

УДК 550.34

## СЕЙСМОГЕННЫЕ ДЕФОРМАЦИИ В СТЕНАХ ПОЗДНЕСРЕДНЕВЕКОВОЙ КРЕПОСТИ ЕНИ-КАЛЕ В ВОСТОЧНОМ КРЫМУ

Ю.Л. БЕЛИК<sup>1</sup>, А.М. КОРЖЕНКОВ<sup>2</sup>, А.В. КУЛИКОВ<sup>3</sup>,  
А.С. ЛАРЬКОВ<sup>2</sup>, А.Н. МАРАХАНОВ<sup>2</sup>,  
А.Н. ОВСЮЧЕНКО<sup>2</sup>, Е.А. РОГОЖИН<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Восточно-Крымский историко-культурный музей-заповедник, г. Керчь, Республика Крым, Россия

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

<sup>3</sup>Институт археологии РАН, г. Москва, Россия

**Аннотация.** В статье приведено описание результатов макросейсмического обследования позднесредневековой турецкой крепости Ени-Кале в Восточном Крыму. Хотя на постройки крепости существенно повлияли местная оползневая активность; военные операции Крымской, Гражданской и Великой Отечественной войн; антропогенные факторы, такие как наличие железной дороги и пр., тем не менее многочисленные специфические деформации в стенах крепости позволяют предполагать сильные сейсмические воздействия для объяснения существующих повреждений и разрушений. Местная интенсивность сейсмических колебаний могла составлять  $I = (VIII)–IX$  баллов по макросейсмической шкале МСК-64, а направление максимального суммарного сейсмического воздействия иметь северо-западно-юго-восточное простирание. Вероятно, оставление турками крепости без боя объясняется ее серьезными сейсмическими повреждениями и разрушениями в XVIII в., которые к подходу русской армии еще не были устранены.

**Ключевые слова:** землетрясение, сейсмические деформации, повреждения и разрушения, кинематические индикаторы, древние здания, руины, археосейсмология, Ени-Кале, Керчь, Крым.

### ВВЕДЕНИЕ.

#### МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АРХЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ: ПРИМЕНИМОСТЬ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПАЛЕОСЕЙСМОЛОГИИ

Важной особенностью Восточного Крыма является его богатая история. Изобилие и часто относительно хорошая сохранность многочисленных археологических памятников различных эпох, построенных за последние 2500 лет, создают благоприятные условия для применения археосейсмологического метода при изучении сейсмической истории региона.

Повреждения, наблюдаемые в древних руинах, могут быть вызваны плохой строительной технологией, выветриванием с течением времени (статическое повреждение), разрушениями вражескими армиями, а могут быть результатом зем-

летрясений. Распознавание сейсмической природы повреждений посредством преимущественно ориентированного обрушения строительных элементов является обычным методом, применяемым в археологии. Суть археосейсмологического метода заключается в выявлении и изучении необычных деформаций древних построек: наклонов, изгибов, разрывов и падений стен, смещений верхних частей сохранившихся остатков стен относительно нижних (или наоборот), вращения фрагментов стен вокруг вертикальной оси, сквозного растрескивания и других возможных следов сейсмических сотрясений.

Особенности разрушений, наблюдаемые в древних (так же, как и в современных) руинах, служат количественным инструментом для решения трех главных задач:

- 1) продление сейсмической летописи на временной интервал в тысячи лет;
- 2) локация эпицентров событий методом, не зависящим от записей сейсмической сети и дополняющим их;
- 3) идентификация зон с сейсмически наведенной деформацией сжатия и растяжения.

Наиболее «удобный» для целей археосейсмологии случай представляет выход очага сильного исторического землетрясения на поверхность. При этом разрываются и смещаются строительные конструкции [Klinger et al., 2000; Rukieh et al., 2005; Korjenkov et al., 2006]. Такие деформации маркируют эпицентральные зоны на поверхности. По величине и направлению смещения строительных элементов (например, городских стен или акведуков) можно определить кинематические характеристики сейсмического события и рассчитать их численные параметры. Время события определяется по возрасту археологических артефактов и данным определения абсолютного возраста. Таким образом, сравнительно легко решаются три главных вопроса сейсмологической науки: где, когда и какой силы.

Но подобные случаи выхода сейсмических очагов на поверхность в пределах древних городов крайне редки. Чаще всего археологи имеют дело с многочисленными деформациями и разрушениями в строительных конструкциях, которые они традиционно приписывают нашествию иноземных армий или добровольному оставлению населенных пунктов местными жителями (например, при изменении местного гидрологического режима).

Метод изучения сейсмических повреждений, примененный в данном исследовании к археологическим объектам, был предварительно прокалиброван нами при исследовании Кочкор-

Атинского и Суусамырского землетрясений (оба — 1992 г., Кыргызстан), а затем использован при археосейсмологических исследованиях на Ближнем Востоке [Korzhnikov, Mazor, 1999; Korjenkov, Schmidt, 2009; и др.], в Средней Азии [Korjenkov et al., 2003; Корженков и др., 2012; и др.] и Германии [Korjenkov et al., 2008; и др.], на Кавказе и в Крыму [Винокуров и др., 2015; Корженков и др., 2015].

Здания, стены и другие конструкции, построенные из обработанных каменных или глиняных блоков или кирпичей, образуют сеть геометрических линий, составляющих прямоугольники, что позволяет исследователям идентифицировать тип и величину деформаций с точностью в несколько градусов и сантиметров. Систематичность ориентации сейсмических разрушений в древних зданиях позволила создать банк данных для оценки интенсивности исторических землетрясений и реконструкции направления суммарных максимальных сейсмических воздействий. Ниже приводится список типов известных сейсмических разрушений строительных конструкций, аналогии которых выявлены нами в крепости Ени-Кале.

*Систематически направленные наклоны и обрушения стен, а также горизонтальное смещение (выдвижение) отдельных частей строительных конструкций.* Подобные разрушения построек представляют собой результат сильных землетрясений. В случае смещений нижние части строительной конструкции смещаются вместе с грунтом в направлении соответствующих сейсмических подвижек, в то время как верхние части остаются на месте вследствие инерции (рис. 1).

*Разрушение углов зданий.* При землетрясениях это происходит в результате разнонаправленных колебаний перпендикулярно соединенных стен в различных направлениях (рис. 2). В результате сейсмических движений на контакте стен различных простираний образуются *длинные трещины*, зачастую на всю высоту стены. По этим трещинам иногда происходит *выкалывание* — отделение

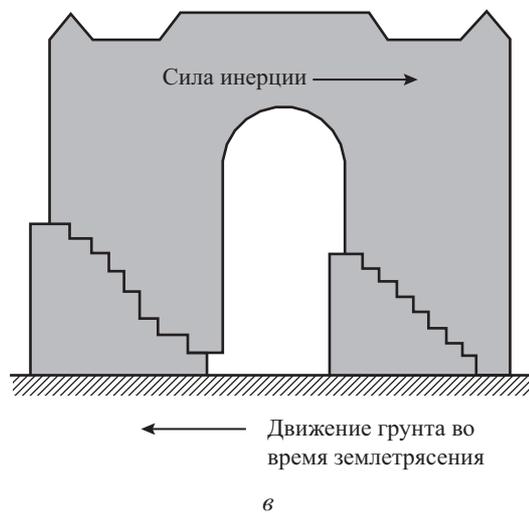
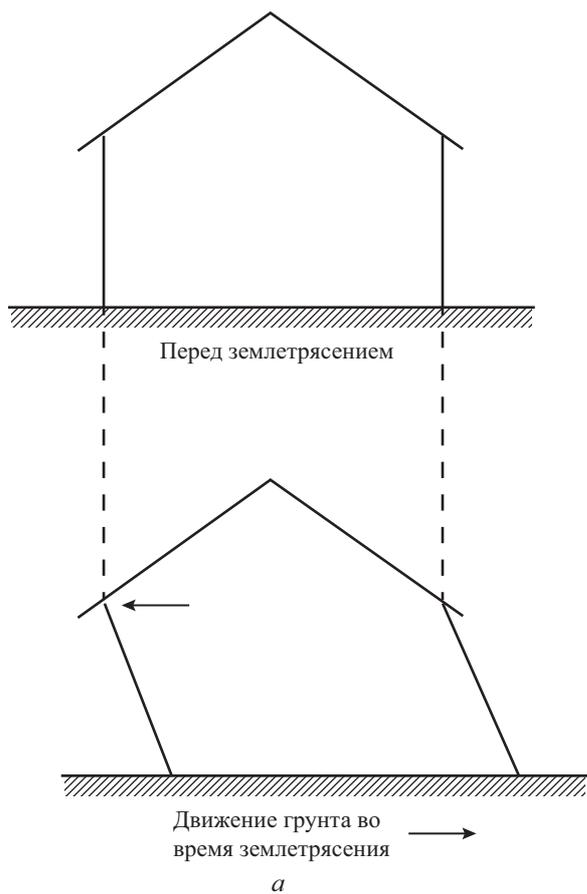
→

