

УДК 550.347

PACS 91.30.Px

## КРЫМСКОЕ РАЗРУШИТЕЛЬНОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ XV В.

Д.А. МОИСЕЕВ<sup>1</sup>, А.М. КОРЖЕНКОВ<sup>2</sup>, А.Н. ОВСЮЧЕНКО<sup>2</sup>, А.С. ЛАРЬКОВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Бахчисарайский историко-культурный и археологический музей-заповедник, г. Бахчисарай, Россия

<sup>2</sup> Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия

Автор для переписки: Д.А. Моисеев, e-mail: ohota\_d@ukr.net

**Аннотация.** В статье рассмотрены 4 крымских памятника археологии со следами специфических деформаций в их строительных конструкциях. Детальный анализ этих сооружений позволил установить, что в средние века они подвергались сейсмическим воздействиям: выявлены такие деформации, как межблоковые трещины, трещины в перекрытиях окон и подоконниках, развороты частей стен по часовой стрелке либо против нее, завал вверх по склону, деформация (кратковременное размыкание) арочной конструкции и т.д. Археологический и исторический анализ позволил хронологически стратифицировать эти сейсмогенные деформации и выделить и датировать несколько средневековых землетрясений. Следы одного из них – второй половины XV в. – были обнаружены сразу на трех памятниках: гончарном центре Илька, Мангупе и Чоргуньской башне. Максимальные сейсмические колебания, приведшие к повреждениям гончарной печи в центре Илька, Чоргуньской башни и дворца правителей Феодоро 1425 г., по видимому, распространялись из Западно-Крымской сейсмогенерирующей зоны, способной порождать землетрясения с  $M \geq 6.5$ , и датируются второй половиной XV в. Ранее это землетрясение было известно лишь по одному историческому источнику и особого доверия у исследователей не вызывало. Но обнаружение и описание сейсмогенных деформаций крепости Фуна 1423 г. позволило на широком археологическом материале доказать наличие, кроме известного землетрясения в 1423 г., еще одного крупного сейсмического события в Крыму во второй половине XV в.

**Ключевые слова:** гончарный центр Илька, крепость Фуна, Феодоро, Мангуп, дворец 1425 г., Чоргуньская башня, Крым, средневековые землетрясения, сейсмические деформации, кинематические индикаторы

**Цитирование:** Моисеев Д.А., Корженков А.М., Овсяченко А.Н., Ларьков А.С. Крымское разрушительное землетрясение второй половины XV века // Вопросы инженерной сейсмологии. 2019. Т. 46, № 2. С. 37–53. <https://doi.org/10.21455/VIS2019.2-4>

### ВВЕДЕНИЕ

Крым является сейсмически активным регионом, однако история его землетрясений, к сожалению, хорошо известна только с 1783 г. Более ранняя история сейсмических событий остается слабо изученной ввиду крайней ограниченности письменных источников. Эту лакуну могут заполнить памятники археологии, которые хранят в себе следы древних сильных землетрясений. По этим следам, если таковые будут выявлены, возможно определить силу, место и возраст древних сейсмических событий. Все эти данные послужат для новой оцен-

ки сейсмической опасности Крыма. Отметим, что настоящая работа представляет собой одно из первых детальных и систематических исследований памятников археологии Юго-Западного Крыма.

Представляется, что руины археологических памятников, засыпанные обломками при древних сильных сейсмических событиях и дополнительно сцементированные мелкоземом и культурным слоем, являются «окаменевшими сейсмокопами» [Корженков, Мазор, 2001; Korzhenkov, Mazor, 1999]. Никакие последующие сейсмические

события и войны уже не окажут на эти руины никакого динамического воздействия. Сотни и тысячи лет они ждут лопат археологов, которые, вместе с сейсмогеологами, выявят в руинах следы древних сильных землетрясений и параметризуют их: определяют силу, место и возраст древних сейсмических событий.

Необходимо отметить наличие в Крыму большого количества архитектурных памятников, сооруженных в разные исторические периоды, что создает весьма благоприятные условия для выполнения в этом районе археосейсмологических исследований [Никонов, 2015; Овсяченко и др., 2017]. Несмотря на некоторые проблемы археосейсмологических исследований [Иогансон, 2017], в Крыму накоплен успешный опыт их практического применения для восстановления сейсмической истории полуострова [Винокуров и др., 2015; Белик и др., 2016; Корженков и др., 2016а, 2017; Моисеев и др., 2018].

В работе использованы данные как из новейших (гончарный центр Илька, крепость Мангуп), так и из достаточно хорошо известных в историографии (крепость Фуна) раскопок крымских памятников археологии. Кроме того, авторы впервые провели обследования и измерения некоторых характеристик Чоргуньской башни, в результате которых получили и вводят настоящей статьёй в научный оборот ранее не известные в историографии данные.

#### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Повреждения, которые можно наблюдать на древних развалинах, могут иметь различное происхождение: результат плохой строительной технологии, выветривание (статическое повреждение), разрушения, причиненные вражескими армиями, или же разрушения от сейсмических воздействий при сильных землетрясениях. Сейсмическая природа повреждений может быть выявлена по четко наблюдаемой преимущественной ориентации завалов и деформаций архитектурных элементов. На сегодняшний день это общепринятый метод, применяемый в археологии.

Этот метод был апробирован при исследованиях мощных землетрясений в Киргизии – Кочкор-Атинского, Сусамырского (оба – 1992 г.) и Кочкорского (2006 г.) [Korzhenkov, Mazor, 1999; Корженков, Лемзин, 2000; Корженков, Мазор, 2001; Корженков и др., 2006], а затем применен на Кавказе [Корженков и др., 2015а; Овсяченко и др., 2016], Тянь-Шане [Korjenkov et al., 2003, 2006; Корженков и др., 2015б, 2016б,в], в Германии [Korjenkov et al., 2008], Израиле [Korzhenkov, Mazor, 2014] и Иордании [Korjenkov, Schmidt, 2009]. В результате этих исследований был сформирован перечень типов сейсмических повреждений, которые однозначно идентифицируют

наличие сейсмогенных деформаций и определяют направление распространения максимальных сейсмических колебаний.

Свидетельства разрушительного землетрясения в исследуемом археологическом комплексе становятся тем очевиднее, чем больше в нем выявлено сейсмических повреждений и их различных типов. Возраст выявленных сейсмических деформаций всегда меньше, чем возраст самого сооружения, но больше возраста последующего ремонта либо сооружений, перекрывающих эти деформации.

#### ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

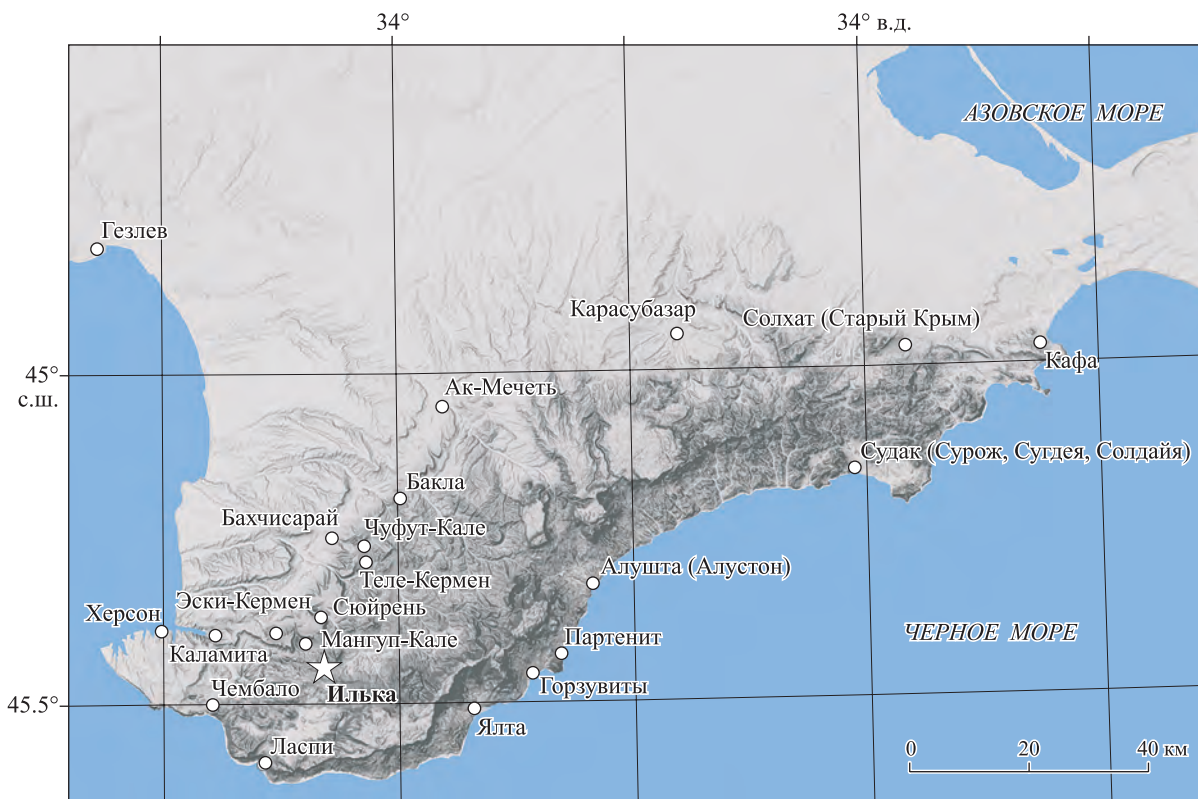
##### *Гончарный центр Илька*

Гончарный центр Илька был расположен в ближайшей округе средневекового города Мангуп, в стратегически важном месте на водоразделе двух больших и густонаселенных долин: Адым-Чокракской и Бельбекской (рис. 1). Производство строительной керамики прослежено тут с раннего Средневековья [Моисеев, 2013] до XV в. [Моисеев, 2014а,б]. Во время новейших исследований здесь были открыты три печи, которые производили строительную керамику [Моисеев, 2014а; Науменко, 2014]. Одна из этих печей имела сейсмические повреждения. Рассмотрим ее более подробно.

