное образование в древности, т.е. вне связи со взрывами в XIX–XX столетиях.

Еще одна система расселин ССВ простирается наблюдается в прибрежном скальном обрыве к югу от вершины на мысу (рис. 27), некогда занятом акрополем Мирмекия, а позже, в первых веках н.э. – многокамерным склепом с захоронением представителя правившей на Боспоре элиты («царская» гробница). В стенке обрыва

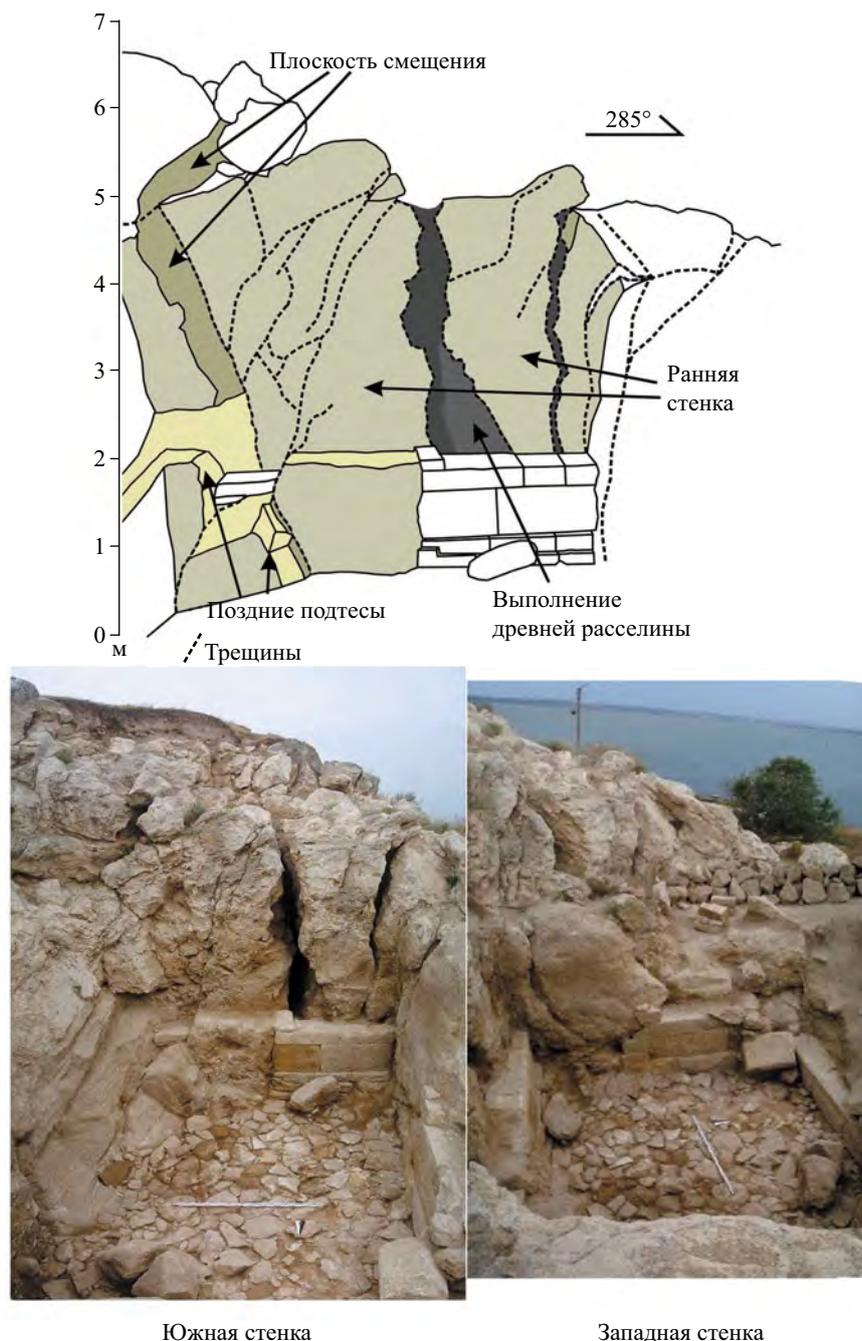


Рис. 25. Зарисовка южной стенки и фото (<http://polismyrmekion.spbu.ru/albums/photo-objects.html>) котлована в раскопе С-91

система трещин имеет общую ширину около 8 м в верхней части обрыва, сужаясь на уровне моря до 4 м. Здесь, у основания обрыва, наблюдаются две основных трещины, которые, кулисообразно подставляясь вверх по разрезу, образуют цветкообразную систему расходящихся трещин. Трещины – открытые до 0.5 м; в глубине скального мыса они сужаются до нескольких сантиметров. Незначительные проседания блоков между трещинами, плавно сокращающиеся

вниз по разрезу, указывают на приповерхностное растяжение. Та же система трещин пересекает и отдельно лежащую глыбу у берега моря; эта глыба почти не обработана абразией, как и нижняя часть скального обрыва. По всей видимости, нижняя часть прибрежного обрыва была выбрана при добыче строительного камня за последние 200 лет, а глыба представляет собой наиболее крупный обломок обвального шлейфа, некогда слагавшего подножие обрыва.



Рис. 26. Расселины ССВ простираются к югу от раскопа «С-91» (вверху) и общий вид раскопа с севера (внизу), 2015 г.

Важно, что эти трещины прослеживаются через весь обнаженный скальный массив, включая стены «царской» гробницы на вершине Карантинного мыса (рис. 28). Рельеф скальной поверхности здесь полностью преобразован деятельностью человека с древнейших времен. Гробницу соорудили в конце II – начале III в. н.э. [Виноградов, 2015]. На плане П. Дюбрюкса, составленном не позднее 1833 г. [Тункина, 2002], в этом месте изображена каменная круглая башня, сложенная из больших глыб, со стенами, сохранившимися не менее

чем на три ряда, а скальный массив был скрыт этой постройкой, наносами и дерном. Гробница была обнаружена в 1834 г. Здесь были найдены два мраморных саркофага. Большой саркофаг, представляющий собой памятник искусства, уникальный для всего Северного Причерноморья, является одним из украшений античной экспозиции Эрмитажа. Долгое время склеп оставался открытым, одно из его двух отделений даже стало служить пороховым погребом накануне Крымской войны [Гайдукевич и др., 1941]. Ю.А. Виноградов [2015] полагает,