**Рис. 1.** Наклоны, обрушения и выдвигания верхних частей зданий во время сильных землетрясений *a* — схема наклона здания при сильных землетрясениях (по [Rapp, 1986] с изм.);

*b* — эпицентральная зона Измитского землетрясения (Турция) 1999 г. ( $M_w = 7.6$ ). Фото проф. Эрхана Алтунеля

*1* — сейсмический разрыв; *2* — направление смещения (правый сдвиг); *3* — направление обрушения зданий (большинство (90%) зданий обрушились в направлении, противоположном сеймотектоническим подвижкам);

*в* — схематическое изображение смещения верхней части современного памятника на кладбище в с. Бель-Алды в направлении эпицентра Суусамырского ( $M_S = 7.3$ ,  $I_0 = IX-X$ ) землетрясения 1992 г. в Кыргызстане



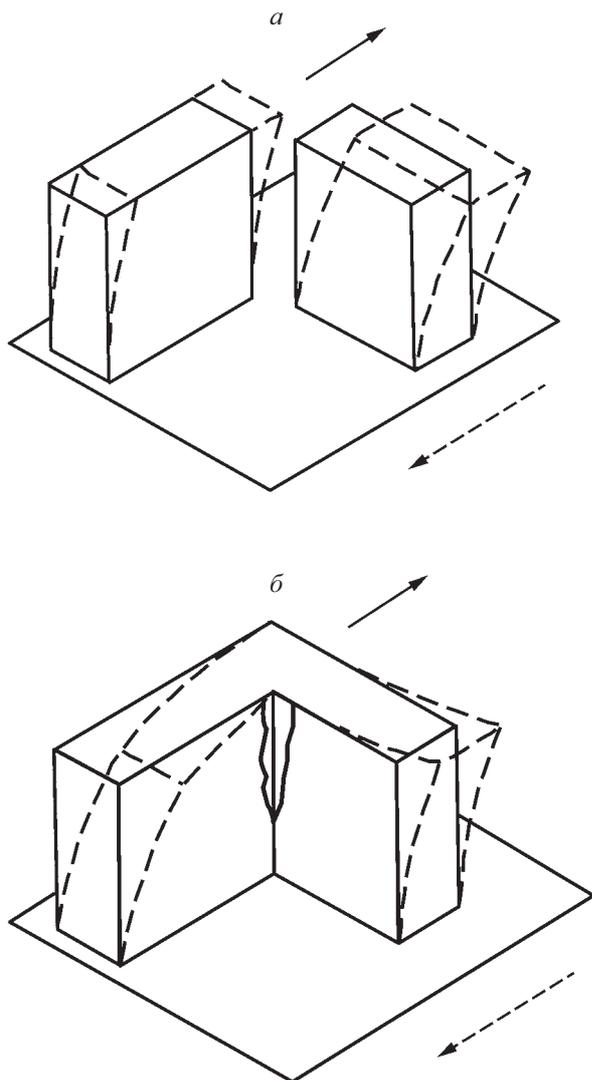


Рис. 2

Рис. 2. Модель деформации углов здания во время сильного землетрясения (по [Arnold, 1989] с изм.)

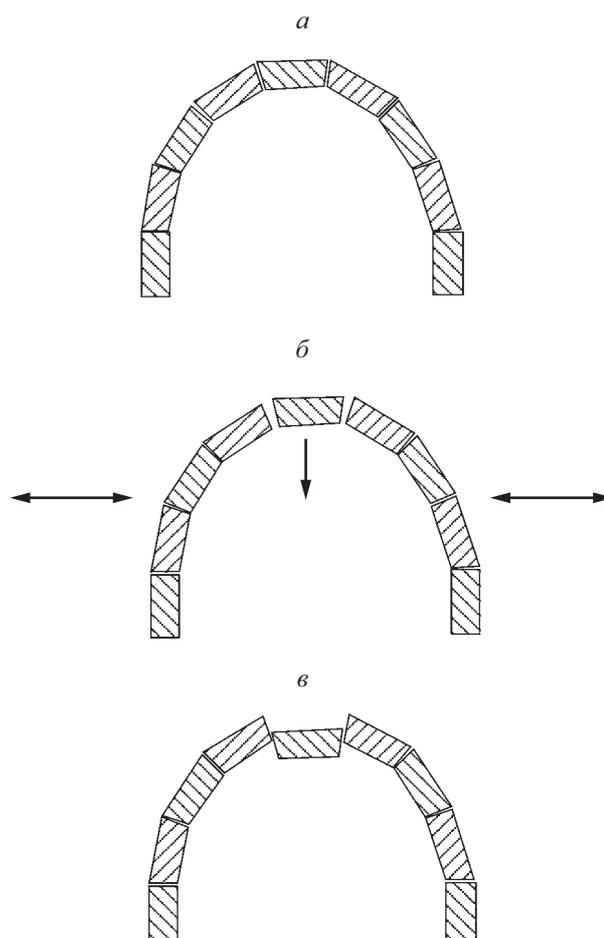


Рис. 3

Рис. 3. Схема образования провисших замковых камней в арочных конструкциях при сейсмическом воздействии

Пояснения см. в тексте

угловых частей зданий, их выдвигание, и при продолжительных колебаниях обрушение.

*Провисшие замковые камни в арочных конструкциях.* Смещение арочного замкового камня отражает событие — мгновение кратковременного растяжения, во время которого камень успевает немного проскользнуть вниз (рис. 3). Это кратковременное растяжение сменяется затем обычным состоянием сжатия, которое фиксирует замковый камень в его новом положении. Кратковре-

менное состояние растяжения вызывается прибитием сейсмического удара, воздействующего на арочную опору, что вызывает моментальный наклон ее верхней части.

*Вращения отдельных строительных блоков, кирпичей, камней или постаментов колонн, а также значительных фрагментов стен или всей стены целиком.* Этот тип повреждений часто наблюдается в сейсмически активной области. Вращение вызывается сдвиговой парой сил, приложенной

к плоскому элементу конструкции. Максимальное суммарное сейсмическое воздействие, направленное параллельно к простиранию стен или перпендикулярно к его стенам, приводит к обрушению, смещению или наклону без вращения (рис. 4, а). Вращение имеет место в случаях, когда главные напряжения приложены под углом к элементу конструкции и результирующие сдвиговые напряжения высоки (рис. 4, б). Таким образом, развернутые элементы, находящиеся на перпендикулярно ориентированных стенах, должны иметь противоположное направление вращения, если сейсмический толчок прошел вдоль биссектрисы угла между ними (рис. 4, в).

Трещины, пробивающие насквозь несколько соседних строительных блоков (рис. 5, а) или целую стену, свидетельствуют о сильном землетрясении, так как трещине для преодоления пространства между соседними блоками необходима значительная энергия. Конечно, подобные трещины образуются также при взрывах и воздействии таранов, но практически никогда со временем при статической нагрузке. Трещины, распространяющиеся по границам строительных блоков или кирпичей (рис. 5, б), возникают и при землетрясениях, однако они могут проявиться и при статических нагрузках или просадках грунта.