Печь (рис. 2) расположена на участке исследований гончарного центра Илька-1; она производила строительную керамику в период XIV–XV в. [Моисеев, 2014а; Науменко, 2014]. Более точную хронологическую позицию комплекса по археологическим данным, учитывая то, что комплекс полностью не опубликован, определить невозможно. Известно, что эта печь изготавливала керамику подгруппы 1/4 [Моисеев, 2014б], поэтому определение времени ее существования может помочь в датировке данного материала.

В конструкции печи можно выделить комплекс следов сейсмического воздействия на нее в прошлом. Во-первых, это следы деформации третьей от жерла печи арки топочной камеры (рис. 2, а), которые выражены в провисании части арочной конструкции. Такая деформация могла возникнуть при кратковременном размыкании арки и незначительном сдвиге части арки с последующим переходом в первоначальное положение уже в деформированном виде.

Во-вторых, это деформация (проседание) средней части северо-западной стены печи (рис. 2, б). На фото можно увидеть, что ряды кладки кирпича в левой и правой половинах стены не горизонтальны, а крайние угловые части рядов и в левой, и в правой половинах выше центра. Такие деформации характерны для стен, которые выдержали максимальное проседание в средней части.



**Рис. 1.** Средневековые города и гончарный центр Илька на карте Крымского полуострова (цифровой рельеф SRTM)



**Рис. 2.** Печи на территории гончарного центра Илька, участок исследований Илька-1. Стрелками и пунктиром показаны сейсмические деформации и их ремонты: *a* – следы кратковременного размывания арки с последующим переходом в первоначальное положение; *b* – проседание средней части северо-западной стены печи; *c*



В-третьих, это следы ремонта в печи (рис. 2, с), представленные двумя комплексами. Первый из них расположен параллельно стене с проседанием в центральной части. Обратим внимание, что новая стена имеет условно горизонтальное расположение рядов кирпича в кладке. Второй ремонт расположен у северо-восточной стены печи и своим характеристикам представляет собой контрфорс, который поддерживает деформированную исходную стену топочной камеры.

Обнаруженный комплекс деформаций позволяет уверенно определить их сейсмическую природу. В пользу этого свидетельствует провисание части арки. Второе свидетельство – это проседание северо-западной стены печи с деформацией обеих (левой и правой) ее половин, при которой слои правой части имеют проседание против естественного уклона местности, т.е. они наклонены против направления сил гравитации.

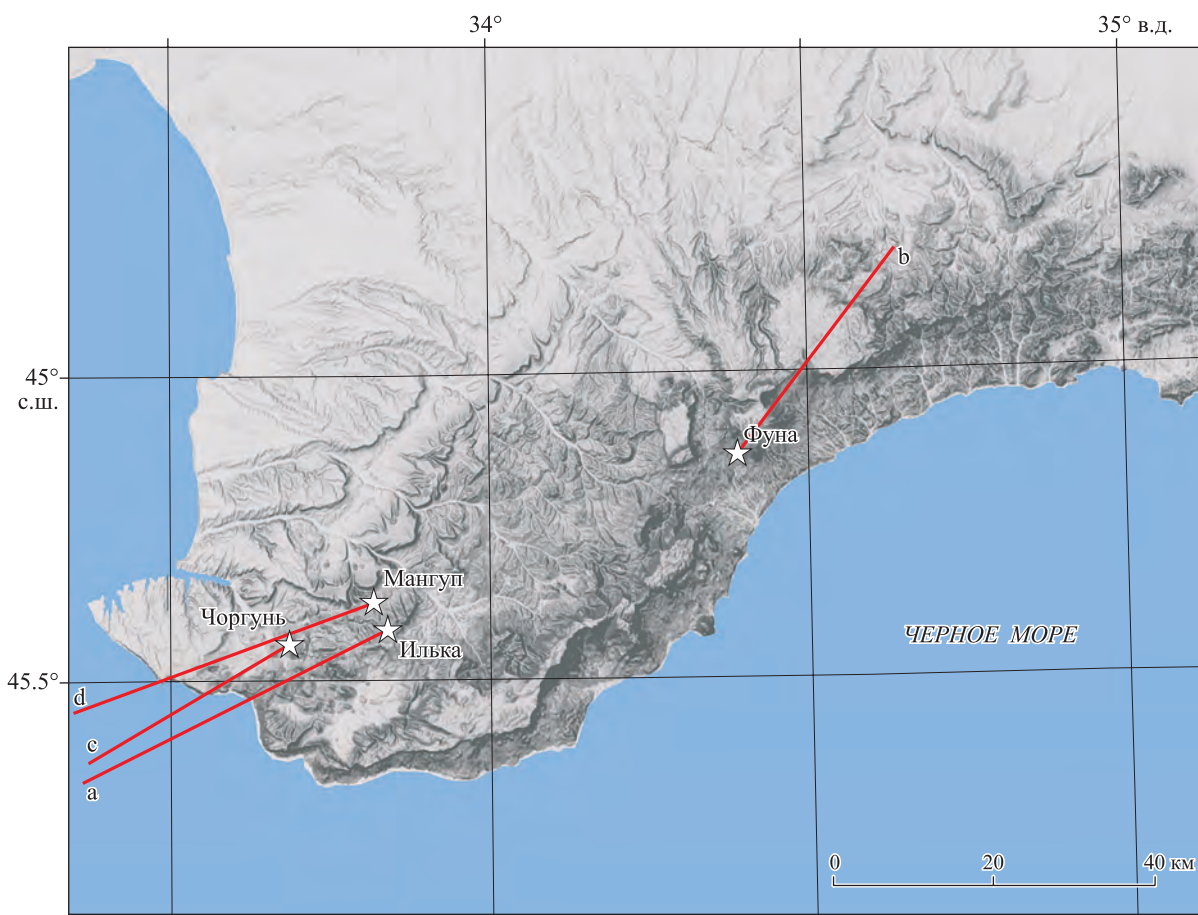
Благодаря установленному факту, что печь изготавливала черепицу подгруппы 1/4, можно определить широкие хронологические рамки

вероятного землетрясения в XIV–XV вв. К этому времени по историческим данным относятся два землетрясения XV в.: достаточно хорошо известное землетрясение 1423 г. [Кирилко, 2005; Мыц, 2009] и археологически не подтвержденное землетрясение конца XV в. [Хапаев, 2008].

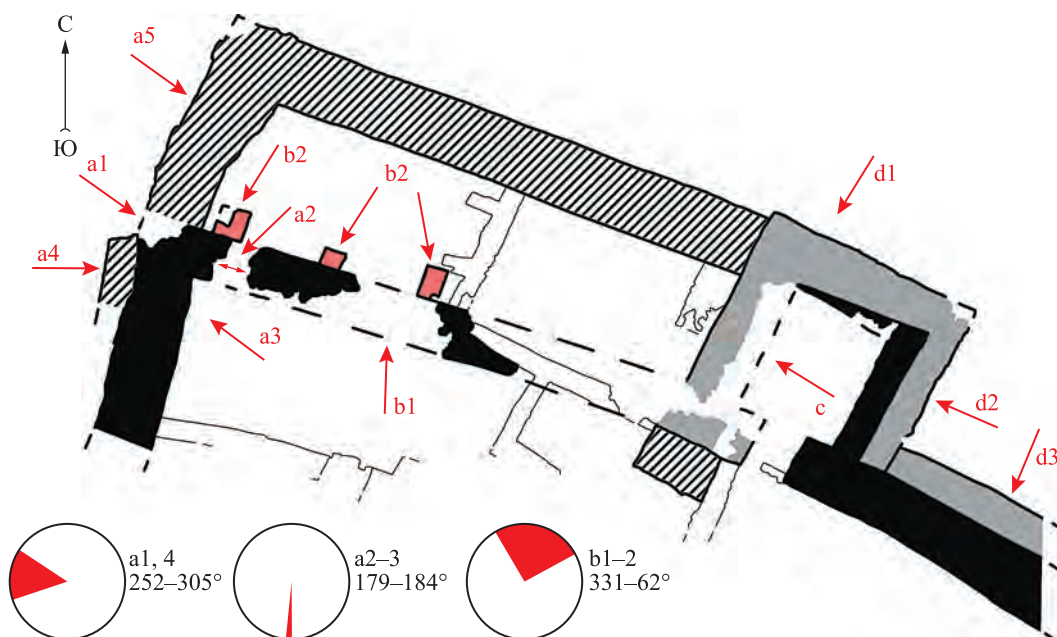
Судя по провисанию части арки и наличию стены-контрфорса у северо-восточной стены печи (рис. 2, а, с), можно утверждать, что распространение сейсмического удара происходило параллельно простиранию арки и перпендикулярно северо-восточной стене, то есть с юго-западного направления (рис. 3, а).