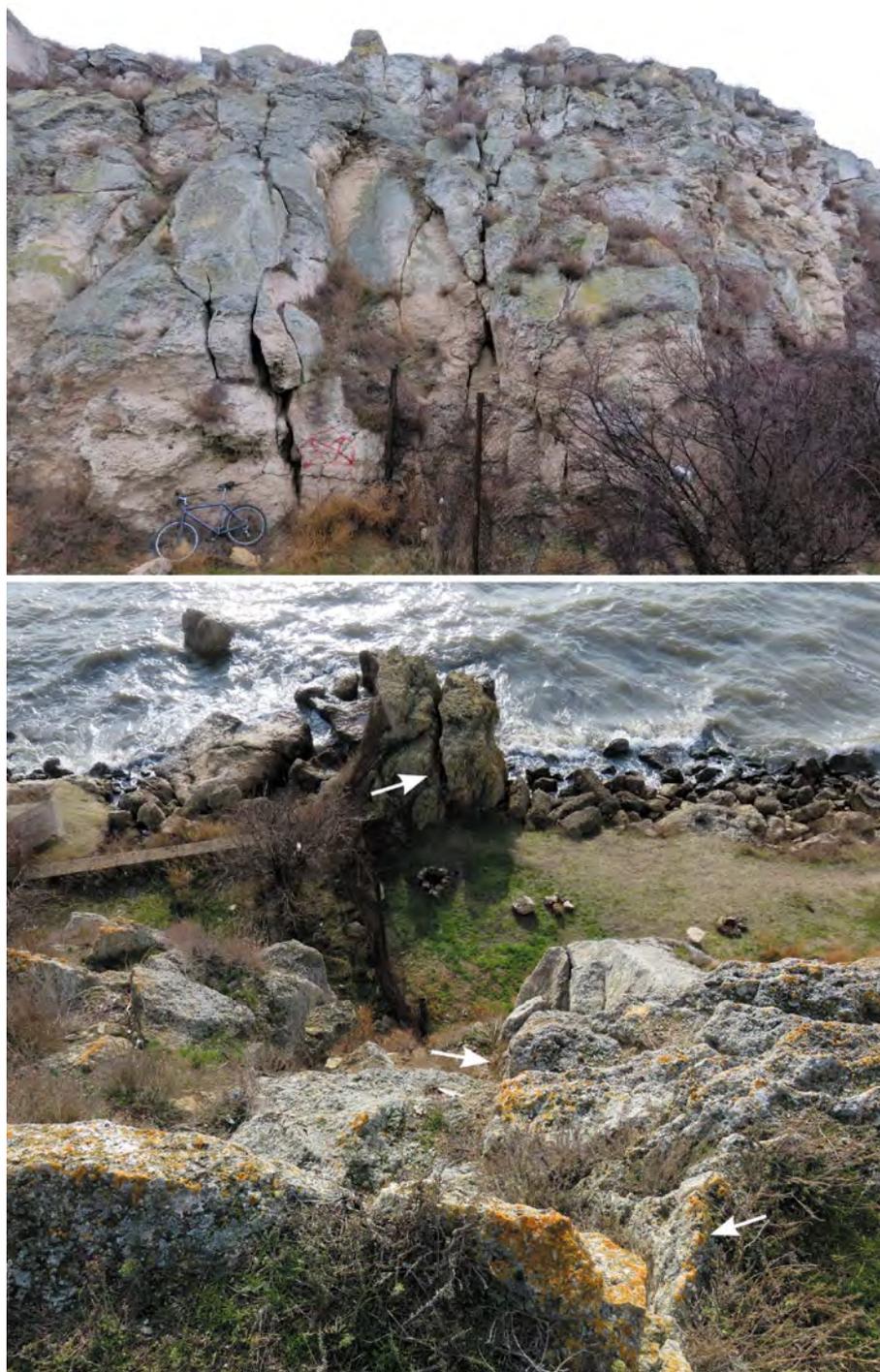


Рис. 27. Расселины ССВ простираются к югу от «царской» гробницы, 2015 г.

что сооружение было вырублено в скале на манер катакомбы и, соответственно, имело каменный скальный свод, который обрушился, вероятнее всего, в результате взрыва порохового погреба в мае 1855 г., при оставлении батареи российскими войсками.

Археологические раскопки гробницы были проведены ровно через 100 лет после от-

крытия саркофага – в 1934 г., под руководством В.Ф. Гайдукевича. К тому времени от сооруженного в 1854 г. порохового погреба остался ряд небольших фрагментов различных пристроек [Гайдукевич и др., 1941]. Вход в погреб был завален огромными глыбами. После разбора глыб в скальных стенах вырубки были обнаружены зияющие трещины. В восточном склепе они

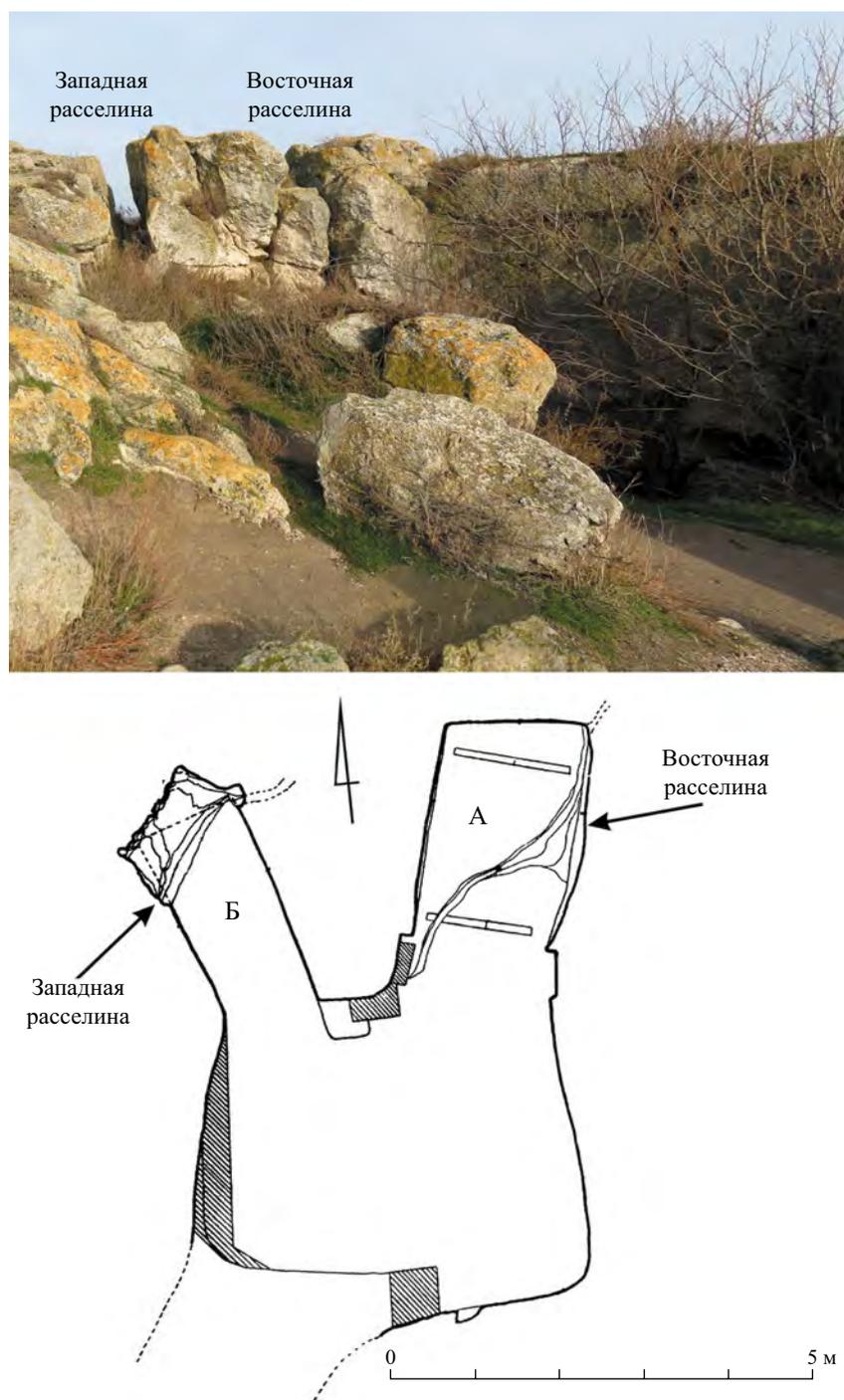


Рис. 28. Расселины ССВ простирания в остатках камеры «царской» гробницы (фото 2015 г., вид на северо-восток) и план склепов [Гайдукевич и др., 1941]

были заделаны в XIX в. или ранее. В западном склепе обнаружены два обвала – у входа и в задней части, где в результате образования расселины длина склепа увеличилась на 60 см [Гайдукевич и др., 1941]. Судя по плану (см. рис. 28), стенки камеры к северу от трещины испытали также существенный разворот против часовой стрелки, что вряд ли можно объяснить воздействием взрыва. Возраст этих деформаций

остался неясным; можно предположить, что деформации возникли после рубежа II – начала III в. н.э.

Также в скальных выходах на вершине мыса наблюдаются трещины субширотной ориентировки. Вдоль основной трещины наблюдается вертикальное смещение приморского блока на 80 см, восстанавливаемое по смещению выгесанных в скале площадок (рис. 29). Трещина



Рис. 29. Трещины субширотного простирания к востоку от «царской» гробницы (фото 2015 г., вид на запад)

вытянута вдоль бровки склона и представляет собой результат резкого отседания части массива в сторону моря. Вторичное подтесывание скалы на уровне опущенной верхней площадки может свидетельствовать о продолжении использования скалы в последующее время. Таким образом, отседание произошло в древности, когда скала использовалась в качестве основания какого-то сооружения. Датировать образование трещин пока что вряд ли возможно.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Цветковая трещинно-разрывная структура в раскопе «С-91» могла быть сейсмогенерирующим разрывом. На это указывает смещение в горизонтальной плоскости вдоль разрыва, имеющего все признаки тектонического. В то же время каких-либо других свидетельств выхода очага сильного землетрясения на по-

верхность вдоль северного берега Керченской бухты мы не имеем.