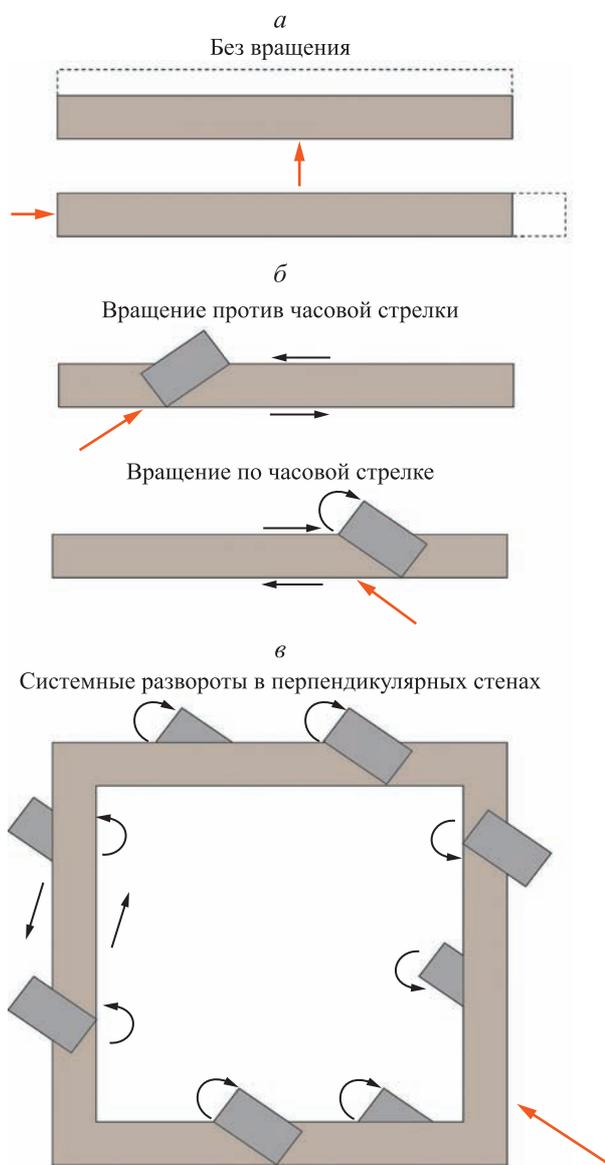
Следует учитывать, что свидетельства разрушительного землетрясения в археологическом комплексе становятся тем более очевидными, чем больше выделяется типов и случаев сейсмических повреждений, а обнаруженные сейсмические деформации моложе самих строительных конструкций, но старше последующего ремонта или перекрывающих сооружений.

Мы попытались применить археосейсмологический метод для макросейсмического обследования позднесредневековой турецкой крепости Ени-Кале, расположенной в восточной части Крымского п-ова. Крепость известна своими серьезными разрушениями и повреждениями, хотя исторические источники указывают, что форт был оставлен турками без боя.

#### ИСТОРИКО-АРХЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

Литература по истории региона, а также по строительству и существованию крепости Ени-Кале обширна [Томилов, 1868; Дружинина, 1955; Веселов, 1963; Орешкова, 1971; Тимофеенко, 1984; Подгородецкий, 1988; Челеби, 1999; Тункина, 2002; Смирнов, 2005; Белик, 2007, 2008; и др.]. Ниже мы приведем лишь краткое описание, относящееся к истории вопроса.

В начале XVIII в. на западном берегу Керченского пролива турки возводят долговремен-

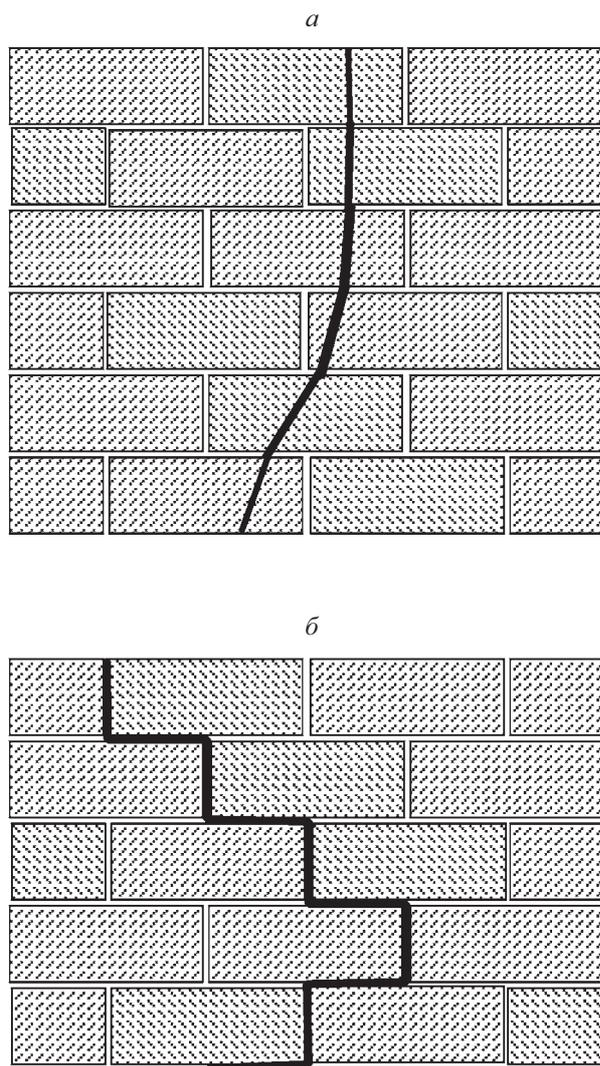


**Рис. 4.** Вращение элементов здания (по [Корженков, Мазор, 2001] с изм.)

а — отсутствие вращения элементов строительных конструкций при сейсмических колебаниях, перпендикулярных к стене;

б — вращение элементов здания при сейсмических колебаниях, направленных под углом к стене;

в — противоположное вращение перпендикулярных стен здания, вызванное сейсмическими колебаниями, действующими вдоль биссектрисы угла между ними



**Рис. 5.** Сквозные (а) и межблоковые (б) трещины в стенах зданий, возникающие при землетрясениях и статических нагрузках

ное фортификационное сооружение, получившее наименование Ени-Кале — Новая крепость [Иваніна, 2002; Белик, Ткачук, 2007]. Крепость расположена в восточной части Керченского п-ова (рис. 6), в районе относительно пологого каменистого мыса, обозначенного на современных картах как м. Ени-Кале [Подгородецкий, 1988; и др.]. Расположение крепости на скалистом берегу в северной, узкой части Керченского пролива, где судоходный фарватер приближен к берегу, было выбрано весьма удачно.

Возведение крепости Ени-Кале, согласно историческим источникам, началось в 1703 г. и завершилось около 1709 г. Но на протяжении всей

истории существования крепости происходила модернизация оборонительных сооружений [Томілов, 1868; Орешкова, 1974; Тимофеенко, 1984; Челеби, 1999; Иваніна, 2002; Смирнов, 2005; Белик, 2007; Белик, Ткачук, 2007].

Профиль крепости Ени-Кале имеет долговременный характер (рис. 7), которому присуще наличие, помимо главного вала, внутренних и наружных вспомогательных построек. Крепостная ограда располагалась на линиях полигона многоугольника неправильной формы, ее начертание производилось по внешнему полигону. Это типичный прием, использовавшийся при постройке крепостей для удобного размещения исходящих углов бастионов и редана (открытое полевое укрепление) с учетом особенностей местности. Всего было возведено четыре бастиона, что позволяло усилить защиту прилегающей местности за счет косоприцельного огня и создать фланговую оборону крепостного рва [Теляковский, 1855; Иохер, 1889; Шперк, 1957; Яковлев, 2000; Белик, Ткачук, 2007].

Крепостная ограда состояла из рва и основного вала с бруствером, который на данный момент сохранился частично; сохранился также гласис (пологая насыпь впереди наружного рва крепости), имеющий в своей конструкции прикрытый путь и прикрытый плацдарм. Ров окружает крепость только с трех сторон. Приморские укрепления не защищены рвом.

Наклон лицевой стены (эскарпа), составляющий  $75-80^\circ$  куртины (средняя часть бастионного фронта) и бастионов, объясняется стремлением придать стенам устойчивость [Гавриленко и др., 1992]. Подобная практика характерна для большинства крепостей нового времени, сооружавшихся в период развития гладкоствольной артиллерии [Теляковский, 1855; Иохер, 1889; Шперк, 1957]. В бруствере крепости были устроены амбразуры, имеющие вид усеченной пирамиды, обращенной широким основанием наружу. Амбразуры были приспособлены для ведения артиллерийского огня.

