

Корженков Андрей Михайлович

доктор геологических наук, Институт физики земли имени О.Ю.Шмидта (Москва)
amkor61@yandex.ru

Овсюченко Александр Николаевич

кандидат геологических наук, Институт физики земли имени О.Ю.Шмидта (Москва)
ovs@ifz.ru

Ларьков Александр Сергеевич

кандидат геологических наук, Институт физики земли имени О.Ю.Шмидта (Москва)
las119@yandex.ru

Захаров Виталий Анатольевич

старший научный сотрудник ГБУК РК «Музей-заповедник "Судакская крепость"» (Судак)
vitalyzacharov@gmail.com

НАХОДКИ СЛЕДОВ СИЛЬНЫХ ДРЕВНИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В СУДАКСКОЙ КРЕПОСТИ

Аннотация. В результате археосейсмологического обследования стен Судакской крепости выявлен комплекс сейсмогенных повреждений, включающий систематические наклоны, выдвигения, развороты фрагментов стен, значительные межблоковые и сквозные трещины, повреждения и обрушения арочных конструкций, следы последующих ремонтов и укреплений стен. Возможно, что повреждения возникли при сильном землетрясении 1423 г. с интенсивностью колебаний в $I_0 \geq 9$ баллов. Систематическая повторяемость разворотов фрагментов стен по часовой стрелке, а также направленных наклонов и выдвигений стен определенной ориентировки, скорее всего, подразумевает распространение сейсмических волн по оси северо-запад – юго-восток. Эпицентр сейсмического события, по всей видимости, располагался поблизости от крепости в Южно-Крымской сейсмогенерирующей зоне или, скорее всего, по одному из активных разломов в Горном Крыму к северо-западу от Судака, в пределах Северо-Крымской или Южно-Азовской зон.

Ключевые слова: Судакская крепость, средневековье, археосейсмология, сейсмогенные повреждения, землетрясение.

Korzhenkov Andrey Mikhaylovich

head of laboratory
amkor61@yandex.ru

английские реалии авторов не соответствуют русским
Это нормально?

Ovsyuchenko Aleksandr Nikolayevich

head of laboratory
ovs@ifz.ru

Larkov Aleksandr Sergeyeovich

researcher
las119@yandex.ru

Zakharov Vitaliy Anatolyevich

senior researcher
vitalyzacharov@gmail.com

FINDS OF TRACES OF THE ANCIENT STRONG EARTHQUAKES IN SUDAK FORTRESS

Abstract. As a result of the archeoseismological research of the walls of the Sudak fortress, a complex of seismogenic damage was revealed, including systematic inclinations, extensions, reversals of wall fragments, significant interblock and through cracks, damage and collapse of arched structures, traces of subsequent repairs and fortifications of the walls. It is possible that the damage occurred during a strong earthquake in 1423 with intensity $I_0 \geq IX$. The systematic repetition of clockwise rotated wall fragments, as well as directional tilts and wall displaces of a certain orientation, most likely implies the propagation of seismic waves along the NW-SE axis. The epicenter of the seismic event appeared to be located

near the fortress in the South Crimean seismic source zone or, most likely, along one of the active faults in the Mountain Crimea to the NW from Sudak, within the North-Crimean or South Azov zones.

Keywords: Sudak fortress, Middle Ages, archeoseismology, seismogenic damages, earthquake.

На протяжении последнего тысячелетия Крымский полуостров подвергался воздействию сильных ($I_0 \geq 9$) землетрясений [Никонов, 2000; Винокуров и др., 2015], происходивших здесь раз в несколько сот лет. Есть ли возможность выделить повреждения и разрушения зданий и сооружений Судакской крепости (рис. 1), обусловленные воздействием сильных сейсмических колебаний?