Рассмотрим основные особенности наблюдаемых «цветковых» трещинно-разрывных структур ССВ простирания. Трещины субпараллельные и ориентированы по азимуту 10–30°. Проседания блоков между трещинами, плавно сокращающиеся вниз по разрезу, свидетельствуют о субширотном растяжении в приповерхностной части скального массива. На поверхности скалы трещины представлены расселинами шириной до 1.5 м. Расселины пересекают весь скальный массив и наблюдаются в противоположном – прибрежном – обрыве. Интересно, что в раскопе «С-91» более молодая «цветковая» структура вовлекла в растрескивание более свежую и отдаленную от обрыва часть массива, тем самым отражая его последовательное разрушение с вовлечением в деформации новые, постепенно подготавливаемые (в том числе человеческой деятельностью) участки внутри массива.

В разрезе система разрывов СВ простирания имеет расходящуюся вверх структуру «цветка». При встречном наклоне, по всей видимости, в недрах разрывы сближаются, образуя единую трещину на глубине в первые метры – десятки метров. Судя по геометрии разрывов, сближение расположено на глубине, значительно превышающей местный базис эрозии (уровень моря). Учитывая небольшую глубину моря (первые метры), разрывы, прекрасно выраженные в рельефе поверхности скалы, не могут быть следствием расседания массива под действием лишь одной силы тяжести. Закономерные структурные рисунки и характер поверхности трещин (ровные или рваные края) указывают на их образование в результате импульсного скалывания массива. Важно, что взаимоотношения расщелин в скальном массиве со строительными конструкциями III в. до н.э. в раскопе «С-91» однозначно указывают на их импульсное образование в древности, т.е. вне связи со взрывами в XIX–XX столетиях.

Разрывы, прекрасно выраженные в рельефе, также не могут быть следствием расседания массива лишь под действием силы тяжести и карста. В то же время тектонические смещения у высокого прибрежного обрыва могли быть усилены силой тяжести. В терминологии В.П. Солоненко такие структуры рассматриваются в качестве гравитационно-сейсмоструктурных. Они представляют собой переходную форму между сейсмогравитационными и сейсмоструктурными нарушениями: прямо предопределены тектоническими смещениями, но сильно искажены силой тяжести [Солоненко, 1973]. В классификации А.А. Никонова [1995] такие деформации рассматриваются как сейсмодинамические, возникающие не за счет собственно тектонических сил, а в результате инерции горных масс при резких сейсмических колебаниях скальных массивов. Оба этих варианта приложимы к рассмотренной ситуации, однако более вероятен второй из них, так как импульсное скалывание от события к событию смещалось в сторону суши, т.е. внутрь скального массива, на участки, постепенно подготавливаемые к разрушению, в том числе и строительной деятельностью человека.

ХРОНОЛОГИЯ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Многие из перечисленных деформаций и по отдельности, и уж тем более в своей совокупности однозначно указывают на сейсмическую причину их происхождения [Korzhenkov, Mazor, 1999]. Независимым признаком проявления сильных землетрясений являются расщелины в скальном массиве.

Сколько было землетрясений? Очевидно, что их было несколько.

Самые ранние следы сейсмических воздействий обнаружены в стенах «святилища Деметры» IV вв. до н. э., испытавших развороты, разрывы и наклоны (см. рис. 14–17, точки наблюдений 19 и 20 на рис. 3). Можно полагать, что деформированы оказались в основном стены второго строительного периода «святилища Деметры». Вероятно, это событие стало причиной пожара и гибели святилища, датированного примерно серединой IV в. до н. э. (370-е годы – третья четверть столетия) [Чистов, 2004]. Возможно, деформации имеют и более древний возраст, так как по археологическим данным катастрофические разрушения здесь происходили и около второй четверти V в. до н. э., когда стены дома VI–V вв. до н.э. были разобраны и до рубежа V–IV вв. до н.э. здесь формировался небольшой зольник I [Чистов, 2004; Бутягин, 2014].

Мощный зольник II, возникший во второй половине IV в. до н.э. на руинах «святилища Деметры», является, возможно, свидетельством повсеместной расчистки развалин города после недавнего сильного землетрясения. При этом нижняя часть зольника, по мнению Д.Е. Чистова [2009], представляет собой слой разрушения сырцовых стен «святилища Деметры». Невостребованный значительный клад монет, заложенный во второй четверти – середине IV в. до н.э. под кладку «святилища Деметры», также косвенно подтверждает это катастрофическое событие.

Возможно, следы этого же землетрясения обнаружены нами в древнейших (конец VI – начало V вв. до н.э.) из ныне наблюдаемых построек Гермонассы [Корженков и др., 2019a]. О больших разрушениях в Гермонассе свидетельствует также вторичное использование рустованных блоков раннего периода, но имеющиеся находки не позволили уточнить дату события [Коровина, 2002]. Также в сооружениях, датированных V–IV вв. до н.э., сейсмически наведенные деформации наблюдались нами в Нимфее [Корженков и др., 2018a]. Максимальные сейсмические воздействия при сильном землетрясении, произошедшем после V в. до н.э., распространялись здесь вдоль оси ССВ–ЮЮЗ простирания.

В результате сильного землетрясения **середины III в. до н.э.** была разрушена внешняя оборонительная стена Мирмекия, относимая к первому строительному периоду: она наклонилась, и камни с ее верхней части были отброшены на запад (рис. 9–10, т. набл. 21 на рис. 3). Тогда же, в середине III в. до н.э., остатки старой стены разобрали, оставив нетронутыми лишь нижние ряды, и сразу после этого там же выстроили новую стену [Гайдукевич, 1987]. На рубеже первой и второй четвертей III в.

до н.э. [Грицик, 2013] происходит образование расселин и разрыв с горизонтальным смещением в стенке высеченного в скале квадратного котлована, открытого на раскопе «С-91», в результате чего он был разрушен.

Следы землетрясения III века до н.э. были выявлены и в других древних городах Керченского полуострова – Нимфее, Пантикапее, Тиритаке, Сююрташе и Гермонассе. Стратиграфические наблюдения и датирующие материалы Пантикапея позволили В.П. Толстикову [1999] заключить, что эта катастрофа могла случиться во второй четверти III века до н.э. В Нимфее, где выявлены следы этого землетрясения, датируемые второй четвертью – серединой III в. до н.э. [Толстиков, 1999; Корженков и др., 2018а], максимальные сейсмические колебания при сильном землетрясении, произошедшем после IV в. до н.э., распространялись вдоль оси субширотного простирания или с востока [Корженков и др., 2018а]. Свидетельствами сильного сейсмического события середины или конца III в. до н.э. в Тиритаке являются наклон городской стены, построенной в начале III в. до н.э., а также разрушения стен близ СЗ башни, построенных в IV–III вв. до н.э. [Корженков и др., 2019д]. Сейсмические колебания распространялись при этом событии с юга. В Гермонассе сейсмические деформации обнаружены нами [Корженков и др., 2019а] в стенах общественных сооружений, погибших в пожаре середины – второй половины III в. до н.э. [Коровина, 2002]. Вероятно, в первой половине III в. до н.э. сильное землетрясение привело к практически полному уничтожению только что появившегося поселения Сююрташ, которое оказалось непосредственно в очаге этого события – в Южно-Азовской сейсмогенерирующей зоне [Корженков и др., 2019г]. Оперяющие разрывы землетрясения вышли на поверхность прямо на территории поселения.