В крепости находилось трое ворот: Азовские, Арабатские, Черноморские. Казематированные постройки в крепости были в основном охранительные — пороховые склады, магазины, арсенал и т.д., но также были и оборонительные (например, каземат). Следует выделить среди построек и такие сооружения, как солдатские и офицерские казармы, баня, арсенал, магазин. Среди специальных элементов конструкции в первую очередь следует отметить угловые дозорные башни, вынесенные за внешнюю плоскость фасадной стены и огражденные наружными стенами.

Географические особенности расположения крепости Ени-Кале не позволяли полностью

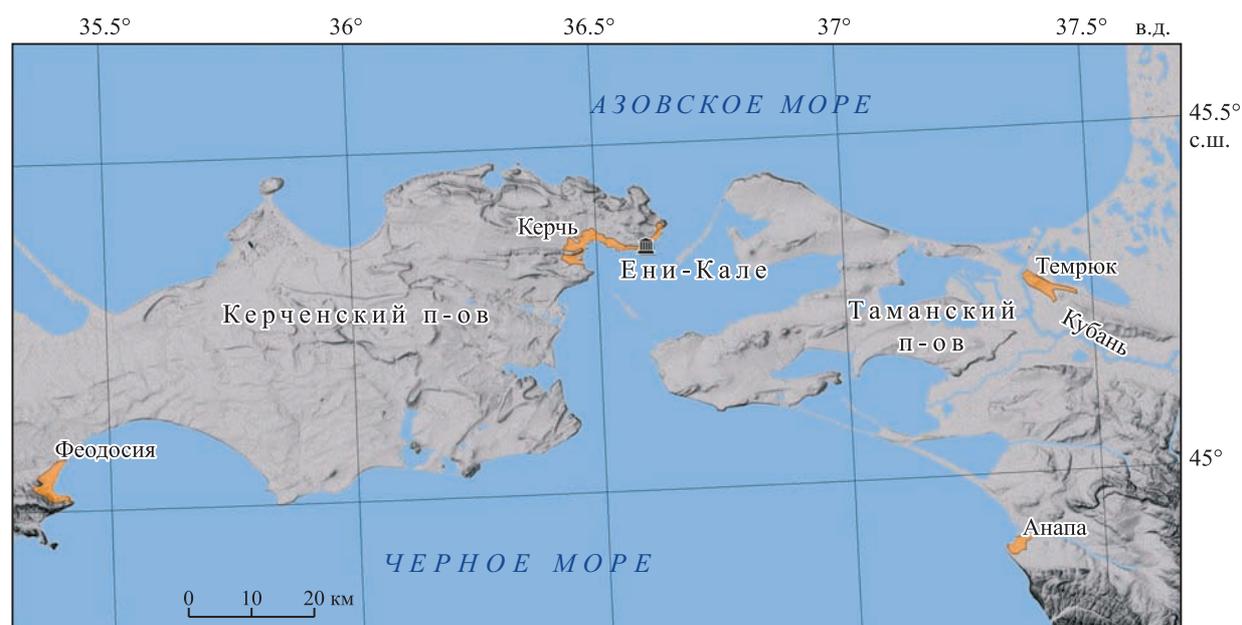


Рис. 6. Расположение крепости Ени-Кале на Керченском п-ове

обеспечить пункты водоснабжения из собственных подземных источников. Водоснабжение осуществлялось за счет целого комплекса гидротехнических мероприятий [Веселов, 1963; Неумывакин, 1972; Тункина, 2002; Белик, 2008].

Важно отметить, что водопровод, питавший крепость и сооруженный одновременно с ее постройкой, по данным исторических источников, пришел в негодность вскоре после его сооружения, так что русские путешественники, посетившие окрестности крепости Ени-Кале в конце XVIII – начале XIX в., видели только полуразрушенные опоры акведука с просевшими арками, которые удерживали каменное ложе водопровода.

Крепость Ени-Кале сооружена на рубеже фортификационных эпох (конец XVII – начало XVIII в.). Многие недостатки итальянской системы (начертание фронта по внутренней линии полигона, слабость обороны куртин и др.) были компенсированы новыми достижениями, заимствованными в первую очередь из французской системы долговременной фортификации.

В 1771 г. крепость Ени-Кале фактически без боя перешла в руки русской армии [Дружинина, 1955]. Среди множества причин «легкого» перехода столь важного форпоста мы можем указать и самую прозаичную — безответственное отношение последнего коменданта крепости Абазех-паши (Абасы-паша) к своим обязанностям, что в итоге стоило ему жизни.

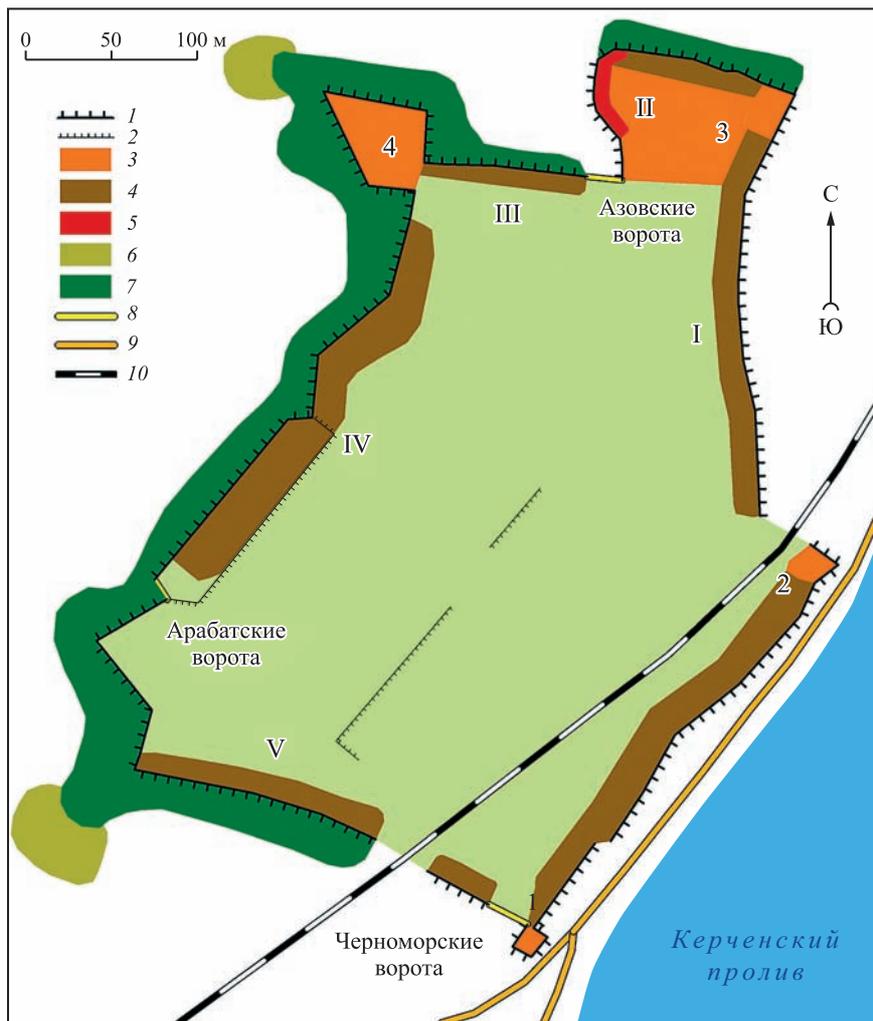
Согласно подписанному 10 июля 1774 г. Кючук-Кайнарджийскому мирному договору, крепость Ени-Кале наряду с г. Керчь передавалась в «вечное и непрекословное владение» Российской империи.

#### ПОЛУЧЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе наших исследований удалось выявить ряд значительных деформаций в стенах крепости Ени-Кале (рис. 8).