Использованные методы

Во время землетрясений здания подвергаются сложным сейсмическим воздействиям. Простые воздействия, которые можно легко рассчитать, будет испытывать лишь гомогенный куб. У строительной конструкции, кроме внешних стен, имеются еще и внутренние. Есть цоколи и фундаменты, потолки, перекрытия, крыши. Все эти строительные элементы сложно связать

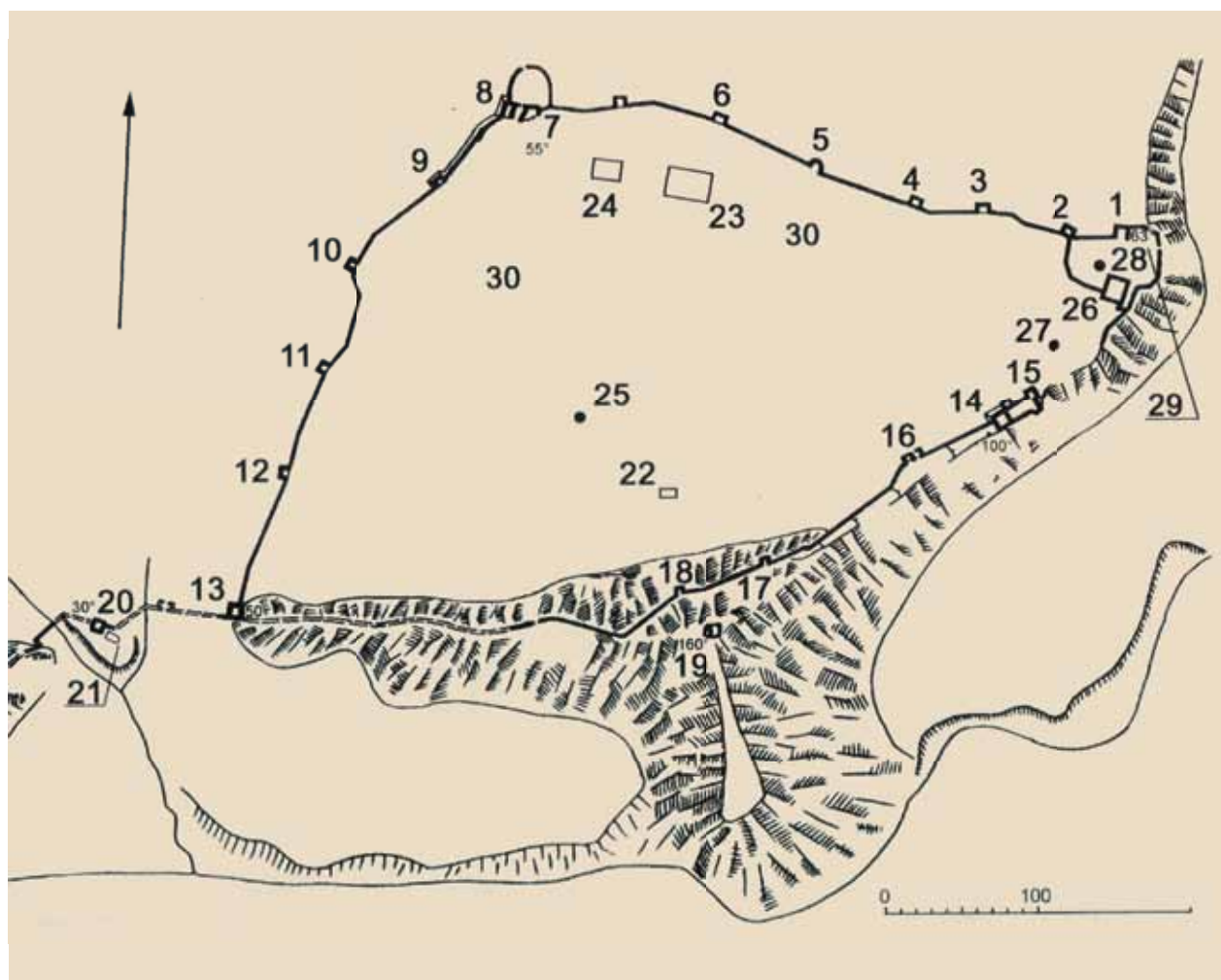


Рис. 1. Схема Судакской крепости по [Скржинская, 2006]. Цифры на рисунке обозначают примечательные строительные конструкции в музее-заповеднике: 1) первая (Безымянная) башня около сторожки (разрушена западная стена, имевшая плиту с надписью); 2) башня Чигала, 1404 г.; 3) башня Фиеско, 1409 г.; 4) выступ на месте разрушенной башни; 5) полукруглая башня; 6) башня Джудичи, 1392 г.; 7) восточная башня ворот; 8) западная башня ворот (башня Торсели, 1385 г.); 9) основание разрушенной башни; 10) башня Мариони, 1387 г.; 11) башня Гварко, 1394 г.; 12) полуразрушенная башня (так называемый зуб); 13) последняя (Угловая) крайняя башня нижней стены; 14) донжон; 15) угловая башня замка; 16) малая башня замка (с апсидой); 17) первая нагорная башня; 18) вторая нагорная башня; 19) Дозорная башня (Кыз-Куле); 20) башня Астагвера (или башня Святого Ильи), 1386 г.; 21) базилика с многогранной апсидой (церковь Святого Ильи); 22) «базилика на консолях»; 23) большая цистерна; 24) малая цистерна; 25) колодезь; 26) мечеть (музей); 27) могила мусульманского святого (поздняя); 28) вход в сводчатый погреб; 29) сторожка (современная); 30) казарма, начало XIX в.

ны друг с другом, а сейсмические колебания тоже оказывают неоднородные воздействия, поэтому у исследователей последствий землетрясений часто возникают вопросы: почему разрушаются новые небоскребы, построенные из современных строительных материалов, в то время как здания, построенные из кирпича-сырца, почти не получают повреждений (Мехико, 1985 г.)? Однако особенности колебаний при современных землетрясениях еще можно определить с помощью специальных высокоточных сейсмических приборов. Что же делать специалистам, изучающим землетрясения древности, ученым, в распоряжении которых лишь руины древних зданий?

Пытливый взгляд археосейсмолога даже в «немых» развалинах зачастую начинает видеть систематические наклоны, выдвигения

и обрушения стен одной ориентировки, специфические деформации углов зданий и сквозные трещины, пробивающие несколько строительных блоков подряд, развороты фрагментов строительных конструкций... Если собрать эти наблюдения и систематизировать с помощью кинематических индикаторов, используемых в структурной геологии, можно создать «идеальную модель» здания, представляющую собой многие постройки древнего населенного пункта и получившую определенный набор повреждений и разрушений. По этим деформациям иногда удается установить направления прихода сейсмических колебаний (направление на эпицентральную зону), их местную интенсивность и (с помощью археологов) возраст.