О довольно тревожной обстановке того времени могут свидетельствовать и факты сокрытия кладов. В Мирмекии их было найдено три – один, вероятно, относится к самому началу III в. до н.э., второй – к третьей четверти этого столетия [Бутягин, Виноградов, 2006]. Третий клад, относящийся ко второй четверти III в. до н.э., открыт в расщелине скалы, заполненной свалкой, на раскопе «С-91» [Бутягин, 2014]. Следует заметить, что в конце первой трети III в. до н.э. происходит тотальное уничтожение сельских поселений на хоре всех греческих государств Северного Причерноморья, объясняемое продвижением на запад сарматских племен и оттеснением скифов в Крым [Виноградов, Марченко, 2014]. Погибают и сельские поселения Боспора, а во всех хорошо изученных городах на берегу Керченского

пролива зафиксирована активизация фортификационного строительства. Наши исследования позволяют полагать, что в Мирмекии, так же как и в соседнем Пантикапее, одной из главных причин такой активизации стало сильное землетрясение.

Известное землетрясение **63 (64) г. до н.э.** поразило и Пантикапей, и его хору [Блаватский, 1977; Геология..., 1992; Толстиков, 1999; Никонов, 2000; и др.]. В результате землетрясения жизнь Мирмекия, по-видимому, практически прервалась – во второй половине I в. до н.э. город превращается в руины [Бутягин, Виноградов, 2006]. После этого он больше не восстанавливается как город с плотной застройкой, каким был с начала V в. до н.э., и не имеет оборонительной стены как боевого сооружения [Виноградов, 1992].

Согласно обобщению археологических данных на раскопанных поселениях европейской и азиатской частей Боспора, это катастрофическое землетрясение, возникнув в Азовском море у северных берегов Керченского п-ова, имело разрушительный характер в пределах всего Боспора [Никонов, 2000]. Эти материалы подтверждаются и нашими исследованиями на археологическом памятнике Полянка (южное побережье Азовского моря), где по систематическим наклонам и выдвиганиям стен удалось определить направление прихода максимальных сейсмических колебаний – с СЗ, т.е. из зоны Южно-Азовского активного разлома [Масленников и др., 2017]. На поселении Сююрташ нами получены данные о том, что эпицентральная область находилась неподалеку, в СВ направлении [Корженков и др., 2019г].

Исследования в Нимфее показали, что сейсмические колебания пришли из очага, располагавшегося, по-видимому, к СВ от города [Корженков и др., 2018а]. Значительные повреждения каменных построек, датированные I в. до н.э., выявлены нами также и в строительных остатках Китея [Корженков и др., 2016а; Molev et al., 2019]. Скорее всего, знаменитое землетрясение 63 г. до н.э. оставило свои следы и в Тиритаке, где верхние фрагменты оборонительных стен, отремонтированных во II–I вв. до н.э., испытали систематические развороты против часовой стрелки в результате сейсмических колебаний, распространявшихся с востока или юго-востока [Корженков и др., 2019д].

В руинах Мирмекия к деформациям, возникшим при этом землетрясении, по-видимому, можно отнести повреждения – изломы и развороты – более поздней крепостной стены субмеридионального простирания, построенной в середине III в. до н.э. (т. набл. 21, рис. 7–9). Были

зафиксированы также небольшие наклоны этой стены к западу. В этом же направлении изогнулась и треснула каменная плита (т. набл. 18, рис. 5) субмеридионального простирания во внутреннем дворе винодельческого комплекса II–I вв. до н.э. Во время этого же сейсмического события, имело место расседание лестничного пролета, построенного в III–I вв. до н.э. (т. набл. 17, рис. 19). Здесь каменные блоки сдвигались и поворачивались преимущественно против часовой стрелки. Кроме того, стена, построенная около середины III в. до н.э., наклонилась во время сейсмических колебаний (рис. 24, т. набл. 15). Для предохранения этой стены от дальнейшего наклона и обрушения к ней была пристроена стена-подпорка.

Учитывая, что во второй половине I в. до н.э. разрушенные постройки эллинистического периода III–I в. до н.э. были полностью сnivelированы и засыпаны [Гайдукевич, 1987], они могли подвергаться перестройкам и укреплению только до этого события, причиной которого предполагается землетрясение 63 (64) г. до н.э. Следовательно, возведение стен-подпорок и контрфорсов произошло ранее, вероятнее всего, в ходе реконструкций второй половины II в. до н.э. Так, в центральной части раскопа «И» с восточной стороны большого здания в первой половине II в. до н.э. возводится стена, к которой несколько позже пристраивается дополнительное укрепление в виде контрфорсов [Грицик, 2013]. В соответствии с хронологией строительных этапов, предложенной Е.В. Грицик [2013], можно предположить, что сооружение стены-подпорки к наклоненной стене в т. набл. 15 также произошло **в конце II в. до н.э.**

Следы сейсмических разрушений мелких городищ, обнаруженные на азовском побережье Керченского п-ова, датируются концом II в. до н.э. (основные разрушения) и I в. до н.э. (окончательное разрушение) [Масленников, 2013]. При этом одни поселения были разрушены почти полностью, другие пострадали меньше, но жители были вынуждены их оставить (Золотое, Полянка, Крутой берег и Мыс Безымянный). Последнее обстоятельство могло иметь место по причине исчезновения питьевой воды в колодцах после землетрясения, так как явных следов военных действий выявлено не было. Напротив, в других поселениях жизнь после этого землетрясения возродилась (Мыс Зюк) или не прекращалась вовсе. В результате плотно заселенное азовское побережье Керченского п-ова практически полностью опустело. Наши исследования на этом побережье в районе городищ Полянка и Сююрташ позволяют локализовать очаг землетрясения конца II в. до н.э.

в зоне Южно-Азовского разлома [Масленников и др., 2017; Корженков и др., 2019г].

Землетрясение **начала II в. н.э.**, возможно, стало причиной катастрофической гибели усадьбы римского времени к востоку от скалы [Бутягин, 2017б]. Здесь были обнаружены две последовательно сменявшие друг друга усадьбы, одна из которых датирована I–II вв. н.э., а вторая – последней четвертью II – III в. н.э. Более ранняя из усадеб в результате разрушения оказалась под сплошным завалом небольших камней от развалившихся стен [Бутягин, 2019]. Позже часть помещений была расчищена и вторично использована с некоторыми перестройками. В развалинах ранней усадьбы римского времени нами были выявлены сильные деформации (Рис. 22, 23). В одном из помещений сооружения с сохранившейся каменной вымосткой все стены наклонились, а нижняя часть северной стены из-за сильных колебаний грунта была разорвана, при этом оторвавшиеся части повернулись по часовой стрелке. Сейсмические колебания распространялись при этом событии с северо-запада.

Возможно, в результате этого события также была сильно повреждена оборонительная стена, функционировавшая на протяжении I – первой половины II в. н.э. в Нимфее [Корженков и др., 2018а]. Сейсмические колебания, по всей вероятности, пришли с ЮВ. Следы сейсмических повреждений начала II в. н.э. также обнаружены нами в стенах городища Михайловка [Корженков и др., 2018б]. Максимальные суммарные сейсмические колебания во время этого землетрясения распространялись, по-видимому, в широтном направлении, что привело к выкалыванию значительной части северной стены городища.

Следы землетрясения II вв. н.э. были хорошо изучены при раскопках упомянутого выше крупного рыбозасолочного комплекса Золотое-Берег на побережье Азовского моря [Винокуров, Никонов, 1998]. Авторы полагают, что эпицентральная зона землетрясения могла находиться к юго-западу от памятника, поскольку следы этого события не были обнаружены на синхронных поселениях к северо-востоку. Возможно, очаг землетрясения находился в районе Феодосии, который, по сообщению перипла Арриана (ок. 130 г.), находился в запустении. Подобное же запустение было отмечено Страбоном на берегах Меотиды (Азовского моря) после катастрофы 63 г. до н.э. [Винокуров, Никонов, 1998]. Поселение Золотое-берег продолжило существовать и окончательно погибло при землетрясении в середине – второй половине III в. н.э.