*Отседание к морю значительного участка прибрежной (восточной) части крепостной стены на 2.5 м (рис. 9).* Следует заметить, что однозначно определить причину отседания невозможно. Во-первых, эта часть стены крепости располагается у уреза воды Керченского пролива. Во-вторых, за более чем 300-летнюю историю существования крепости на ее постройки оказывались пассивные и активные антропогенные воздействия, в том числе военного характера. Через территорию крепости уже более 70 лет проходит железная дорога. Плановые ремонты железнодорожного полотна происходили регулярно, даже в период 1991–2015 гг. И, в-третьих, данный регион характеризуется сложной сейсмической ситуацией.

*Субвертикальные межблоковые трещины в крепостной стене* длиной на всю высоту стены (рис. 10). Очевидно, что они не являются просадочными: величина зияния увеличивается квер-



**Рис. 7.** Схематический план крепости Ени-Кале

1 — крепостная стена; 2 — остатки внутренних стен; 3 — бастионы: 1 — водный, 2 — северо-восточный, 3 — северный, 4 — северо-западный; 4 — куртины: I — восточная, II — северо-восточная, III — северная, IV — западная, V — южная; 5 — орийон; 6 — исходящий плацдарм прикрытого пути; 7 — крепостной ров; 8 — крепостные ворота; 9 — автомобильная дорога; 10 — железная дорога

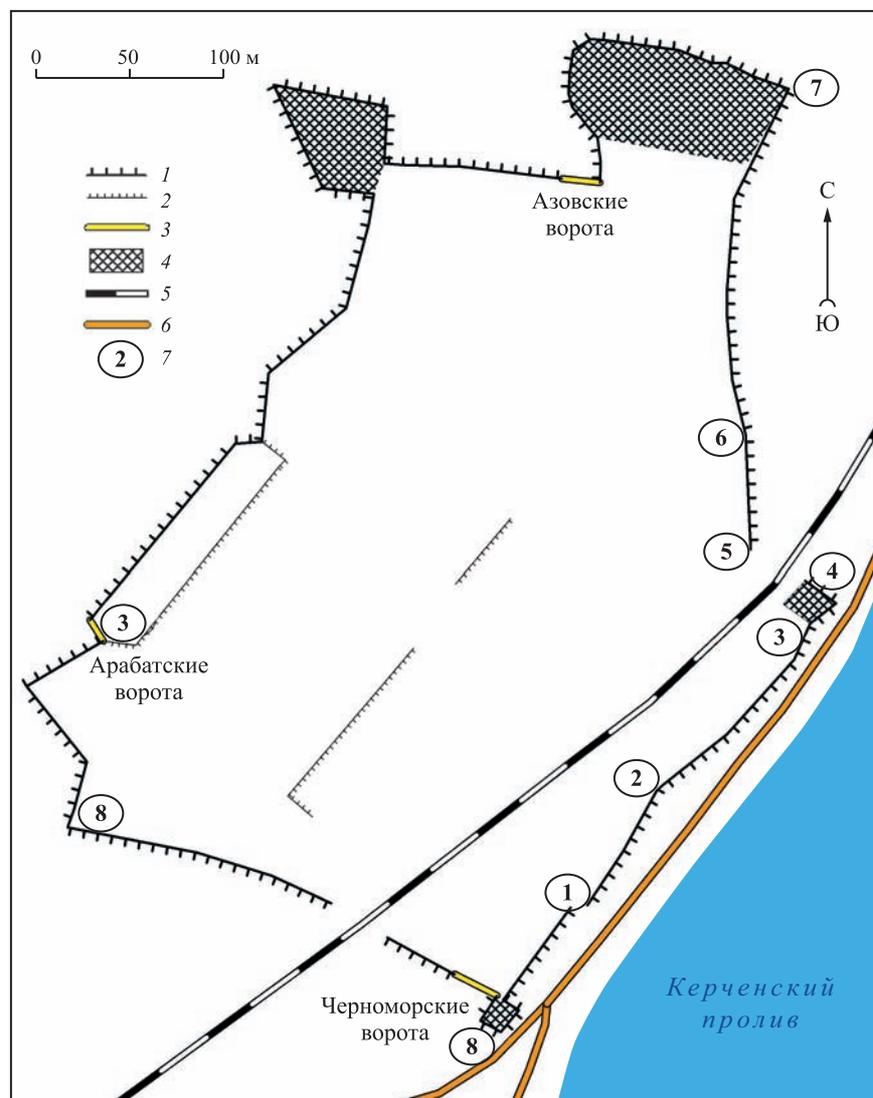
ху (при просадках должно быть наоборот). Таким образом, здесь наблюдается так называемый эффект небоскреба: максимальная свобода колебаний — в верхней части стены. Так, нами наблюдалась вертикальная межблоковая трещина в восточной, приморской, стене крепости. Величина зияния увеличивается кверху, достигая максимума раскрытия 40 см.

*Деформации арочных конструкций* (рис. 11). Известно, что в арочных конструкциях максимум напряжений сжатия приарочного участка стены сосредоточивается на замковом камне арки. Если наблюдается деформация этой конструкции — это свидетельство проявления очень кратковре-

менного эпизода(ов) растяжения, связанного чаще всего с колебаниями во время землетрясений, действующими параллельно простираению арки.

*Отрыв целиком от куртины и разворот вокруг вертикальной оси по часовой стрелке восточного бастиона (бастион 2) крепости целиком* (рис. 12). Имеется также значительный наклон юго-восточной куртины крепости и бастиона 2 на северо-запад.

*Значительные наклоны стен против уклона местности* (рис. 13), т.е. наклоны, не связанные с силами гравитации. Известно, что при строительстве подобных стен-куртин внутренний фас



**Рис. 8.** Схематический план крепости Ени-Кале с указанием местоположения предположительно сейсмогенных деформаций

1 — внешние крепостные стены; 2 — остатки внутренних стен; 3 — крепостные ворота; 4 — бастионы; 5 — железная дорога; 6 — автомобильная дорога; 7 — места сейсмогенных деформаций, описанных в настоящей статье: **1** — отседание к морю участка крепостной стены (см. рис. 9); **2** — субвертикальные межблоковые трещины в крепостной стене (см. рис. 10); **3** — деформации арочных конструкций (см. рис. 11); **4** — отрыв от куртины и разворот вокруг вертикальной оси восточного бастиона (см. рис. 12); **5** — значительные наклоны крепостных стен-куртин (см. рис. 13); **6** — систематические изломы и развороты крепостной стены в виде гармоник (см. рис. 14); **7** — деформации углов бастионов (см. рис. 15); **8** — протяженные сквозные трещины, пробивающие подряд несколько строительных блоков (см. рис. 16, 17)



**Рис. 9.** Разрыв в юго-восточной стене крепости Ени-Кале вследствие ее отседания к морю и разворота северо-восточной части стены длиной 50 м против часовой стрелки на  $15^\circ$



**Рис. 10.** Межблоковая субвертикальная трещина на всю высоту юго-восточной стены крепости Ени-Кале



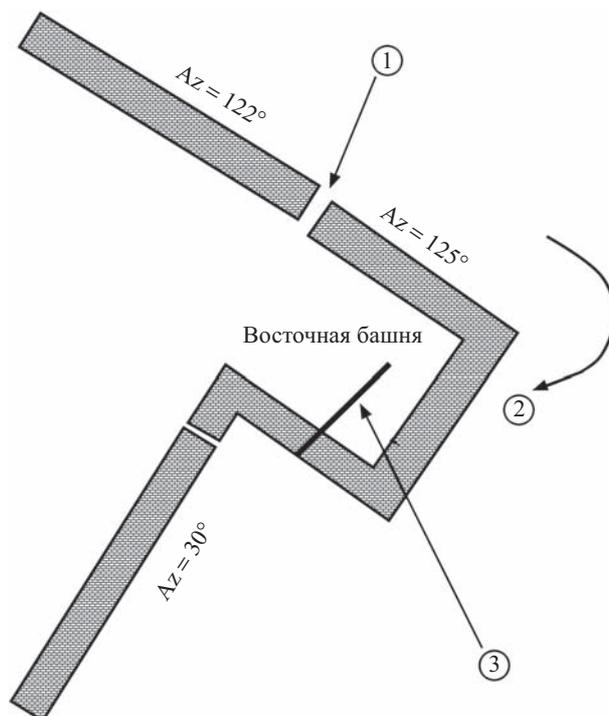
**Рис. 11.** Деформации арочных конструкций в постройках крепости Ени-Кале  
*a* — трещина в центральной части арки, продолжающаяся в свод каземата восточного бастиона (бастион 2), возникшая в результате кратковременного отседания участка стены к морю. Простираение арки 125°;  
*б* — асимметричная деформация и провисание одного из арочных блоков Арабатских ворот

должен быть строго вертикальный, а внешний фас — с небольшим углом заложения. Такова была технология кладки в XVIII в.