#### Крепость Фуна

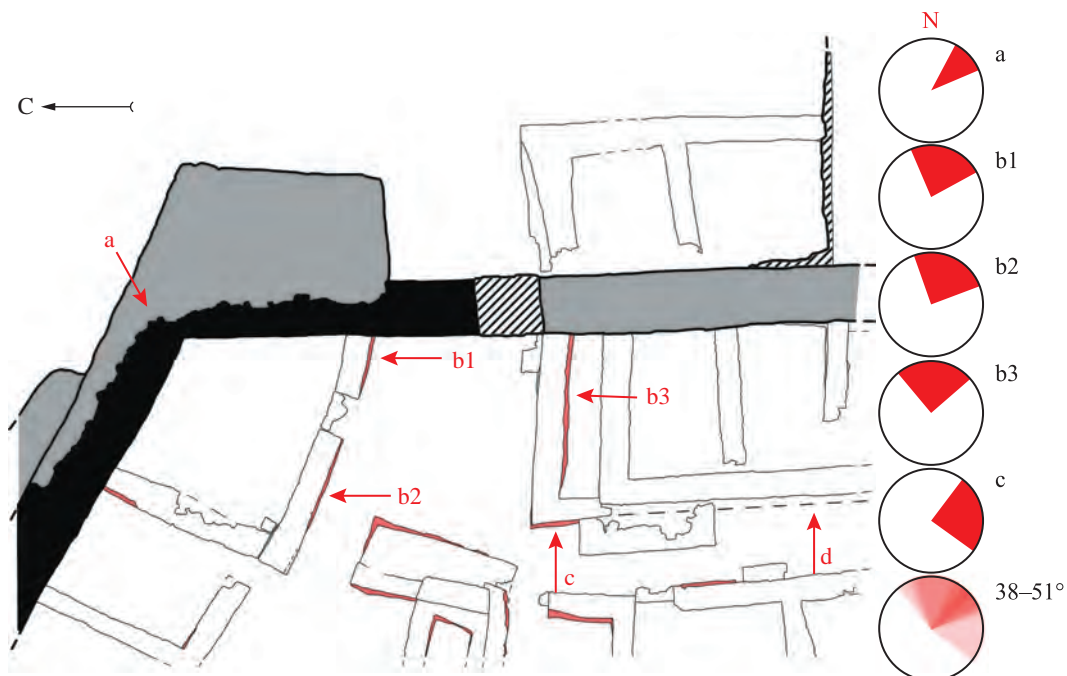
По данным исследователей средневековой крепости Фуна, первое разрушение ее оборонительных стен произошло почти сразу после строительства крепости [Кирилко, 2005; Мыц, 2009]. Хотя они и не провели подробного археосейсмологического анализа результатов своей работы, но опубликовали достаточно подробный план ар-



**Рис. 3.** Направления распространения сейсмических ударов на Крымском полуострове (цифровой рельеф SRTM): а – по данным исследования печи на территории гончарного центра Илька; b – по данным из раскопок крепости Фуна; с – по данным исследований Чоргуньской башни; d – по данным раскопок помещения Н дворца правителей Феодоро 1425 г. на Мангуле



**Рис. 4.** Деформации на северном углу крепости Фуна: *a1* – разрушение северного угла крепости, стена первого строительного периода; *a2* – разрыв в северной куртине, стена первого строительного периода; *a3* – разворот на 3° против часовой стрелки северного угла крепости (со 192° на 189°), стена первого строительного периода; *a4* – утолщение восточной куртины во время третьего строительного периода; *a5* – стена третьего строительного периода; *b1* – вывал части северной куртины, стена первого строительного периода; *b2* – контрфорсы северной куртины; *c* – разрушение северо-восточного фланга северной оборонительной башни, первый строительный период; *d1-d2* – ремонт (утолщение) северной башни (*d1* – северо-западный *d2* – юго-западный фланг); *d3* – ремонт (утолщение) части северной куртины первого строительного периода. План по [Кирилко, 2005, с. 90, рис. 66]



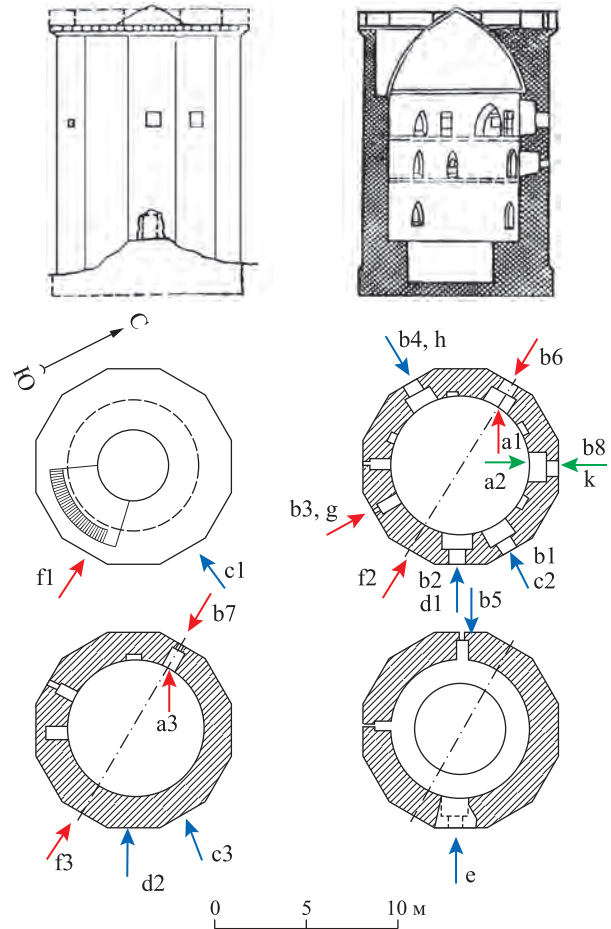
**Рис. 5.** Деформации на северо-западном углу крепости Фуна: *a* – разрушение (вывал внешнего панциря) северо-западного угла крепости, стена первого строительного периода; *b1-b3* – наклоны стен построек внутри крепости в северном направлении; *c* – наклон стены постройки внутри крепости в западном направлении; *d* – разрушение стены постройки внутри крепости. План по [Кирилко, 2005, с. 90, рис. 66]



**Рис. 6.** Чоргунская башня, грань с простираением  $30^\circ$ : *a* – трещина в плите перекрытия окна; *b* – межблоковая трещина; *c* – остатки арки на входе в башню. Фото 1943 г.

хеологических остатков [Кирилко, 2005], анализ которых позволяет определить эпицентр землетрясения 1423 г. Сейсмогенные деформации запечатлены на планах практически на всей территории крепости, однако нас интересует в первую очередь локализация землетрясения 1423 г. Наиболее благоприятно проводить поиск его следов на сохранившихся остатках стен первого строительного периода. Лучше всего сохранились стены в северной части крепости (рис. 4, 5).

На северном углу крепости фиксируются деформации от трех сейсмических событий. Наиболее раннее событие (рис. 4, *b1*) повредило северную куртину (она частично или полностью вывалилась в северном направлении) и северную башню. Впоследствии это повреждение было отремонтировано контрфорсами (рис. 4, *b2*) или утолщением стены (рис. 4, *d1, d3*). Второе событие повредило внутреннюю часть отремонтированной во второй строительный период северной башни (рис. 4, *c*) и привело к отрыву северного угла крепости и развороту его на  $3^\circ$  против часовой стрелки (рис. 4, *a2, a3*). К третьему сейсмическому событию относится выкальвание северо-западного угла крепости (рис. 4, *a1*). Впоследствии это повреждение было отремонтировано стеной третьего строительного периода (рис. 4, *a5*) и контрфорсом (утолщением стены) в этот же строительный период (рис. 4, *a4*).