В Мирмекии землетрясение **второй половины III в. н.э.**, по всей видимости, привело к разрушению усадьбы к северо-востоку от

скалы, датируемой последней четвертью II–III вв. н.э. [Бутягин, 2019]. На раскопе «ТС» стена одного из помещений упомянутой усадьбы испытала выбивание части нижнего ряда кладки и его разворот на 10° против часовой стрелки (см. рис. 18), что может свидетельствовать о сильных сейсмических воздействиях вдоль субмеридиональной оси. К деформациям, относящимся к этому землетрясению, по-видимому, можно отнести наклон на север субширотной стены, построенной в I–III вв. н.э., в южной части раскопа «И» (рис. 4, т. набл. 13 на рис. 3). Сильные сейсмические колебания, распространявшиеся, по-видимому, из эпицентральной зоны к ЮЮЗ от Мирмекия, привели к отрыву субмеридиональной стены от соседней к югу широтной стены в помещении III вв. н.э. на раскопе «И» (т. набл. 2, рис. 12). Можно также предположить, что в результате этого землетрясения были расколоты расселинами склепы «царской» гробницы, возведенной на скале сразу после разрушения ранней усадьбы II вв. н.э.

Н.И. Винокуровым и А.А. Никоновым [2004] были систематизированы сведения о сейсмогенных разрушениях боспорских памятников в III в. н.э. на территории почти всего Керченского п-ова, включая Семеновское, Новоотрадное, Золотое-Берег, Артезиан, Багерово, Андреевку, Мирмекий, Пантикапей, Тиритаку, Илурад. Это зачастую полное и одномоментное обрушение зданий с провалом верхних этажей вовнутрь. Вся домашняя утварь и ценности, в том числе деньги (монеты), остались под завалами. Разрушения зданий были настолько сильными, что завалы с сохранившимися строительными элементами остались неразобранными. Под завалами находились и человеческие останки. Все вышеперечисленные признаки сейсмических разрушений и повреждений были отнесены Н.И. Винокуровым и А.А. Никоновым [2004] к воздействию очень сильного и обширного землетрясения силой до 9 баллов в центральной части Боспора и до 8 баллов по его периферии.

Позже сведения о следах обсуждаемого землетрясения были уточнены нами [Корженков и др., 2016а,г, 2018б, 2019а; Molev et al., 2019; и др.]. Так, наши работы в древнем Илураде [Корженков и др., 2016г] подтвердили вывод В.А. Горончаровского [2006] о сильном землетрясении в середине III в. н.э. и позволили выявить субмеридиональное направление максимальных суммарных сейсмических колебаний. На городище Михайловка сейсмические удары землетрясения середины III в. н.э. шли по оси ССЗ–ЮЮВ, о чем говорит систематический характер наклонов, выдвиганий и об-

рушений стен широтного и меридионального направлений [Корженков и др., 2018б].

Согласно собранным палеосейсмологическим данным, очаг этого события (или, что более вероятно, одного из сильнейших событий в период мощной сейсмической активизации) был расположен на черноморском побережье Керченского п-ова, в зоне Южно-Керченского разлома, где представлен грандиозными гравитационно-сеймотектоническими нарушениями на горе Опук и сеймотектоническим разрывом культурного слоя III в. возле городища Китей [Овсяченко и др., 2015, 2019б; Molev et al., 2019]. На основании нумизматических находок хронологический интервал разрушений приходится на период 247–276 гг., но на отдельных памятниках сужается до 267/68–275/76 гг. [Винокуров, 2002; Винокуров, Никонов, 2004].

После этого землетрясения город Мирмекий был окончательно оставлен жителями. Землетрясение стало одной из основных причин гибели не только Мирмекия; представляется вероятным, что оно вызвало общий упадок Боспорского государства с известными негативными проявлениями в экономической и политической сферах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Благодаря очень хорошей изученности и хронологической представительности памятника для всего античного периода, в руинах Мирмекия нами зафиксированы выразительные следы нескольких сильных землетрясений. Особенности деформаций строительных остатков и их археологические датировки позволяют прийти к заключению о минимум пяти (возможно, и семи) сильных сейсмических событиях. При этом изученным оказался только античный период существования памятника, длительностью около восьми веков. Хорошая изученность и расположение городища, по всей видимости, послужили причиной того, что здесь оказалась зафиксирована сейсмическая история всех основных сейсмогенерирующих структур региона.

Какова же была сила древних сейсмических событий? Судя по очень сильным деформациям – разрывам и разворотам мощнейших крепостных стен и другим повреждениям и разрушениям в Мирмекии, описанным выше, – можно полагать, что сила сотрясений достигала $I_0 = IX$ баллов по шкале MSK-64. Оценка интенсивности сейсмических воздействий представляется темой последующих, более специализированных исследований.

Хочется надеяться, что полученные материалы не только послужат целям оценки сейсмической опасности территории Крымского

полуострова на новом уровне, но и инициируют исследования вклада природных катастроф в цивилизационное развитие.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования выполнены при финансовой поддержке грантов Российского фонда фундаментальных исследований 18-05-01004 и 18-35-00521, а также в рамках государственного задания научных исследований Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

- Античные государства Северного Причерноморья. Археология СССР. / Отв. ред. Г.А. Кошеленко, И.Т. Кругликова, В.С. Долгоруков. М.: Наука, 1984. 392 с.
- Белик Ю.Л., Корженков А.М., Куликов А.В., Ларьков А.С., Мараханов А.В., Овсяченко А.Н., Рогожин Е.А. Сейсмогенные деформации в стенах позднесредневековой крепости Ени-Кале в Восточном Крыму // Вопросы инженерной сейсмологии. 2016. Т. 43, № 2. С. 17–35.
- Блаватский В.Д. Землетрясение 63 г. до н.э. на Керченском полуострове // Природа. 1977. № 8. С. 56–57.
- Бутягин А.М. Акрополь Мирмекия в свете археологических исследований // Боспорские исследования. 2006а. Вып. 13. С. 16–30.
- Бутягин А.М. Работы Мирмекийской экспедиции Государственного Эрмитажа в 2005 г. // Археологічні відкриття в Україні 2004–2005 рр. Київ; Запоріжжя, 2006б. С. 81–84.
- Бутягин А.М. Городище Мирмекий. 80 лет исследований // Таврические студии. Сер. Исторические науки. 2014. № 6. С. 15–23.
- Бутягин А.М. Основание Мирмекия и проблемы колонизации Европейского Боспора // Перипл: От Боспора до Борисфена. Труды Государственного Эрмитажа. Т. 88. СПб.: Изд-во Гос. Эрмитажа, 2017а. С. 87–96.
- Бутягин А.М. Новые исследования усадьбы раннего римского времени на городище Мирмекий // V (XXI) Всероссийский археологический съезд. Барнаул: АГУ, 2017б. С. 166.
- Бутягин А.М. 20 лет работ Мирмекийской экспедиции Государственного Эрмитажа. // XX Боспорские чтения. Боспор Киммерийский и варварский мир в период античности и средневековья. Основные итоги и перспективы исследований. Керчь, 2019. С. 77–82.
- Бутягин А.М., Виноградов Ю.А. Мирмекий в свете новых археологических исследований // СПб.: Изд-во Гос. Эрмитажа, 2006. 79 с.
- Бутягин А.М., Чистов Д.Е. Палеорельеф Карантинного мыса и архаическая застройка Мирмекия // XVI Боспорские чтения. Боспор Киммерийский и варварский мир в период античности и средневековья: Географическая среда и социум. Керчь, 2015. С. 29–37.
- Виноградов Ю.А. Мирмекий // Очерки археологии и истории Боспора. М. 1992. С. 99–120.
- Виноградов Ю.А. Некоторые итоги археологических исследований в районе акрополя Мирмекия (по материалам раскопок 1992–1994 гг.) // Вестник древней истории. 2008. № 1. С. 42–54.
- Виноградов Ю.А. О гробнице на Карантинном мысу под Керчью (городище Мирмекий) // Записки Института истории материальной культуры РАН. 2015. № 11. С. 97–108.
- Виноградов Ю.А., Тохтасьев С.Р. Ранняя оборонительная стена Мирмекия // Вестник древней истории. 1994. № 1. С. 54–63.
- Виноградов Ю.А., Марченко К.К. Северное Причерноморье в III в. до н.э. (взгляд из греческих государств) // Археологические вести. 2014. № 20. С. 143–164.
- Винокуров Н.И. Археологические памятники урочища Артезиан в Крымском Приазовье. М.: Агентство ВРК, 1998. 152 с.
- Винокуров Н.И. Антропогенные и природные факторы системного кризиса Боспорской государственности во второй половине III в. н.э. // III Боспорские чтения. Боспор Киммерийский, Понт и варварский мир в период античности и средневековья. Керчь, 2002. С. 24–32.
- Винокуров Н.И., Никонов А.А. О следах землетрясений античного времени на западе Европейского Боспора // Российская археология. 1998. № 4. С. 98–113.
- Винокуров Н.И., Никонов А.А. Тотальные разрушения второй половины III в. н.э. на Боспоре как хронологический репер // Боспорский феномен. Проблемы хронологии и датировки памятников. Ч. 1. СПб.: Изд-во Гос. Эрмитажа, 2004. С. 95–103.
- Винокуров Н.И., Корженков А.М., Родкин М.В. К оценке сейсмической опасности района Керченского пролива по данным археосейсмологии // Вопросы инженерной сейсмологии. 2015. Т. 42, № 2. С. 51–66.
- Гайдукевич В.Ф., Леви Е.И., Прушевская Е.О. Раскопки западной и северной частей Мирмекия в 1934 г. // Археологические памятники Боспора и Херсонеса. Материалы и исследования по археологии СССР. 1941. № 4. С. 110–148.
- Гайдукевич В.Ф. Античные города Боспора. Мирмекий. Л.: Наука, 1987. 181 с.
- Геология и геодинамика района Крымской АЭС / Отв. ред. Н.М. Гавриленко, А.В. Чекунов. Киев: Наукова думка, 1992. 188 с.
- Гмыря Л.Б., Корженков А.М., Овсяченко А.Н., Ларьков А.С., Рогожин Е.А. Вероятные палеосейсмические деформации на Рубасском археологическом памятнике середины VI в., Южный Дагестан // Геофизические процессы и биосфера. 2019. Т. 18, № 3. С. 91–103. <https://doi.org/10.21455/GRB2019.3-6>