Наиболее понятные, простые, но информативные и чаще всего используемые деформа-

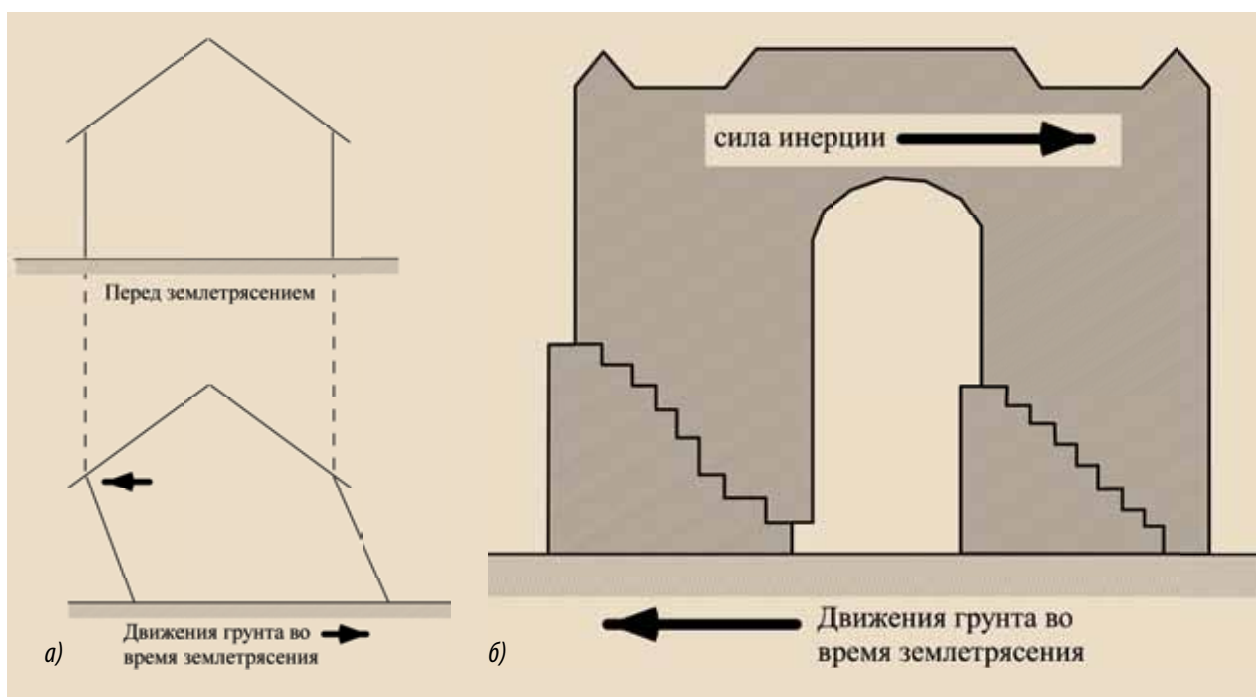


Рис. 2. Схема деформации зданий при сильных землетрясениях: а) наклон здания по [Rapp, 1986], с изменениями; б) схематическая зарисовка надмогильного памятника на кладбище в селе Бельалды (Кыргызстан), который был поврежден во время Суусамырского землетрясения 1992 г. ($M_s = 7.3$, $I_0 = 9-10$ баллов). Во время сейсмического события нижняя часть сооружения сдвинулась к югу вместе с сейсмогенным смещением грунта, в то время как верхняя часть конструкции «осталась на месте» вследствие сил инерции

ционные особенности – это систематические направленные наклоны, выдвигения и обрушения стен одинаковых простираний или их фрагментов. Установлено, что во время сильных землетрясений нижние части строительных конструкция однонаправленно смещаются вместе с грунтом, вовлеченным в сейсмические колебания. В то же время верхние части стен, расположенных перпендикулярно действию

максимальных сейсмических колебаний, наклоняются, выдвигаются или обрушаются в сторону источника колебаний (сейсмогенного разрыва) вследствие сил инерции (рис. 2).

Вращения отдельных строительных блоков, кирпичей, камней или постаментов колонн, а также значительных фрагментов стен или всей стены целиком часто наблюдаются в сейсмически пораженной области. Вращение