*Систематические изломы и развороты крепостной стены в виде гармошки* (рис. 14, *a*). При таком характере повреждений стена испытывала горизонтальное сжатие, приложенное парал-

лельно ее простираению. К изломам стены приурочено выпадение слагающих ее каменных блоков (рис. 14, *б*).

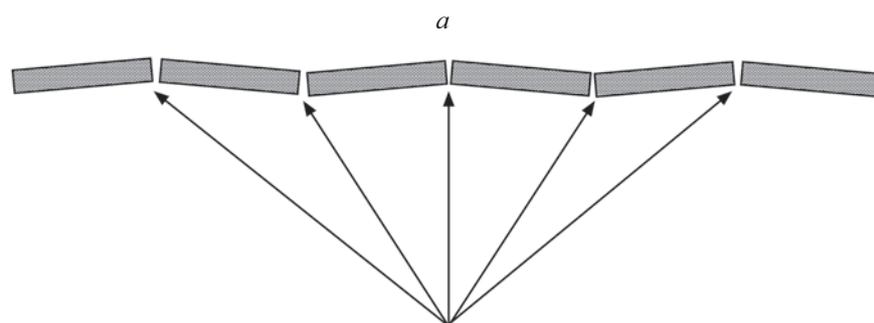
*Деформации углов бастионов:* выкалывание, выдвигание и выпадение наружу угловых частей бастионов против уклона местности, развороты угловых фрагментов стен (рис. 15). Следует от-



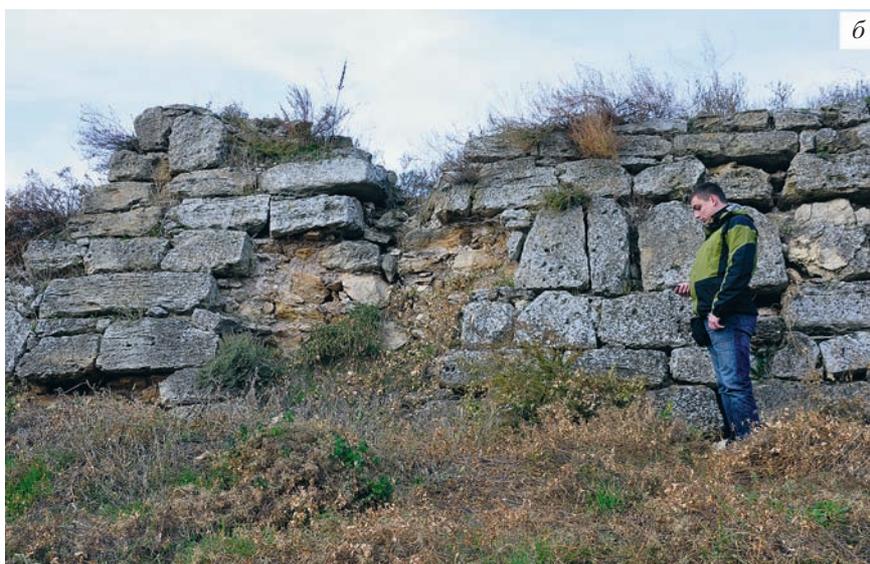
**Рис. 12.** Схематический план восточного бастиона (бастион 2) крепости Ени-Кале  
Цифры в кружках — деформации: 1 — отрыв всего бастиона от смежных куртин (ширина разрыва — 30–40 см); 2 — разворот отделившейся части бастиона целиком на  $3^\circ$  по часовой стрелке, наклон юго-восточной куртины на северо-запад (против уклона местности); 3 — межблоковая трещина в юго-западной арке и своде. Az — азимут простирания



**Рис. 13.** Наклон восточной стены ( $Az = 120^\circ$ ) крепости Ени-Кале (внутренняя часть) к юго-западу под углом  $75^\circ$  против уклона местности



Разрывы в крепостной стене и приуроченные к ним вывалы слагающих ее камней наружу или вовнутрь



**Рис. 14.** Деформация восточной (субмеридиональной) стены крепости Ени-Кале в виде гармошки с разрывами и выпадением слагающих ее камней  
*a* — схематический план; *б* — фотография на местности

метить, что на данном участке крепости имеются закладные элементы, относящиеся к более позднему периоду ее существования. Их деформация может быть вызвана другими, несейсмогенными, причинами. На рис. 15, *в* обращает на себя внимание фигурная форма каменного блока в нижней части кладки (на него облокотился человек). Использование подобных блоков является специальным антисейсмическим приемом в строительстве.

Протяженные сквозные трещины в крепостной стене, пробивающие несколько строительных блоков подряд, в юго-восточном углу крепости (рис. 16). Для формирования подобных трещин необходимо мгновенное приложение значительного количества энергии. Следов воздействия

осадных орудий не было обнаружено, как не было обнаружено деформаций стены при взрывах рядом тяжелых авиационных бомб во время Великой Отечественной войны. Скорее всего, подобные трещины в стене крепости Ени-Кале возникли под действием сильного землетрясения.

Аналогичная сквозная трещина, пробивающая насквозь как коренные породы, так и каменную кладку, была выявлена в раскопе к востоку от Черноморских ворот крепости (рис. 17). По этой трещине также имело место смещение: проседание западного блока (против сил гравитации!) с образованием так называемых pull-apart'ов – прямоугольных раскрытий (см. рис. 17, *б*), а также его небольшое вращение по часовой стрелке на 2–3° (см. рис. 17, *а*).



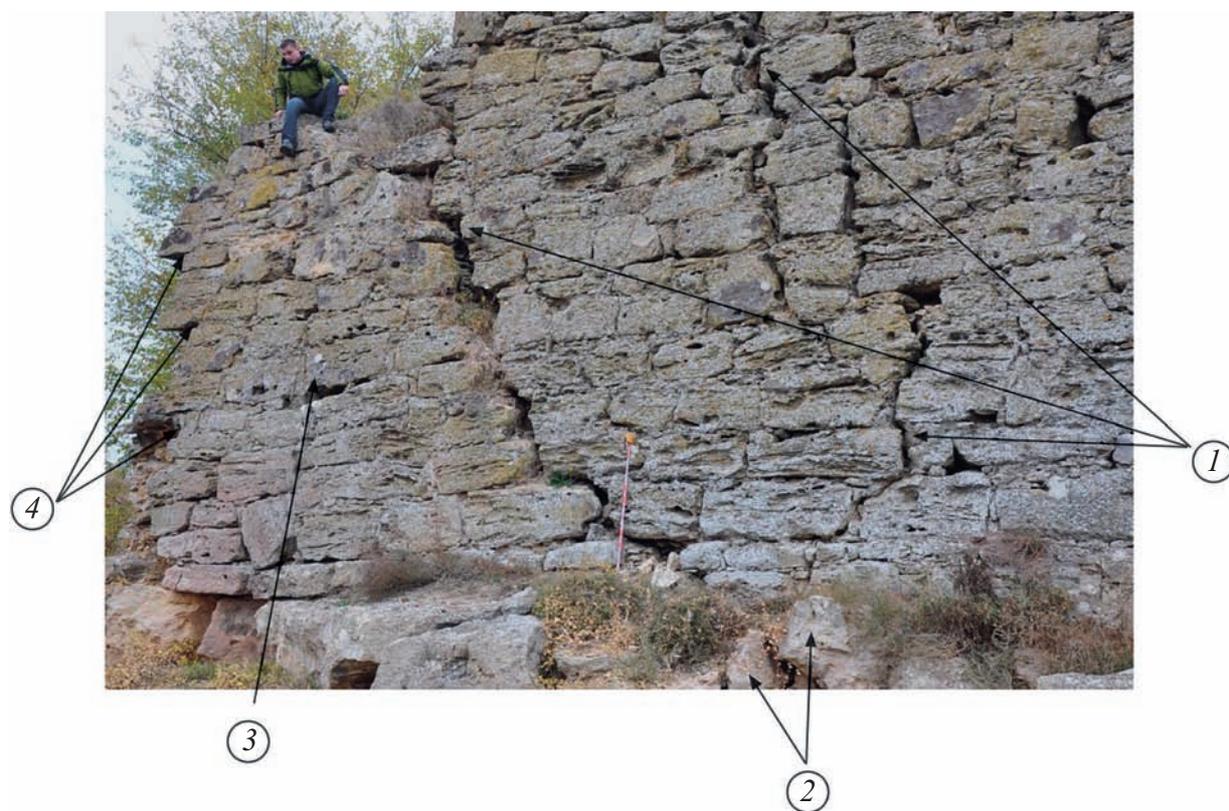
← **Рис. 15.** Деформации в восточном углу северо-восточной башни крепости Ени-Кале  
*a* — наклонение верхних частей крепостных стен наружу (1, 4); выкальвание значительного приуглового фрагмента кладки (2); отрыв, смещение на 50 см и разворачивание на 30° фрагмента стены (3). Az — азимут простирания;  
*б* — верхний повернутый фрагмент стены (см. 3 на рис. 15, *a*). Вид сверху вниз;  
*в* — выдвигание и выпадение нижнего приуглового фрагмента кладки башни