- Грицик Е.В. Эллинистический Мирмекий: Автореф. дисс. ... канд. истор. наук. СПб.: ИИМК РАН, 2013. 31 с.
- Горончаровский В.А. Оборонительная система Илурата // Российская археология. 2006. № 4. С. 119–130.
- Корженков А.М., Лемзин И.Н. Макросейсмическое обследование и геологические условия Кочкор-Атинского (1992, $M_{\text{LH}} = 6.2$) землетрясения в Южном Кыргызстане // Наука и новые технологии. 2000. № 3. С. 14–21.
- Корженков А.М., Муралиев А.М., Ормуков Ч.О., Сейталиев М.М., Джумабаева А.Б., Гребенникова В.В. Макросейсмическое обследование Кочкорского землетрясения 26 декабря 2006 года ($M = 5.5$, $K = 14$, $I_0 = 7$) в Северном Кыргызстане // Наука и новые технологии. 2006. № 3–4. С. 219–225.
- Корженков А.М., Аванесян М.А., Варданян А.А., Вирджино А. О следах землетрясений IX в. в развалинах Двина – древней столицы Армении // Вопросы инженерной сейсмологии. 2015. Т. 42, № 1. С. 5–18.
- Корженков А.М., Ларьков А.С., Мараханов А.В., Молев Е.А., Овсяченко А.Н., Рогожин Е.А., Христановский В.А. Следы сильных землетрясений в крепостных стенах античного города Китей, Керченский полуостров // Боспорский феномен: Элита Боспора и Боспорская элитарная культура. СПб.: Изд-во Гос. Эрмитажа, 2016а. С. 372–381.
- Корженков А.М., Лужанский Д.В., Абдиева С.В., Деев Е.В., Павлис Т., Рогожин Е.А., Турова И., Юдахин А.С. О следах сильного землетрясения в стенах средневековых городищ Сары-Булуна на Великом шелковом пути (Западное Прииссыккулье, Северный Тянь-Шань) // Вопросы инженерной сейсмологии. 2016б. Т. 43, № 4. С. 5–20.
- Корженков А.М., Моисеев Д.А., Овсяченко А.Н., Ларьков А.С., Мараханов А.В., Рогожин Е.А., Эмруллаев Ш.А. Археосейсмологические исследования в древней столице крымских ханов Салачике // Вопросы инженерной сейсмологии. 2016в. Т. 43, № 3. С. 30–47.
- Корженков А.М., Овсяченко А.Н., Ларьков А.С. Сейсмические деформации в древнем городе Илурате // Природа. 2016г. № 10. С. 30–38.
- Корженков А.М., Деев Е.В., Лужанский Д.В., Абдиева С.В., Агатова А.Р., Мажейка Й.В., Меньшиков М.Ю., Рогожин Е.А., Родина С.Н., Родкин М.В., Сорокин А.А., Фортуна А.Б., Чаримов Т.А., Шен Д., Юдахин А.С. Сильное средневековое землетрясение в Северном Прииссыккулье (Тянь-Шань): Результаты палеосейсмологических и археосейсмологических исследований // Геофизические процессы и биосфера. 2016д. Т. 15, № 4. С. 43–63. <https://doi.org/10.21455/GPB2016.4-4>
- Корженков А.М., Кольченко В.А., Лужанский Д.В., Абдиева С.В., Деев Е.В., Мажейка Й.В., Рогожин Е.А., Родина С.Н., Родкин М.В., Фортуна А.Б., Чаримов Т.А., Юдахин А.С. Археосейсмологические исследования и структурная позиция средневековых землетрясений на юге Иссык-Кульской впадины (Тянь-Шань) // Физика Земли. 2016е. № 2. С. 71–86. <https://doi.org/10.7868/S0002333716020083>
- Корженков А.М., Варданян А.А., Стаховская Р.Ю. Следы землетрясений в пещерном городе Вардзия // Природа. 2017а. № 10. С. 55–62.
- Корженков А.М., Ломакин Д.А., Овсяченко А.Н., Ларьков А.С., Мараханов А.В., Рогожин Е.А. О следах сильных позднесредневековых землетрясений в комплексе медресе – мечеть Узбека (г. Старый Крым) // Геофизические процессы и биосфера. 2017б. Т. 16, № 3. С. 5–28. <https://doi.org/10.21455/GPB2017.3-1>
- Корженков А.М., Овсяченко А.Н., Ларьков А.С., Мараханов А.В., Рогожин Е.А. Археосейсмологическое исследование древних исторических и археологических памятников в Феодосии, Крым // Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов. Бишкек, 2017в. С. 26–29.
- Корженков А.М., Ларьков А.С., Овсяченко А.Н., Соколова О.Ю. Следы сильных землетрясений в руинах Боспорского города Нимфея // Боспорские исследования. 2018а. Вып. 37. С. 111–138.
- Корженков А.М., Овсяченко А.Н., Ларьков А.С., Мараханов А.В., Рогожин Е.А., Сударев Н.И. Следы сильных землетрясений на Михайловском городище (Керченский полуостров, Крым) // Древности Боспора. 2018б. Вып. 22. С. 115–132.
- Корженков А.М., Овсяченко А.Н., Ларьков А.С., Рогожин Е.А., Димитров О.В., Сударев Н.И., Устаева Э.Р. О следах сильных землетрясений в древнем городе Гермонасса-Гмутаракань и структурное положение их очаговых зон // Боспорские исследования. 2019а. Вып. 39. С. 242–274.
- Корженков А.М., Овсяченко А.Н., Федосеев Н.Ф., Ларьков А.С. Комплекс деформаций строительных конструкций в греческом археологическом памятнике «Госпиталь», г. Керчь, Крым // Геология и геофизика Юга России. 2019б. Т. 9, № 1. С. 135–49.
- Корженков А.М., Новичихин А.М., Овсяченко А.Н., Рангелов Б.К., Рогожин Е.А., Димитров О.В., Ларьков А.С., Лю Ц. Поиск следов сильных древних землетрясений на Западном Кавказе: Археосейсмологические исследования в древней Горгиппии // Геофизические процессы и биосфера. 2019в. Т. 18, № 4. С. 110–128. <https://doi.org/10.21455/GPB2019.4-10>
- Корженков А.М., Масленников А.А., Овсяченко А.Н., Ларьков А.С., Супренков А.А. Сейсмические деформации в урочище Сююрташ в Крымском Приазовье // Древности Боспора. 2019г. Вып. 24. С. 370–397.
- Корженков А.М., Овсяченко А.Н., Ларьков А.С., Зинько В.Н. Следы сильных землетрясений на древнем городище Тиритака в Восточном Крыму // Боспорские исследования. 2019д. Вып. 38. С. 137–159.
- Корженков А.М., Усманова М.Т., Анарбаев А.А., Максудов Ф.А., Муродалиев Р.Х., Захидов Т.К., Рахманов З.О. Недооцененная сейсмическая опасность Ферганской впадины: Новые археосейсмо-