**Рис. 7.** Чоргунская башня, разрез и план этажей и крыши: *a* – арки с провисающим замковым камнем; *b* – трещины в подоконниках и плитах перекрытия окон; *c* – межблоковая трещина в средней части башни длиной 8 м в грани с простираением  $0^\circ$ ; *d* – межблоковая трещина в средней части башни в грани с простираением  $30^\circ$ ; *e* – разрушенная арка (?) входа в башню; *f* – межблоковая трещина в средней и верхней частях башни длиной 10 м с раскрытием возле машикулей в грани с простираением  $60^\circ$ ; *g* – межблоковая трещина в верхней части грани с простираением  $90^\circ$ ; *h* – межблоковая трещина в средней и верхней части грани с простираением  $180^\circ$ ; *k* – межблоковая трещина в средней и верхней части грани с простираением  $300^\circ$

Итак, перед нами свидетельства трех сейсмических событий с очагами землетрясений (в хронологическом порядке) к северу или северо-северо-востоку (рис. 4, *b1, b2, d1–d3*), югу (рис. 4, *a2, a3, c*) и западу (рис. 4, *a1, a4*) от крепости Фуна. К 1423 г., очевидно, относится землетрясение с эпицентром к северу или северо-северо-востоку от крепости, поскольку оно повредило только стены первого строительного периода.



На северо-западном углу крепости также удалось найти следы землетрясения 1423 г. Здесь во время сейсмического события вывалился внешний панцирь северо-западного угла крепости (рис. 5, *a*). Кроме того, стены внутренней застройки, которые можно связать с первым строительным периодом, имеют ориентированный завал в северном (рис. 5, *b3*), северо-западном (рис. 5, *b1, b2*) или западном (рис. 5, *c*) направлениях, при этом одна из стен (северного простирания),

деформированных в западном направлении (рис. 5, *c*), на большей части оказалась полностью разрушена (рис. 5, *d*). В целом можно предположить, что все перечисленные деформации относились к одному и тому же эпицентру. Если это так, то эпицентр находился в северо-восточном направлении (азимут 38–51°, рис. 5). Таким образом, можно уверенно говорить, что эпицентр землетрясения 1423 г. располагался к северо-востоку от крепости Фуна.

**Таблица 1.** Сейсмические деформации граней Чоргуньской башни

Угол простирания грани, градусы	Характер повреждений
0	Значительные повреждения: межблоковая трещина в средней части башни длиной 8 м (рис. 7, <i>c1–c3</i> ; рис. 8). Эта трещина пробивает плиту перекрытия окна и подоконник, при этом в месте плиты перекрытия окна трещина пробивает два блока подряд (плита перекрытия и следующий блок – рис. 7, <i>b1</i> ; рис. 8, <i>a2</i> ). Такого рода деформации – яркие маркеры землетрясений. Они могли появиться, когда максимальные колебания от землетрясения имели траекторию распространения, параллельную простиранию стены.
30	Наиболее значительные повреждения, уровень сохранности этой грани неудовлетворительный (рис. 6, 7, 8, 9). Фотографии периода Второй мировой войны фиксируют состояние грани до обвала значительной ее части (рис. 6). Судя по всему, здесь был расположен центральный вход в башню, оформленный в виде арки. На это указывают следы закругления верхней части прохода, которые можно увидеть на фото 1943 г. (рис. 6, <i>c</i> ; рис. 7, <i>e</i> ). Окно на третьем этаже имеет сейсмические деформации в виде трещины в плите перекрытия (рис. 6, <i>a</i> ; рис. 7, <i>b2</i> ). Также присутствует значительная межблоковая трещина, которая начинается над окном, проходит сквозь него и заканчивается в разрушенном входе в башню (рис. 6, <i>c</i> ; рис. 7, <i>d</i> ). Наличие трещины в плите перекрытия окна указывает на то, что максимальные колебания при землетрясении имели траекторию распространения, параллельную простиранию стены. Арка над входом была разрушена полностью (она рухнула вниз). Сегодня в результате разрушения грани часть стены с трещиной, окном и остатками входной арки утрачена. Существующие остатки конструкции закрыты каменной кладкой на цементе (рис. 8, 9).
60	Значительные повреждения: межблоковая трещина с началом возле грунта, окончанием (раскрытием) возле машикулей и расширением кверху (рис. 7, <i>f</i> ; рис. 8, <i>b1</i> ; рис. 10, <i>a</i> ).
90	Значительные повреждения: межблоковая трещина и щель, которая разбивает плиту перекрытия окна (рис. 7, <i>b3</i> ; рис. 10, <i>b, g</i> ).
180	Значительные повреждения: трещина в средней и верхней части башни, которая раскалывает плиту перекрытия окна (рис. 7, <i>b4, h</i> ; рис. 11, <i>e</i> ).
210	Значительные повреждения: раскол плиты перекрытия окна на три части. Эта же трещина продолжается и в следующем блоке, т.е. пробивает два блока подряд (рис. 7, <i>b7</i> ; рис. 11, <i>d</i> ).
240	Повреждения, влияющие на общее неудовлетворительное состояние памятника. Проявлены в виде деформации арки с провисанием замкового камня. Размыкание арок фиксируется как на втором (рис. 7, <i>a3</i> ; рис. 12, <i>c</i> ), так и на третьем этажах (рис. 7, <i>a1</i> ; рис. 12, <i>a</i> ). Те же самые воздействия проявились с внешней стороны в трещинах в плите перекрытия и в подоконнике окна (рис. 7, <i>b6</i> ; рис. 11, <i>b</i> ) третьего этажа и щели в плите перекрытия окна второго этажа (рис. 7, <i>b7</i> ; 11, <i>c</i> ). Такие деформации, как трещины в подоконниках и плитах перекрытия окон, четко свидетельствуют о сейсмической активности в регионе в прошлом. Отметим, что трещина, сформировавшаяся в результате землетрясения в арке на третьем этаже, значительно больше трещины на втором этаже. Это объясняется т.н. «эффектом небоскреба» – увеличением амплитуды колебаний здания с высотой.
300	Значительные повреждения: деформация арки с провисанием замкового камня (рис. 7, <i>a2</i> ; рис. 12, <i>b1</i> ) и межблоковой трещиной, которая уходит вверх (рис. 12, <i>b2</i> ). Размыкание арки фиксируется на третьем этаже. От него по внутренней части башни вверх уходит межблоковая трещина. С внешней стороны стены можно найти трещину в плите перекрытия и в подоконнике окна с хорошо обозначенной межблоковой трещиной на втором и третьем этажах (рис. 7, <i>b8, k</i> ; рис. 13, <i>c</i> ). Сила, воздействовавшая на конструкцию, была значительно больше, чем для грани с простиранием 240°. На это указывает более значительное раскрытие арки и его перерастание в межблоковую трещину.

Современные представления об этом землетрясении несколько отличаются, помещая его к югу от Ялты [Кирилко, 2005]. Если же принять, что эпицентр землетрясения 1423 г. был расположен к северо-востоку от крепости Фуна, то можно уверенно утверждать, что сейсмические деформации печи на участке Илька-1 не могли появиться в результате него.

Но если эпицентр землетрясения 1423 г. не совпадал с эпицентром илькинского землетрясения, то логично было бы предположить, что последнее произошло в конце XV в. Для подтверждения этой гипотезы необходимо найти следы сейсмических деформаций на памятниках юго-западного Крыма второй половины XV в. Экспресс-анализ памятников этого периода позволил выявить два объекта, которые дают возможность сузить хронологию илькинского землетрясения: Чоргуньскую башню и дворец правителей Феодоро.