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

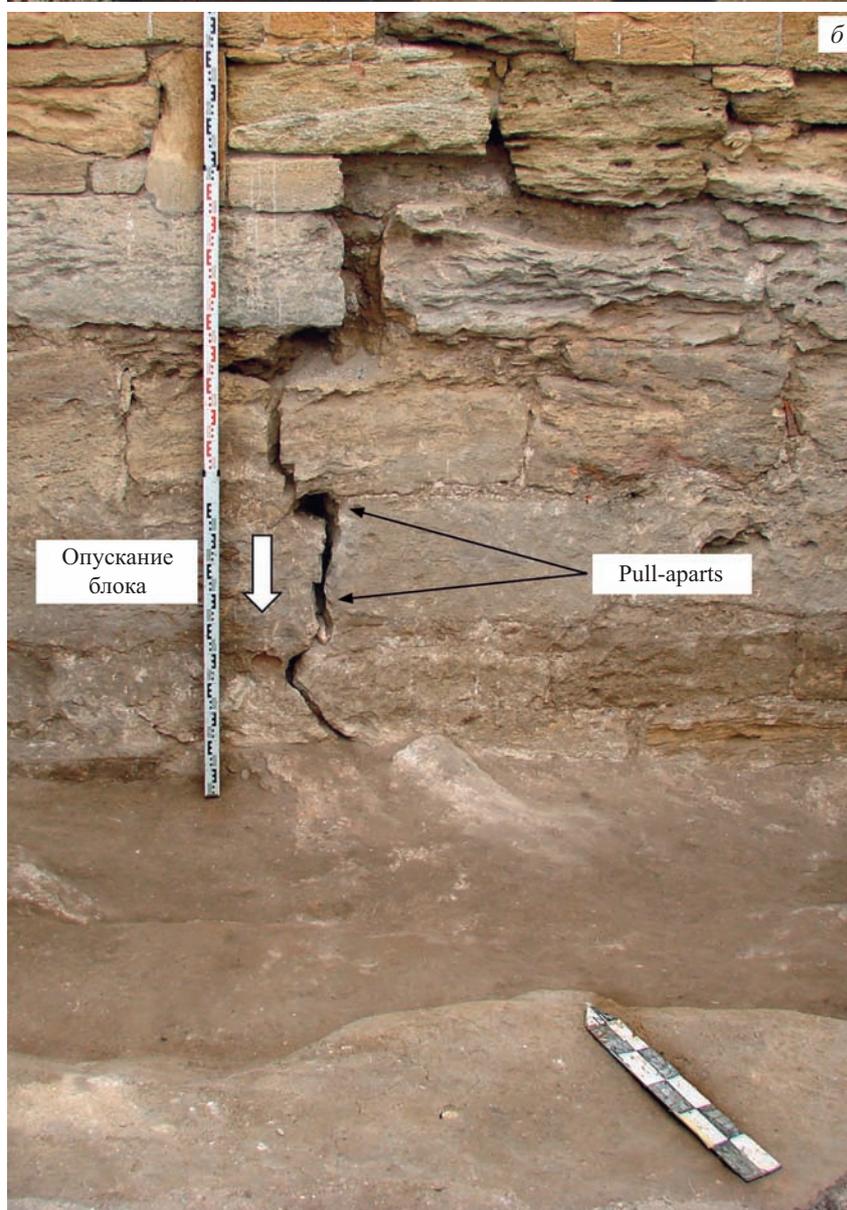
Описанные в настоящей статье деформации в стенах хорошо построенной средневековой турецкой крепости Ени-Кале в Восточном Крыму, не принимавшей участие в боевых сражениях, являются сейсмически наведенными. Местная интенсивность сейсмических колебаний могла составлять (VIII)–IX баллов по макросейсмической шкале МСК-64. Направление максимального суммарного сейсмического воздействия — северо-запад–юго-восток. Возраст землетрясения — XVIII в. Вероятно, оставление турками крепости без боя объясняется ее се-

рьезными сейсмическими повреждениями и разрушениями, которые не были устранены к подходу русской армии.

А.А. Никонов [1996] дает датировку возможного землетрясения в Крыму в этот период — 1751 г. Однако его критикует крымский исследователь, давно занимающийся региональной исторической сейсмологией, В.В. Хапаев [2008, С. 13]: «Датировка землетрясения в деревне Кучук-Кой не может быть признана полностью достоверной. Сведения о его эпицентре и масштабах отсутствуют».



**Рис. 16.** Деформации (1–4) в юго-восточном углу крепости Ени-Кале  
 1 — сквозные межблоковые трещины на всю высоту стены; 2 — расколотые и выбитые наружу блоки стесанного скального фундамента; 3 — развернутый на 5° по часовой стрелке на всю высоту стены фрагмент каменной кладки; 4 — выпавшие наружу камни угловой части крепостной стены



← **Рис. 17.** Сквозная трещина в нижней части южной стены близ Черноморских ворот крепости Ени-Кале  
*а* — разворот западного блока, сложенного коренными породами (1), и каменной кладки (2) по часовой стрелке;  
*б* — проседание этого же блока с образованием pull-apart'ов