- логические данные // Геофизические процессы и биосфера. 2019е. Т. 18, № 3. С. 77–90. <https://doi.org/10.21455/GPB2019.3-5>
- Корженков А.М., Овсюченко А.Н., Ларьков А.С., Мараханов А.В., Рогожин Е.А. Археосейсмологические исследования в пещерном городе Мангуп-Кале, Крым // Фундаментальные проблемы тектоники и геодинамики. Материалы ЛII Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2020а. С. 326–331.
- Корженков А.М., Гаджиев М.С., Овсюченко А.Н., Ларьков А.С., Рогожин Е.А. Следы сейсмической активности на архитектурных памятниках г. Дербент, Дагестан // Геофизические процессы и биосфера. 2020б. Т. 19, № 1. С. 5–29. <https://doi.org/10.21455/GPB2020.1-1>
- Корженков А.М., Овсюченко А.Н., Димитров О.В., Димов Т., Ларьков А.С., Рангелов Б., Рогожин Е.А., Родина С.Н. Следы сильных землетрясений энеолита и средневековья в археологическом памятнике Дуранкулак, Северо-Восточная Болгария // Вулканология и сейсмология. 2020в. № 4. С. 1–22. <https://doi.org/10.31857/S0203030620040021>
- Корженков А.М., Усманова М.Т., Анарбаев А.А., Саидов М., Насриддинов Ш., Захидов Т.К. Сейсмические деформации в археологических памятниках Мугкальга и Мугтепа (Ферганская впадина, Узбекистан) // Вопросы инженерной сейсмологии. 2020г. Т. 47, № 3. С. 5–27. <https://doi.org/10.21455/VIS2020.3-1>
- Корженков А.М., Минчев А., Тенкеджиев В., Овсюченко А.Н., Димитров О., Ларьков А.С., Рогожин Е.А., Рангелов Б., Стрельников А.А. Сейсмические деформации в раннехристианском монастыре в местности Джанава (Варна, Болгария). Часть 1: Методы исследований // Вопросы инженерной сейсмологии. 2020д. Т. 47, № 4. С. 72–91. <https://doi.org/10.21455/VIS2020.4-5>
- Коровина А.К. Гермонасса: Античный город на Таманском полуострове. М.: ГМИИ им. А.С. Пушкина, 2002. 146 с.
- Масленников А.А. О локальных геоморфологии, палеосейсмизме и археологии Крымского Приазовья или по следам древних землетрясений // Древности Боспора. 2013. Вып. 17. С. 232–253.
- Масленников А.А., Овсюченко А.Н., Корженков А.М., Ларьков А.С., Мараханов А.В. Следы сильных землетрясений на городище Полянка и Южно-Азовский активный разлом // Древности Боспора. 2017. Вып. 21. С. 265–294.
- Минчев А., Корженков А.М., Овсюченко А.Н., Димитров О.В., Ларьков А.С., Рангелов Б.К., Рогожин Е.А., Андреева Н.В. Деформации в епископской базилике г. Варна – свидетельства сильных исторических землетрясений в Северо-Восточной Болгарии // Геофизические процессы и биосфера. 2020. Т. 19, № 3. С. 16–32. <https://doi.org/10.21455/GPB2020.3-2>
- Моисеев Д.А., Корженков А.М., Овсюченко А.Н. Следы сейсмогенных разрушений черепичной печи средневекового гончарного центра в балке руч. Суаткан (Бахчисарайский район, Крым) // Геофизические процессы и биосфера. 2018. Т. 17, № 2. С. 23–47. <https://doi.org/10.21455/GPB2018.2-2>
- Моисеев Д.А., Корженков А.М., Овсюченко А.Н., Ларьков А.С. Крымское разрушительное землетрясение второй половины XV в. // Вопросы инженерной сейсмологии. 2019. Т. 46, № 2. С. 37–53. <https://doi.org/10.21455/VIS2019.2-4>
- Моисеев Д.А., Корженков А.М., Овсюченко А.Н., Ларьков А.С. Усадьба на высоте Масляная хоры Херсонеса Таврического и свидетельства разрушительного античного землетрясения // Геофизические процессы и биосфера. 2020. Т. 19, № 4. С. 16–26. <https://doi.org/10.21455/GPB2020.4-2>
- Никонов А.А. Терминология и классификация сейсмогенных нарушений рельефа // Геоморфология. 1995. № 1. С. 4–10.
- Никонов А.А. Сейсмический потенциал Крымского региона: сопоставление региональных карт и параметров выявленных событий // Физика Земли. 2000. № 7. С. 53–62.
- Никонов А.А. Древние разрушительные землетрясения в Херсонесе и их значение в оценке долговременной сейсмической опасности Юго-Западного Крыма // Вопросы инженерной сейсмологии. 2015. Т. 42, № 2. С. 17–50.
- Овсюченко А.Н., Шварев С.В., Ларьков А.С., Мараханов А.В. Следы сильных землетрясений Керченско-Таманского региона по геологическим данным // Вопросы инженерной сейсмологии. 2015. Т. 42, № 3. С. 33–54.
- Овсюченко А.Н., Меньшиков М.Ю., Рогожин Е.А., Корженков А.М. Циклы сейсмической активности во второй половине голоцена на Западной Кавказе и их связь с этапами цивилизационного развития (на примере верховьев р. Мзымта) // Геофизические процессы и биосфера. 2016. Т. 15, № 2. С. 5–38.
- Овсюченко А.Н., Корженков А.М., Ларьков А.С., Рогожин Е.А., Мараханов А.В. Оценка сейсмической опасности низкоактивных областей на примере Керченско-Таманского региона // Наука и технологические разработки. 2017а. Т. 96, № 1. С. 5–18. <https://doi.org/10.21455/std2017.1-1>
- Овсюченко А.Н., Корженков А.М., Вакарчук Р.Н., Горбатилов А.В., Ларьков А.С., Рогожин Е.А., Сысолин А.И. Следы сильного землетрясения в средневековом городе Фанагория на Таманском полуострове // Геология и геофизика Юга России. 2017б. № 3. С. 78–94.
- Овсюченко А.Н., Корженков А.М., Масленников А.А., Вакарчук Р.Н., Ларьков А.С., Сысолин А.И. Следы и хронология сильных исторических землетрясений на мысе Зюк в Восточном Крыму // Физика Земли. 2019. № 4. С. 133–152. <https://doi.org/10.31857/S0002-333720194133-152>
- Овсюченко А.Н., Вакарчук Р.Н., Корженков А.М., Ларьков А.С., Сысолин А.И., Рогожин Е.А., Мараханов А.В. Активные разломы Керченского полуострова: новые результаты // Докл. РАН. 2019б. Т. 488, № 4. С. 408–412.