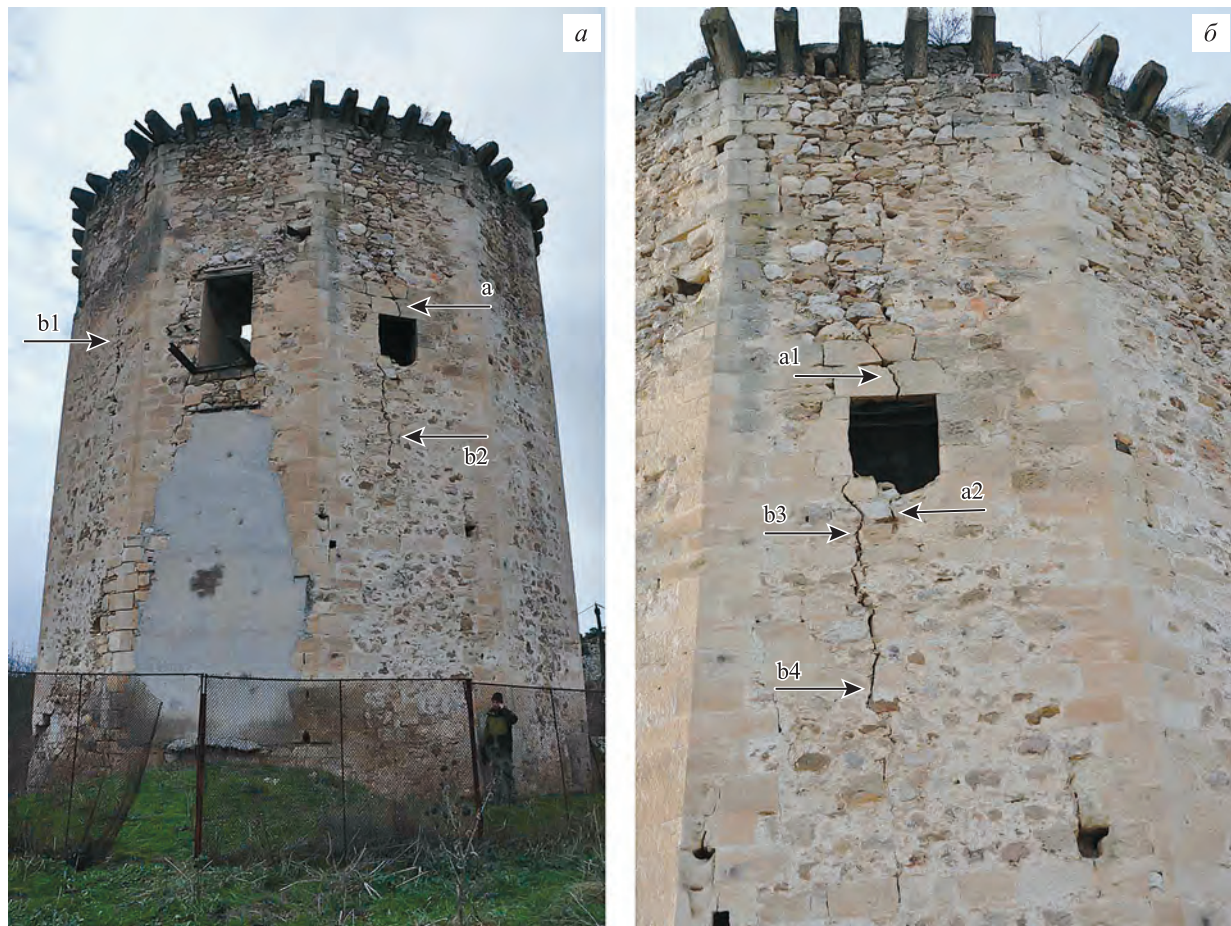
#### Чоргуньская башня

Чоргуньская башня (рис. 6) расположена в долине р. Черная в с. Чоргунь (Черноречье). Ее со-

оружие связано с войной 1433–1434 гг. между Кафой и княжеством Феодоро, по результатам которой последнее утратило две крепости: Чембало и Каламиту. Результатом такой ситуации стала попытка построить новые оборонительные рубежи между долиной р. Черная и Мангупом – столицей Феодоро. Время строительства Чоргуньской башни точно не определено, но это строительство имело смысл только во время генуэзского владения крепостью Каламита в 1434–1441 гг. Кроме того, сооружение Чоргуня могло состояться только после возвращения господина Феодоро Алексея I в Крым из Трапезунда в 1437 г. [Мыц, 2009]. Таким образом, строительство Чоргуньской башни относится к 1437–1441 гг.

Чоргуньская башня представляет собой 22-метровое сооружение, 12-гранное снаружи и круглое внутри. Башня имеет целую систему сейсмических деформаций, описание которых последовательно представлено в табл. 1, начиная с грани с простиранием  $0^\circ$ .

Все присутствующие деформации свидетельствуют о том, что Чоргуньская башня выдержала три сильных землетрясения. Опишем их следы в



**Рис. 8.** Чоргуньская башня, общий вид граней с простиранием  $0^\circ$ ,  $30^\circ$  и  $60^\circ$  (а) и фрагмент грани с простиранием  $0^\circ$  (б): а – трещины в плите перекрытия и в подоконнике окна в грани с простиранием  $0^\circ$ ; б – межблоковые трещины





Рис. 9. Чоргунская башня, вид изнутри (фото с запада)

хронологическом порядке. Самым ранним и наименее разрушительным было землетрясение, следы которого присутствуют в гранях с простиранием  $240^\circ$  (провисающий замковый камень в арке, трещина в подоконнике и плите перекрытия окна),  $60^\circ$  (межблочная трещина) и  $90^\circ$  (трещина в плите перекрытия окна). Судя по всему, это землетрясение не привело к значительному повреждению башни, и ее ремонтов после него мы не фиксируем.

Следы второго землетрясения присутствуют в гранях с простираением  $0^\circ$  (межблочная трещина, трещина, разбивающая два блока подряд, и трещина в подоконнике и плите перекрытия окна),  $30^\circ$  (разрушение входной арки, трещина в плите перекрытия окна и межблочная трещина),  $180^\circ$  (разбитая на три части плита перекрытия окна)

и  $210^\circ$  (разбитая на три части плита перекрытия окна). Это землетрясение значительно повредило башню и привело к потере ей оборонного значения. Ко времени после землетрясения можно отнести следы ремонтов, при которых были заложены ниши в здании.

Третье землетрясение окончательно привело башню в плохое состояние. В результате него в арке третьего этажа грани с простираением  $300^\circ$  провис замковый камень и раскрылась межблочная трещина от арки вверх. С внешней стороны в этой же грани треснула плита перекрытия окна. Возможно, были также повреждены грани с простираением  $30^\circ$  и  $210^\circ$ , где обвалились вход в башню и бойница, поврежденные еще при втором землетрясении.



**Рис. 10.** Чоргунская башня, общий вид граней с простиранием  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  и  $120^\circ$  (а) и фрагмент грани с простиранием  $90^\circ$  (б): а – межблоковая трещина с расширением кверху в грани с простиранием  $60^\circ$ ; б – трещина в плите перекрытия в грани с простиранием  $90^\circ$

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Выяснив расположение следов землетрясений и их относительную хронологию, попробуем дать их хронологическую интерпретацию. Первое землетрясение имело тот же эпицентр, что и илькинское (рис. 2), и, тем самым, с большой достоверностью это было одно и то же событие. Таким образом, следы первого землетрясения в Чоргуне значительно сужают хронологические рамки этого события: с XIV–XV в. на 1437–1441 гг. – конец XV в.

Наиболее проста задача датировки второго землетрясения, поскольку мы можем реконструировать направление распространения удара (рис. 2). Эпицентр этого землетрясения находился на северо-западе от Чоргуны – в Западно-Крымской сейсмической зоне. Именно для этой зоны известно землетрясение 1698 г., эпицентр которого был расположен приблизительно в том же районе [Корженков и др., 2016а]. В пользу этой датировки также говорит то, что в 1666 г. вход в Чоргунскую башню еще не был разрушен, и его описал Э. Челеби [Челеби, 2008].

Эпицентр третьего землетрясения в Чоргунской башне находился в Южно-Крымской сейсмической зоне к югу от Ялты (рис. 2). К этому периоду – XVIII–XX в. – относятся два подходящих события: Ялтинское землетрясение 1927 г. и вероятное землетрясение 1776–1783 гг. [Моисеев и др., 2018].

Точнее определить время илькинского землетрясения, которое пока укладывается в хронологические рамки с 1437–1441 гг. по конец XV в., могут комплексы из раскопок крепости Мангуп. На территории этого древнего города расположен дворец правителя **Феодоро Алексея I 1425 г.** Из раскопок этого памятника был опубликован комплекс дворцового помещения Н [Науменко, Душенко, 2017], построенного между 1462 и 1475 гг. На стенах помещения Н присутствуют следы мощного землетрясения. Самый яркий пример наличия сейсмической активности – это трещина в пороговой плите с простиранием  $172^\circ$  (рис. 14, а).