Землетрясения в рассматриваемом регионе были и в более позднее время. К тому же наши наблюдения с 1995 г. показывают, что на постройки крепости существенно влияет и оползневая активность. Подстилающие грунты здесь различные: есть скальный участок, есть участки и с более мягкими породами. Антропогенные факторы (наличие железной дороги и пр.) в большей или меньшей степени также оказывают воздействие на состояние крепости. К тому же на территории крепости и прилегающей местности имели место военные операции Крымской, Гражданской и Великой Отечественной войн. Однако наличие многочисленных деформаций в конструкциях крепости, возникновение которых можно объяснить только сейсмогенными факторами, позволяет нам привлекать сильные сейсмические воздействия для объяснения повреждений и разрушений крепости Ени-Кале.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Белик Ю.А. Мечеть крепости «Ени-Кале» // Небесные патроны и земные служители культа: Тез. докл. и сообщ. IX Междунар. крымской конф. по религиоведению, Севастополь, 15–19 мая 2007 г. Севастополь, 2007. С. 10–11.
- Белик Ю.А. Некоторые вопросы водоснабжения крепости Ени-Кале в XVIII–XIX вв. // Науч. сб. Керченского заповедника. 2008. Вып. 2. С. 312–338.
- Белик Ю.А., Ткачук Г.В. «Ени-Кале» на рубеже XVIII–XIX вв. // Материалы по археологии, истории и этнографии Таврии. 2007. Вып. 13. С. 523–540.
- Веселов В.В. Старинное водоснабжение «Ени-Кале» // Керченский рабочий. 1963. № 93. С. 4.
- 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.
- Гавриленко Н.М., Чекунов А.В., Шнюков Е.Ф. и др. Геология и геодинамика района Крымской АЭС / Отв. ред. Н.М. Гавриленко, А.В. Чекунов. Киев: Наук. думка, 1992. 188 с.
- Дружинина Е.И. Кючук-Кайнарджийский мир 1774 года (его подготовка и заключение) М., 1955. 369 с.
- Иохер А. Краткий учебник долговременной фортификации. СПб., 1889. 147 с.
- Иваніна О. Фортеця Єнікале // Військово-історич. альманах. 2002. Річ. III, N 1(4). С. 94–101.
- Корженков А.М., Мазор Э. Структурная реконструкция сейсмических событий: Руины древних городов как окаменевшие сейсмографы // Изв. МОН РК, НАН РК. Серия общественных наук. 2001. № 1. С. 108–125.
- Корженков А.М., Кольченко В.А., Ротт Ф.Г., Абдиева С.В. О сильном средневековом землетрясении в Чуйской впадине, Кыргызстан // Геотектоника. 2012. № 4. С. 62–74.
- 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.
- Неумывакин Ю.К. Практическое руководство по геодезии для архитектурных служб района. М.: Недра, 1972. 176 с.
- Никонов А.А. Разрушительное землетрясение 1751 г. в Крыму // Физика Земли. 1996. № 1. С. 62–74.
- Орешкова С.Ф. Русско-турецкие отношения в начале XVIII в. М.: Наука, 1971. 207 с.
- Подгородецкий П.Д. Крым: Природа: Справ. изд. Симферополь: Таврия, 1988. 192 с.
- Смирнов В.Д. Крымское ханство под верховенством Османской Порты. В 2-х т. / Отв. ред. С.Ф. Орешкова. Т. 1. Крымское ханство под верховенством Османской Порты до начала XVIII века. М.: Изд. дом «Рубежи XXI», 2005. 542 с.
- Теляковский А.З. Долговременная фортификация. СПб., 1855. Ч. II. 359 с.
- Тимофеев В.И. Города Северного Причерноморья во второй половине XVIII в. Киев: Наук. думка, 1984. 219 с.
- Томилов Р.Н. Топографическое описание доставшихся по мирному трактату от Османской Порты во владение Российской империи землям, 1774 года // Зап. Одес. об-ва истории и древностей. 1868. Т. 7. С. 166–198.
- Тункина И.В. Русская наука о классических древностях юга России (XVIII – середина XIX в.). СПб.: Наука, 2002. 676 с.
- Хапаев В.В. Письменные источники по истории Крымских землетрясений античного и средне-

- векового периодов // Уч. зап. Таврич. нац. ун-та им. В.И. Вернадского. Сер. История. 2008. Т. 21 (60), № 1. С. 3–8.
- Челеби Э. Книга путешествий / Пер. и ком. Е.В. Бахревского. Симферополь: ДАР, 1999. 144 с.
- Шперк В.Ф. История фортификации. М.: ВИА, 1957. 245 с.
- Яковлев В.В. История крепостей. М.: АСТ; СПб.: Полигон, 2000. 400 с.
- Arnold C. Architectural considerations // The seismic design handbook. N.Y.: Chapman and Hall Publ., 1989. P. 142–170.
- Klinger Y., Avouac J.P., Dorbath L., AbouKaraki N., Tisserat N. Seismic behaviour of the Dead Sea fault along Araba valley, Jordan // Geophys. J. Int. 2000. V. 142, No. 3. P. 769–782.
- Korzhenkov A.M., Mazor E. Structural reconstruction of seismic events: Ruins of ancient cities as fossil seismographs // Sci. and New Technol. 1999. No. 1. P. 62–74.
- 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. Rahden, Westf.: Verlag Marie Leidorf GmbH, 2009. P. 79–97.
- Korjenkov A.M., Baupakov 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 Seismol. 2006. No. 10. P. 431–442.
- Korjenkov A.M., Kaiser D., Gropner S. Preliminary analysis of damages of possible seismic origin to historical monuments in North-Eastern Germany // Archeoseismicite&Vulnerabilite. Patrimoine bati ouvert au public. Actes des Vie et VII Recontres du Groupe APS, 2005. 2008. P. 199–215.
- Rapp G. Assessing archaeological evidence for seismic catastrophes // Geoarchaeology. 1986. V. 1. P. 365–379.
- Rukieh M., Trifonov V.G., Dodonov A.E., Minini H., Ammar O., Ivanova T.P., Zaza T., Yusef A., Al-Shara M., Jobaili Y. Neotectonic map of Syria and some aspects of Late Cenozoic evolution of the northwestern boundary zone of the Arabian plate // J. of Geodynamics. 2005. V. 40. P. 235–256.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**БЕЛИК Юрий Леонидович** — кандидат исторических наук, начальник научно-исследовательского отдела «Керченская крепость», Восточно-Крымский историко-культурный музей-заповедник. Россия, Республика Крым, 298320, г. Керчь, ул. Свердлова, д. 7.

Тел./факс: +7 (36561) 2-04-75. E-mail: arhmuseum1826@yandex.ru

**КОРЖЕНКОВ Андрей Михайлович** — доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. 123242, г. Москва, ул. Большая Грузинская, д. 10, стр. 1.

E-mail: korzhenkov@ifz.ru

**КУЛИКОВ Алексей Владиславович** — научный сотрудник, Институт археологии РАН. 117036, г. Москва, ул. Дмитрия Ульянова, д. 19.

Тел.: +7 (499) 126-47-98. E-mail: kylikov\_akra@mail.ru

**ЛАРЬКОВ Александр Сергеевич** — научный сотрудник, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. 123242, г. Москва, ул. Большая Грузинская, д. 10, стр. 1.

Тел.: +7 (499) 254-92-50. E-mail: las119@yandex.ru

**МАРАХАНОВ Александр Владимирович** — старший научный сотрудник, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. 123242, г. Москва, ул. Большая Грузинская, д. 10, стр. 1.

Тел.: +7 (499) 254-90-15. E-mail: marahanov@ifz.ru

**ОВСЮЧЕНКО Александр Николаевич** — кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. 123242, г. Москва, ул. Большая Грузинская, д. 10, стр. 1.

Тел.: +7 (499) 254-90-15. E-mail: ovs@ifz.ru

**РОГОЖИН Евгений Александрович** — доктор геолого-минералогических наук, профессор, заместитель директора, руководитель Координационного прогностического центра, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. 123242, г. Москва, ул. Большая Грузинская, д. 10, стр. 1.  
Тел.: +7 (499) 254-87-15. E-mail: eurog@ifz.ru

## SEISMIC DEFORMATION IN THE WALLS OF THE LATE MEDIEVAL FORTRESS YENI-KALE IN THE EASTERN CRIMEA

Y.L. BELIK<sup>1</sup>, A.M. KORZHENKOV<sup>2</sup>, A.V. KULIKOV<sup>3</sup>,  
A.S. LARKOV<sup>2</sup>, A.V. MARAHANOV<sup>2</sup>,  
A.N. OVSYUCHENKO<sup>2</sup>, E.A. ROGOZHIN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Eastern-Crimean Historical and Cultural Museum-preserve, Kerch, Republic of Crimea, Russia

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

<sup>3</sup>Institute of Archaeology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Abstract.** The deformations in the walls of the well-built Yeni-Kale fortress in Eastern Crimea are described. It is known however that the fortress did not participate in military battles. The Crimea is a seismically active region, additionally characterized by significant landslide activity. The underlying grounds below the fortress are varying: hard rocks and loose deposits. The fortress was impacted by the Crimean War, the Civil War, and the World War II. Anthropogenic factors and the railroad also affected the fortress. Nevertheless numerous specific deformations in the fortress can only be explained by seismogenic factors. The direction of the effective maximum seismic shocks had a NW–SE strike. The earthquake occurred in XVIII century. The local intensity of seismic shaking was apparently  $I = (VIII)–IX$  according to MSK-64. This is why the Turks abandoned the fortress without a battle—its significant seismic damage and destruction had not been repaired by the time of the Russian army approach.

**Keywords:** earthquake, seismic deformation, damage and destruction, kinematic indicators, ancient buildings, ruins, archaeoseismology, Yeni-Kale, Kerch, Crimea.