- Рогожин Е.А., Горбатилов А.В., Степанова М.Ю., Харазова Ю.В., Димитров О.В., Овсяченко А.Н., Корженков А.М., Стрельников А.А. Голоценовая геологическая и сейсмическая активность системы разломов в Северо-Восточной Болгарии по комплексу геолого-геоморфологических и археосейсмологического методов // Геофизические процессы и биосфера. 2019. Т. 18, № 2. С. 57–71. <https://doi.org/10.21455/GPB2019.2-5>
- Соколова О.Ю., Корженков А.М., Овсяченко А.Н., Ларьков А.С., Мараханов А.В. Переплетение торгово-экономического и природного факторов в судьбе античного города Нимфей // XVII Боспорские чтения. Боспор Киммерийский и варварский мир в период античности и средневековья. Торговля: пути-товары-отношения. Керчь, 2017. С. 506–516.
- Солоненко В.П. Палеосейсмогеология // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1973. № 9. С. 3–16.
- Стрельников А.А., Корженков А.М. Разрушение средневековых археологических памятников сильными землетрясениями в юго-западной части Иссък-Кульской впадины, Тянь-Шань // Вопросы инженерной сейсмологии. 2020. Т. 47, № 3. С. 53–74. <https://doi.org/10.21455/VIS2020.3-3>
- Толстиков В.П. К проблеме землетрясения III в. до н. э. на Боспоре (по материалам раскопок Пантикапея и Нимфея) // Боспорский город Нимфей: новые исследования и материалы и вопросы изучения античных городов Северного Причерноморья. СПб.: Изд-во Гос. Эрмитажа, 1999. С. 72–75.
- Тункина И.В. Русская наука о классических древностях Юга России (XVIII – середина XIX в.). СПб.: Наука, 2002. 676 с.
- Хапаев В.В., Корженков А.М., Овсяченко А.Н., Ларьков А.С., Мараханов А.В. Археосейсмологические исследования в древнем городе Херсонесе (Севастополь, Крым) // Геология и геофизика Юга России. 2016. № 3. С. 119–128.
- Чистов Д.Е. Святилище Деметры в Мирмекии и попытка реконструкции комплекса // Боспорский феномен: проблемы хронологии и датировки памятников. Ч. 1. СПб.: Изд-во Гос. Эрмитажа, 2004. С. 131–142.
- Чистов Д.Е. Мирмекий классического и раннеэллинистического времени (середина V в. до н.э. – начало III в. до н.э.): Автореф. дисс. ... канд. истор. наук. СПб.: ИИМК РАН, 2009. 30 с.
- Al-Tarazi E., Korjenkov A.M. Archeoseismological investigation of the ancient Ayla cite in the city of Aqaba, Jordan // Nat. Hazards. 2007. V. 42. P. 47–66.
- Korjenkov A.M., Baypakov K.M., Chang C., Peshkov Yu., Savelieva T. Traces of ancient earthquakes in Medieval cities along the Great Silk Route, Northern Tien Shan and Dzhungaria // Turkish J. Earth Sci. 2003. Vol. 12. P. 241–261.
- Korjenkov A.M., Ericson-Gini T. The seismic origin of the destruction of the Nabataean Forts of Ein Erga and Ein Rahel, Arava Valley, Israel // Archaeologischer Anzeiger. 2003. N 2. P. 39–50.
- Korjenkov A.M., Schmidt K. Archeoseismological study at Hujayrat al-Ghuzlan, Southern Wadi Arabia, Jordan: Seismic destruction of Chalcolithic – Early Bronze structures // Orient Archäologie. Prehistoric Aqaba I / Ed. by R. Eichmann, L. Khalil and K. Schmidt. Rahden: Verlag Marie Leidorf, 2009. P. 79–97.
- Korjenkov A.M., Kaiser D., Groupner S. Preliminary analysis of damages of possible seismic origin to historical monuments in North-Eastern Germany // Archeosismicite & Vulnerabilite. 2008. P. 199–215. (Patrimoine bati ouvert au public. Actes des Vie et VIIe Recontres du Groupe APS).
- Korzhenkov A.M., Mazor E. Structural reconstruction of Seismic events: Ruins of ancient cities as fossil seismographs // Science and New Technologies. 1999. N 1. P. 62–74.
- Korzhenkov A.M., Mazor E. Archeoseismological damage pattern at the ancient ruins of Rehovot-ba-Negev, Israel // Archaeologischer Anzeiger. 2014. N 1. P. 75–92.
- Molev E.A., Korzhenkov A.M., Ovsyuchenko A.N., Larkov A.S. Potential traces of earthquakes in the ancient city of Kytaia, Kerch Peninsula, Crimea // Geodesy and Geodynamics. 2019. N 10. P. 331–338. <https://doi.org/10.1016/j.geog.2018.03.006>

Сведения об авторе

ОВСЮЧЕНКО Александр Николаевич – Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. Россия, 123242, г. Москва, ул. Большая Грузинская, д. 10, стр. 1. E-mail: ovs@ifz.ru

КОРЖЕНКОВ Андрей Михайлович – Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. Россия, 123242, г. Москва, ул. Большая Грузинская, д. 10, стр. 1. E-mail: korzhenkov@ifz.ru

ЛАРЬКОВ Александр Сергеевич – Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. Россия, 123242, г. Москва, ул. Большая Грузинская, д. 10, стр. 1. E-mail: las119@yandex.ru

БУТАНАЕВ Юрий Владимирович – Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН. Россия, 667000, г. Кызыл, ул. Интернациональная, д. 117а. E-mail: jyra3@mail.ru

МАРАХАНОВ Александр Владимирович – Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. Россия, 123242, г. Москва, ул. Большая Грузинская, д. 10, стр. 1. E-mail: marahanov@ifz.ru

РОГОЖИН Евгений Александрович – Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. Россия, 123242, г. Москва, ул. Большая Грузинская, д. 10, стр. 1. E-mail: eurog@ifz.ru

TRACES OF STRONG EARTHQUAKES IN WALLS OF ANCIENT MIRMEKII TOWN, EASTERN CRIMEA

**A.N. OVSYUCHENKO¹, A.M. KORZHENKOV¹, A.S. LARKOV¹, YU.V. BUTANAEV²,
A.V. MARAKHANOV¹, E.A. ROGOZHIN¹**

¹ Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

² Tuva Institute for the Integrated Development of Natural Resources, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Kyzyl, Russia

Corresponding author: A.S. Larkov, e-mail: las119@yandex.ru

Abstract. We have conducted a complex of archeoseismological works in Mirmekii ancient town. It belong to Bosphorus Kingdom (Crimea). There were revealed numerous destructions and deformations of buildings in archeological excavations: ruptures displacing the walls, significant tilt of entire walls of the buildings, rotations of wall fragments and separate stones around vertical axis. This deformation complex testifies on their seismogenic origin. We have revealed traces of few strong earthquakes (3–5 during first millennium BC and 2 during first centuries AD). For some of them we could reveal the directions of maximum seismic oscillations. Intensity of the seismic oscillations were $I_0 \leq IX$. Obtained data could serve of a purpose of more reliable seismic hazard assessment for Crimea Peninsula, as well as for assessment of contribution of natural disasters in civilization development.

Keywords: archeoseismology, paleoseismology, seismotectonics, long-term seismic regime, Crimea, Kerch Peninsula

About the author

OVSYUCHENKO Alexander Nikolaevich – Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences. Russia, 123242, Moscow, Bolshaya Gruzinskaya st., 10-1. E-mail: ovs@ifz.ru

KORZHENKOV Andrey Mikhailovich – Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences. Russia, 123242, Moscow, Bolshaya Gruzinskaya st., 10-1. E-mail: korzhenkov@ifz.ru

LARKOV Alexander Sergeevich – Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences. Russia, 123242, Moscow, Bolshaya Gruzinskaya st., 10-1. E-mail: las119@yandex.ru

BUTANAEV Yuri Vladimirovich – Tuva Institute for the Integrated Development of Natural Resources, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences. Russia, 667007, Kyzyl, Internationalnaya St., 117 a. E-mail: jyra3@mail.ru

MARAKHANOV Alexander Vladimirovich – Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences. Russia, 123242, Moscow, Bolshaya Gruzinskaya st., 10-1. E-mail: marahanov@rambler.ru

ROGOZHIN Evgeny Aleksandrovich – Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences. Russia, 123242, Moscow, Bolshaya Gruzinskaya st., 10-1. E-mail: eurog@ifz.ru

Cite this article as: Ovsyuchenko A.N., Korzhenkov A.M., Larkov A.S., Butanaev Yu.V., Marakhanov A.V., Rogozhin E.A. Traces of strong earthquakes in walls of ancient Mirmekii town, Eastern Crimea, *Voprosy Inzhenernoi Seismologii* (Problems of Engineering Seismology). 2021. V. 48, No. 2. P. 5–42. [in Russian]. <https://doi.org/10.21455/VIS2021.2-1>

English translation of the article will be published in *Seismic Instruments*, ISSN: 0747-9239 (Print) 1934-7871 (Online), <https://link.springer.com/journal/11990>