Другими сейсмическими деформациями в помещении Н являются: во-первых, отрыв северо-



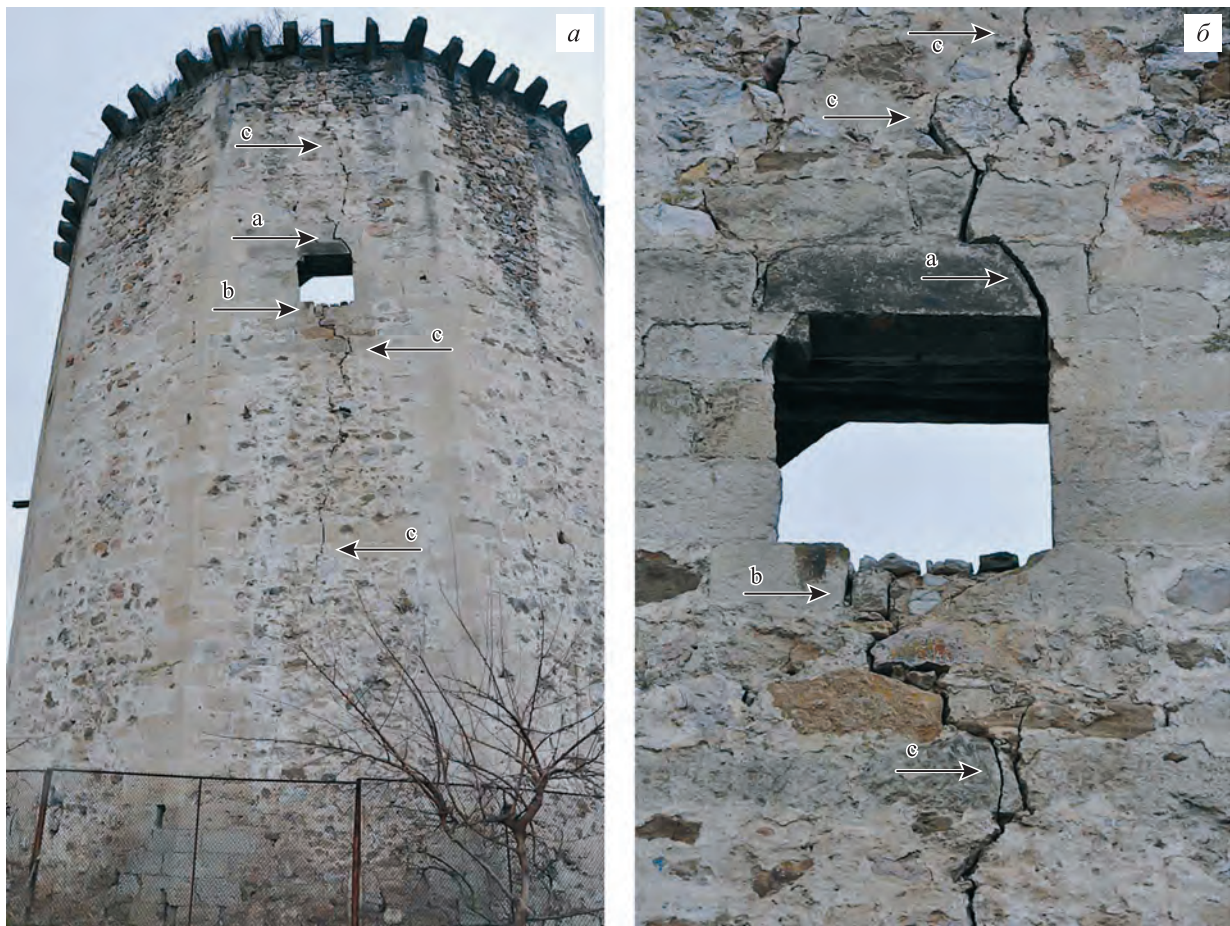


**Рис. 11.** Чоргуньская башня, общий вид граней с простираем 180°, 210° и 240° (а) и фрагменты граней с простираем 240° (б) и 180° (в): а – межблочная трещина; б – трещины в плите перекрытия и в подоконнике окна в грани с простираем 240° третьего этажа; с – трещина в плите перекрытия окна в грани с простираем 240° второго этажа; d – разбитая на три части (одна утрачена) плита перекрытия окна в грани с простираем 210°; e – разбитая на три части (две утрачены) плита перекрытия окна в грани с простираем 180°



**Рис. 12.** Чоргуньская башня, вид изнутри (фото с юга): а – деформация арки с незначительным провисанием замкового камня на третьем этаже в грани с простираем 240°; б – деформация арки с незначительным провисанием замкового камня и межблочной трещиной, уходящей вверх, на третьем этаже в грани с простираем 300°; с – деформация арки с незначительным провисанием замкового камня на втором этаже в грани с простираем 240°





**Рис. 13.** Чоргунская башня, общий вид граней с простираем 270°, 300° и 360° (а) и фрагмент грани с простираем 300° (б): а – трещина в плите перекрытия окна в грани с простираем 300°; б – трещина (?) в подоконнике; с – межблоковая трещина

западного угла здания с разворотом по часовой стрелке (рис. 14, *d*); во-вторых, развороты средних частей западной и восточной стен помещения (рис. 14, *b*, *c*). В обоих случаях развороты произошли по часовой стрелке, на 3° и 6° соответственно, и стены приобрели простираем 178°.

Еще одна деформация расположена в фундаментах северо-восточного угла здания. Благодаря наличию разреза стены с простираем 174° в этом месте мы видим, что фундамент значительно сдвинулся в восточную сторону (рис. 14, *e*).

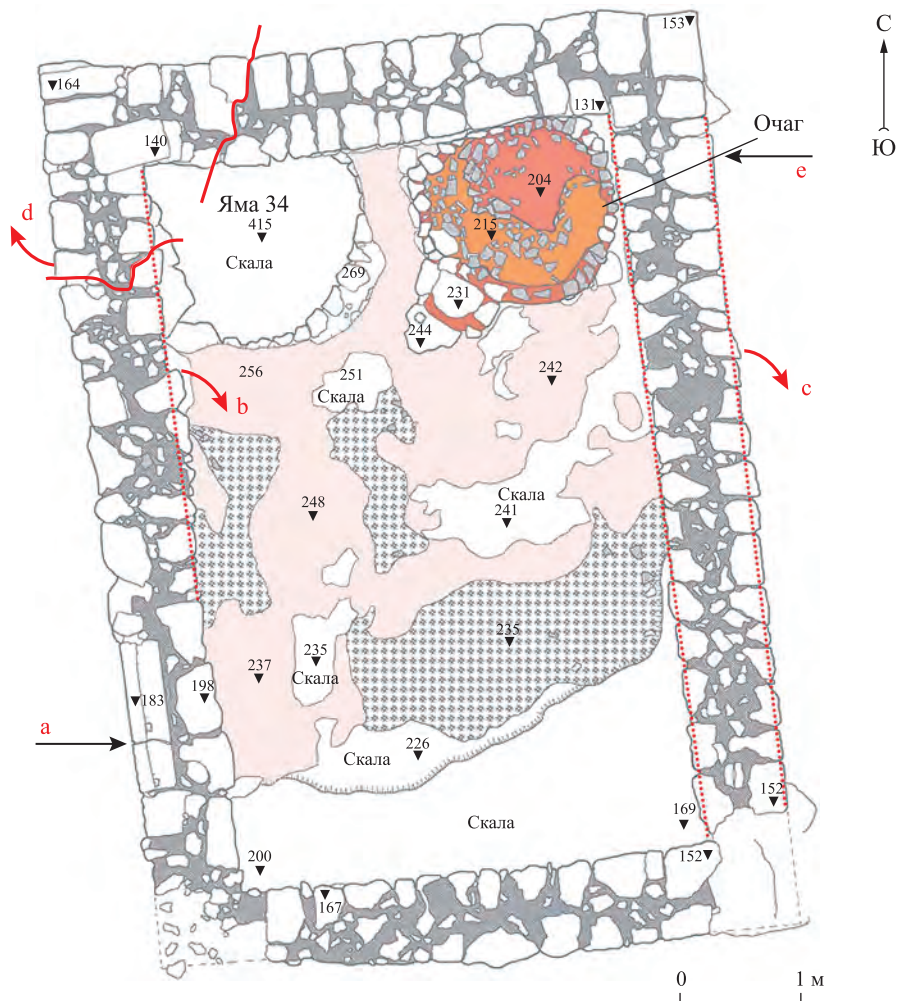
Комплекс описанных деформаций позволяет уверенно интерпретировать их как следы одного достаточно мощного землетрясения. Если не принимать во внимание сдвиг фундамента в северо-восточном углу помещения Н в восточном направлении (рис. 15), то можно сказать, что максимальные сейсмические колебания распространялись с южной стороны. Если же учесть этот сдвиг, то названному выше направлению необходимо дать поправку к западу и принять наиболее вероятное направление расположения эпицентра землетрясения на юго-юго-запад от выявленных деформаций (рис. 3).

В общих чертах эпицентр землетрясения, повредившего помещение Н дворца 1425 г., совпадает с эпицентрами илькинских землетрясения и первого землетрясения в Чоргуне (рис. 16). Можно предположить, что это было одно и то же событие. Выявление сейсмодформаций илькинского землетрясения в помещении Н дворца 1425 г. дает возможность еще больше сузить его хронологию: с 1462 до 1475 гг. Скорее всего, перед нами свидетельства не подтвержденного ранее землетрясения конца XV в. [Хапаев, 2008].

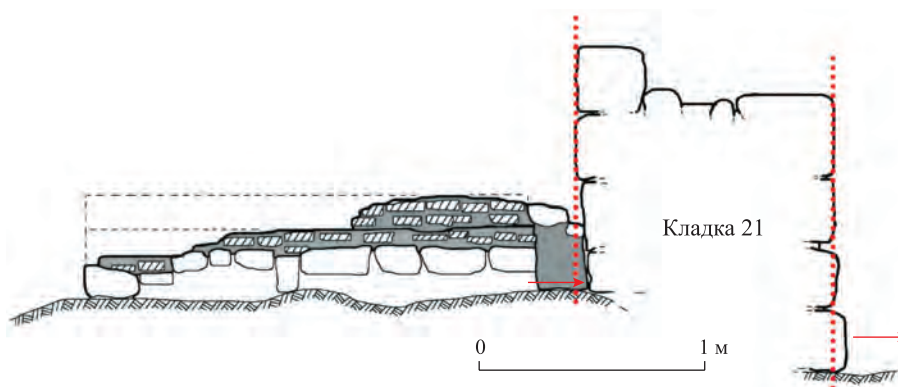
#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Направления распространения максимальных сейсмических колебаний, восстановленные по кинематическим индикаторам в четырех архитектурных памятниках, позволяют предположить, что очаг землетрясения 1462–1475 гг. был расположен к западу от Крымского полуострова. Здесь, вдоль западного берега Крыма, выделяется Западно-Крымская очаговая зона, способная порождать землетрясения с  $M \geq 6.5$  [Сейсмическое..., 1980; Никонов, 1994]. Она представляет собой крупней-

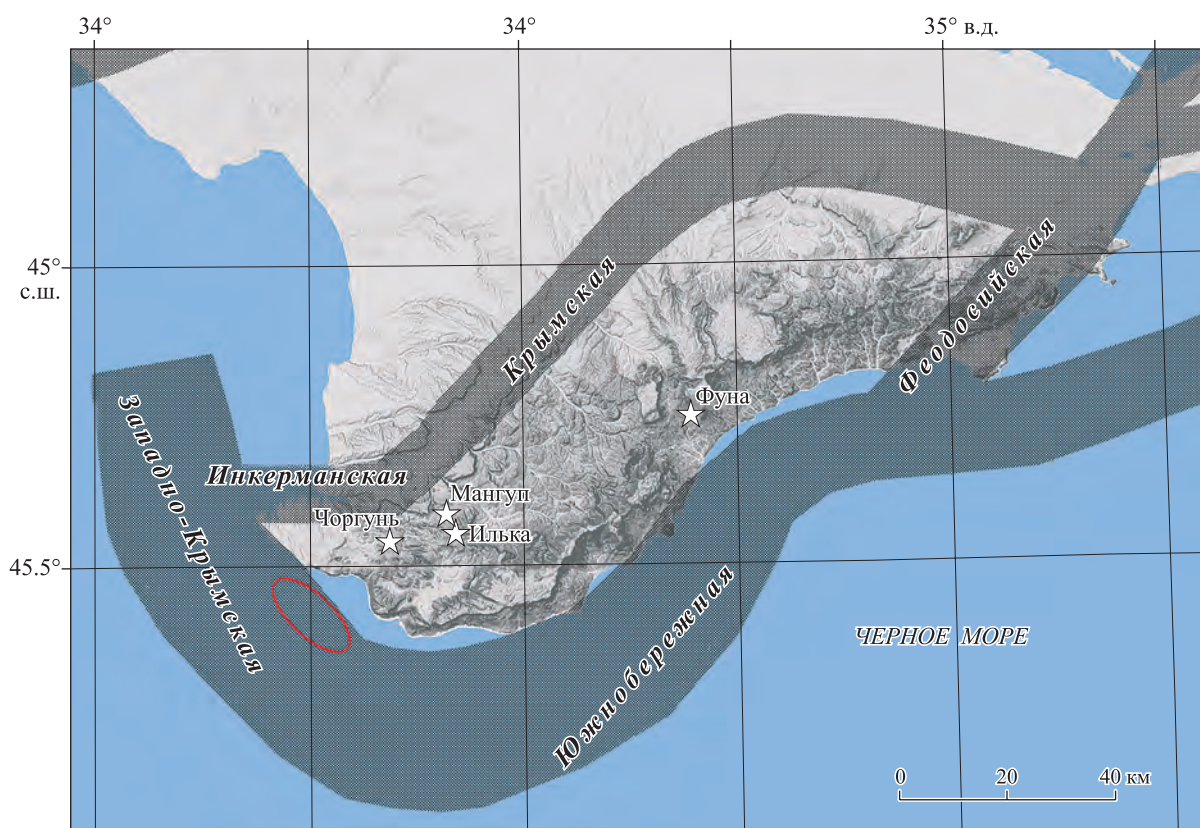




**Рис. 14.** Дворец правителя Феодоро Алексея I 1425 г., помещение Н: *a* – трещина в плите порога; *b* – поворот части западной стены по часовой стрелке на 6° с финальным простиранием 178°; *c* – поворот части восточной стены по часовой стрелке на 3° с финальным простиранием 178°; *d* – отрыв северо-западного угла здания (жирными линиями показаны разрывы стены); *e* – место выдвигения фундамента помещения Н



**Рис. 15.** Дворец правителя Феодоро Алексея I 1425 г., помещение Н. Стрелкой показан сдвиг фундамента, точками – исходное положение фундамента до деформации



**Рис. 16.** Карта Крымского полуострова с сейсмогенерирующими зонами (обзор сейсмогенерирующих зон см. [Корженков и др., 2016; 2017; Моисеев и др., 2018]). Овалом обозначено вероятное расположение эпицентра илькинского землетрясения 1462–1475 гг. (цифровой рельеф SRTM)

ший сдвиг, строение которого изучено геофизическими методами [Строение..., 1992]. Для этой зоны известны землетрясения 1875 г. с  $M = 5.2$  и 1957 г. с  $M = 5.5$ , а также более слабые толчки [Пустовитенко и др., 1989]. По археосейсмологическим данным сюда же отнесены эпицентры нескольких сильных землетрясений древности [Никонов, 1994].

Ранее наши исследования уже позволили восстановить сильное землетрясение 1698 г. с предполагаемым положением очага в Западно-Крымской зоне, которое вызвало сотрясения интенсивностью 8–9 баллов в Бахчисарае и древней столице крымских ханов – Салачике [Корженков и др., 2016а]. Исследования в рамках настоящей работы, позволив выявить еще одно сильное сейсмическое событие, подтверждают высокий сейсмический потенциал и слабую изученность Западно-Крымской сейсмогенерирующей зоны.

#### ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ 18-35-00521 «Актуализация и верификация базы данных о долговременном сейсмическом режиме Крыма с использованием сеймотектонических и

археосейсмологических методов» при частичной поддержке гранта Президента РФ для поддержки научных школ № НШ-5545.2018.5.

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Белик Ю.А., Корженков А.М., Куликов А.В., Ларьков А.С., Мараханов А.Н., Овсюченко 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.
- 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.
- Иогансон А.И. К анализу исторических источников о землетрясениях в Крыму // Вопросы инженерной сейсмологии. 2017. Т. 44, № 3. С. 25–40. <https://doi.org/10.21455/VIS2017.3-2>
- Кирилло В.П. Крепостной ансамбль Фуны (1423–1475 гг.). Киев: Стило, 2005. 269 с.



- Корженков А.М., Лемзин И.Н. Макросейсмическое обследование и геологические условия Кочкор-Атинского (1992,  $M_{LH} = 6.2$ ) землетрясения в Южном Кыргызстане // Наука и новые технологии. 2000. № 3. С. 14–21.
- Корженков А.М., Мазор Э. Структурная реконструкция сейсмических событий: руины древних городов как окаменевшие сейсмографы // Изв. МОН РК, НАН РК. Сер. общественных наук. 2001. № 1. С. 108–125.
- Корженков А.М., Муралиев А.М., Ормуков Ч.О., Сейталиев М.М., Джумабаева А.Б., Гребенникова В.В. Макросейсмическое обследование Кочкорского землетрясения 28 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. 2015а. Т. 42, № 1. С. 5–18.
- Корженков А.М., Кольченко В.А., Лужанский Д.В., Рогожин Е.А., Казмер М., Мажейка Й.В., Деев Е.В., Фортуна А.Б., Шен Д., Юдахин А.С., Абдиева С.В., Родина С.Н. Археосейсмологическое исследование Курментинского средневекового городища (Северо-Восточное Прииссыккулье, Кыргызстан) // Вопросы инженерной сейсмологии. 2015б. Т. 42, № 1. С. 70–81.
- 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. 2016а. Т. 43, № 3. С. 30–47. <https://doi.org/10.21455/VIS2016.3-3>
- 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. 2016б. Т. 15, № 4. С. 43–63. <https://doi.org/10.21455/GPB2016.4-4>
- Корженков А.М., Лужанский Д.В., Абдиева С.В., Деев Е.В., Павлис Т.Л., Рогожин Е.А., Турова И.В., Юдахин А.С. О следах сильного землетрясения в стенах средневековых городищ Сары-Булу на Великом шелковом пути (Западное Прииссыккулье, Северный Тянь-Шань) // Вопросы инженерной сейсмологии. 2016в. Т. 43, № 4. С. 5–20. <https://doi.org/10.21455/VIS2016.4-1>
- 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. 2017. Т. 16, № 3. С. 5–28. <https://doi.org/10.21455/GPB2017.3-1>
- Моисеев Д.А. Ранневизантийская строительная керамика илькинского производственного центра // II Бахчисарайские научные чтения памяти Е.В. Веймарна. Тезисы докладов и сообщений Международной научной конференции. 2013. С. 33–34.
- Моисеев Д.А. Керамиды «хазарского» и «фемного» времени из раскопок Илькинского производственного центра // Степи Европы в эпоху средневековья. 2014а. Т. 12: Хазарское время. С. 277–318.
- Моисеев Д.А. Комплекс строительной керамики XIV в. из раскопок христианского храма в округе горы Илька // МАИЭТ. 2014б. Вып. XIII. С. 278–310.
- Моисеев Д.А., Корженков А.М., Овсяченко А.Н. Следы сейсмогенных разрушений черепичной печи средневекового гончарного центра в балке ручья Суаткан (Бахчисарайский район, Крым) // Геофизические процессы и биосфера. 2018. Т. 17, № 2. С. 23–47. <https://doi.org/10.21455/GPB2018.2-2>
- Мыц В.Л. Кафа и Феодоро в XV в. Контакты и конфликты. Симферополь: Универсум, 2009. 528 с.
- Науменко В.Е. Археологические исследования средневековых памятников Адым-Чокракской долины крымских предгорий // Труды IV (XX) Всероссийского археологического съезда в Казани. 2014. Т. II. С. 302–307.
- Науменко В.Е., Душенко А.А. Княжеский дворец Мангупского городища: помещение Н южного участка комплекса (по материалам коллекции Р.Х. Лепера Государственного Эрмитажа и современных археологических исследований) // МАИЭТ. 2017. Вып. XXII. С. 187–238.
- Никонов А.А. Сильные землетрясения и сейсмический потенциал Западно-Крымской (Севастопольской) очаговой области // Физика Земли. 1994, № 11. С. 20–31.
- 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.
- Овсяченко А.Н., Меньшиков М.Ю., Рогожин Е.А., Корженков А.М. Циклы сейсмической активности во второй половине голоцена на Западном Кавказе и их связь с этапами цивилизационного развития (на примере верховьев р. Мзымта) // Геофизические процессы и биосфера. 2016. Т. 15, № 2. С. 5–38.
- Овсяченко 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. 2017. Т. 96. № 1. С. 5–18. <https://doi.org/10.21455/std2017.1-1>
- Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Горячун А.В. Землетрясения Крымско-Черноморского региона. Киев: Наукова думка, 1989. 190 с.

- Сейсмическое районирование территории СССР. М.: Наука, 1980. 308 с.
- Строение и эволюция земной коры Черного моря / Б.С. Вольвовский, В.Б. Соллогуб, И. Финетти и др. М.: Наука, 1992. 88 с.
- Ханаев В.В. Письменные источники по истории крымских землетрясений античного и средневекового периодов. // Ученые записки Таврического национального университета. Серия «История». 2008. Т. 21 (60), № 1. С. 3–8.
- Челеби Э. Книга путешествия. Крым и сопредельные области. Симферополь: Доля, 2008. 185 с.
- Korzhenkov A.M., Mazor E. Structural reconstruction of seismic events: Ruins of ancient buildings as fossil seismographs // Sci. and New Technol. 1999. No 1. P. 62–74.
- Korzhenkov A.M., Mazor E. Archaeoseismological damage pattern at the ancient ruins of Rehovotba-Negev, Israel // Archaeologischer Anzeiger. 2014. No 1. P. 75–92.
- Korjenkov A.M., Schmidt K. An archaeoseismological study at Tall Hujayrāt al-Ghuzlān: Seismic destruction of chalcolithic and early Bronze Age structures // Prehistoric Aqaba I. Bd. 23. Rahden/Westf.: Verlag Marie Leidorf GmbH, 2009. P. 79–97.
- 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. of Earth Sci. 2003. V. 12. P. 241–261.
- Korjenkov A.M., Arrowsmith J.R., Crosby C., Mamyrov E., Orlova L.A., Povolotskaya I.E., Tabaldiev K. Seismogenic destruction of the Kamenka medieval fortress, Northern Issyk-Kul region, Tien Shan (Kyrgyzstan) // J. of Seismology. 2006. No 10. P. 431–442.
- Korjenkov A.M., Kaiser D., Grounper S. Preliminary analysis of damages of possible seismic origin to historical monuments in North-Eastern Germany // Archeoseismicite & Vulnerabilite. Patrimoinebatouvert au public: Actes des Vie et VIIe Recontres du Groupe APS, 2005. 2008. P. 199–215.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**МОИСЕЕВ Дмитрий Анатольевич** – заведующий Музеем археологии и «пещерных городов», Бахчисарайский историко-культурный и археологический музей-заповедник. 285405, Республика Крым, г. Бахчисарай, ул. Речная, д. 133. E-mail: ohota\_d@ukr.net

**КОРЖЕНКОВ Андрей Михайлович** – доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией палеосейсмологии и палеогеодинамики, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. 123242, г. Москва, ул. Большая Грузинская, д. 10, стр. 1. E-mail: korzhenkov@ifz.ru

**ОВСЮЧЕНКО Александр Николаевич** – кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией сейсмотектоники и сейсмического микрорайонирования, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. 123242, г. Москва, ул. Большая Грузинская, д. 10, стр. 1. E-mail: ovs@ifz.ru

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

## CRIMEAN DESTRUCTIVE EARTHQUAKE OF THE SECOND PART OF THE XV C.

D.A. MOISIEIEV<sup>1</sup>, A.M. KORZHENKOV<sup>2</sup>, A.N. OVSYUCHENKO<sup>2</sup>, A.S. LARKOV<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bakhchysarai preserve, Bakhchysarai, Russia

<sup>2</sup> Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Corresponding author: D.A. Moisieiev, e-mail: ohota\_d@ukr.net

**Abstract.** The article describes 4 Crimean archeological monuments with traces of specific deformations in their building structures. A detailed analysis of these structures made it possible to establish that in the medieval period they were subjected to seismic effects: such deformations were revealed as interblock cracks, cracks in the windows and window sills, reversal of wall parts clockwise or against it, roll up on a slope, deformation (short-term opening) arch structure, etc. Archaeological and historical analysis allowed us chronologically to stratify these seismogenic



deformations and to identify and date several medieval earthquakes. Traces of one of them (the second half of the XV century) were found on three monuments: the tile production center in Ilka, Mangup fortress and Chorgun tower. Maximum seismic oscillations that caused damage to the tile production center in Ilka, the Chorgun tower and the palace of the rulers of Theodoro in 1425, apparently originated from the West Crimean seismogenic zone capable of causing earthquakes with  $M \geq 6.5$ , and date to the second half of the XV century. Previously, this earthquake was known only from one historical source and did not cause much confidence among researchers. But the discovery and description of seismogenic deformations of the Funa fortress in 1423 made it possible to prove the presence of another major seismic event in the Crimea in the second half of the 15th century in addition to the well-known earthquake of 1423.

**Keywords:** Ilka tile production kiln, Funa fortress, Feodoro, Mangup, palace of 1425, Chorgun tower, Crimea, medieval earthquakes, seismic deformations, kinematic indicators

#### ABOUT THE AUTHOR:

**MOISEIEV DMITRI ANATOLIEVICH** - Head of the Archaeology and “Cave towns” museum of the Bakhchysarai preserve. Crimea Republic, Bakhchysarai, Rechnaya ul., 133. E-mail: ohota\_d@ukr.net

**KORZHENKOV ANDREY MIKHAILOVICH** - Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Head of Laboratory of Paleoseismology and Paleogeodynamics, Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences. 123242, Moscow, ul. Bolshaya Gruzinskaya, 10, building 1. E-mail: korzhenkov@ifz.ru

**OVSYUCHENKO ALEXANDER NIKOLAEVICH** - Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Head of Laboratory of the Seismotectonic and Seismic microzonation, Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences. 123242, Moscow, ul. Bolshaya Gruzinskaya, 10, building 1. E-mail: ovs@ifz.ru

**LARKOV ALEXANDER SERGEEVICH** - Research Fellow, Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences. 123242, Moscow, ul. Bolshaya Gruzinskaya, 10, building 1. E-mail: las119@yandex.ru

**Cite this article as:** Moisieiev D.A., Korzhenkov A.M., Ovsyuchenko A.N., Larkov A.S. Crimean destructive earthquake of the second part of the XV c., *Voprosy Inzhenernoi Seismologii* (Problems of Engineering Seismology). 2019. V. 46, No. 2. P. 37–53. [in Russian]. <https://doi.org/10.21455/VIS2019.2-4> English translation of the article will be published in *Seismic Instruments*, ISSN: 0747-9239 (Print) 1934-7871 (Online), <https://link.springer.com/journal/11990>