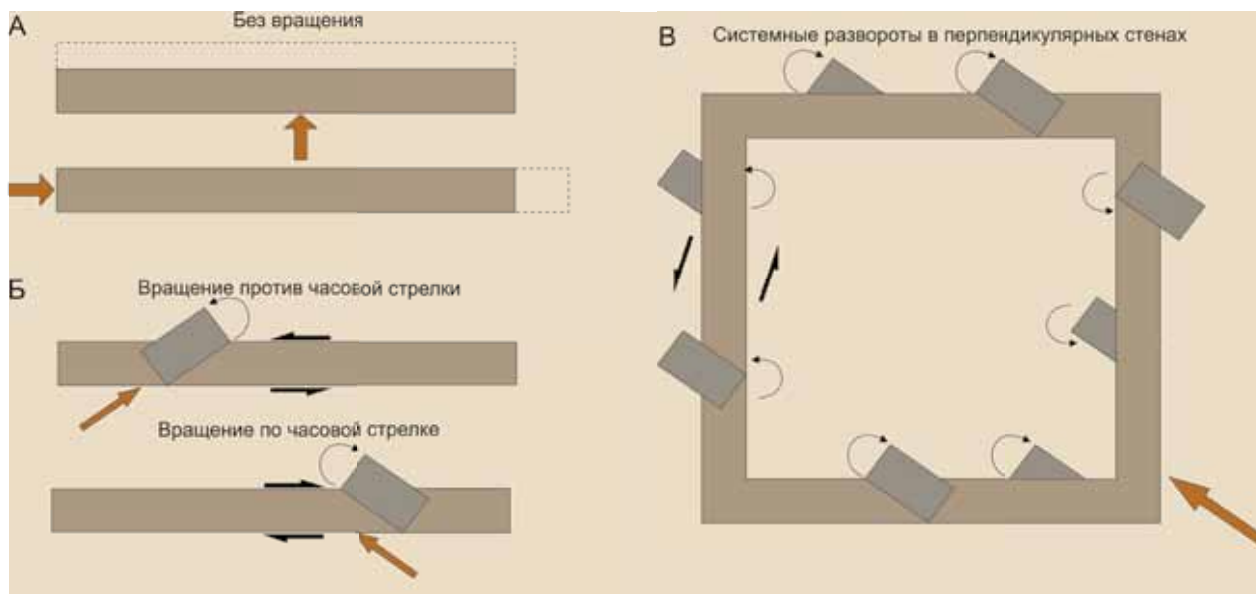


Рис. 3. Вращение элементов здания по [Корженков, Мазор, 2001], с изменениями:

а) сейсмические колебания, перпендикулярные стене, не вызывают вращения;

б) сейсмические колебания, направленные под углом к стене, приводят к вращению элементов здания;

в) сейсмические колебания, действующие вдоль биссектрисы между перпендикулярными стенами здания, вызывают противоположное вращение в этих стенах

вызывается сдвиговой парой сил, приложенной к плоскому элементу конструкции. Максимальное суммарное сейсмическое воздействие, направленное параллельно к простиранию стен или перпендикулярно к его стенам, приведет к обрушению, смещению или наклону без вращения (рис. 3). Вращение будет иметь место в случаях, где главные напряжения приложены под углом к элементу конструкции и результирующие сдвиговые напряжения высоки. Таким образом, развернутые элементы, находящиеся на перпендикулярно ориентированных стенах, должны иметь противоположное направление вращения, если сейсмический толчок прошел вдоль биссектрисы между двумя стенами.

Использование кинематических индикаторов и макросейсмической шкалы позволяет ответить на главные вопросы сейсмогеологии: **где**, (с помощью историков и археологов) **когда** и **какой силы**. Подобная методика успешно используется нами уже 25 лет в наших археологических исследованиях на Ближнем Востоке и в Средней Азии, в Крыму и на Кавказе. Ниже приводится описание результатов ее использования при наших исследованиях в Судакской крепости.

Особенности сейсмических деформаций крепостных сооружений Судака

Во многих археологических памятниках по всему миру можно наблюдать в древних

стенах странное **несовпадение простираний нижних и верхних рядов каменной кладки**. Археологи не сильно сосредотачиваются на этом феномене, предполагая, что две части здания имеют различный возраст и что по неизвестной причине старое сооружение было частично разобрано, а на его месте было построено новое здание, план которого не совсем совпал с планом предыдущей постройки. Однако сейсмогеологи знают, что во время сильных землетрясений имеет место **выдвижение, смещение верхних частей сооружений в сторону эпицентральной области** (рис. 4).

Мы предполагаем аналогичный феномен для стены восточно-северо-восточного простирания, находящейся в так называемом квартале I, к юго-западу от входных ворот Судакской крепости. Важным доказательством сейсмогенного смещения верхней части стены к западо-северо-западу (рис. 5) мы считаем наклон значительного каменного блока из верхнего ряда кладки, зацепившегося за нижний ряд и испытавшего деформацию волочения. Возможно, один только этот случай мог бы быть выпущен нами из рассмотрения, если бы не стена-контрфорс, пристроенная с внешнего фаса крепостной стены того же простирания для предотвращения ее обрушения наружу и расположенная в нескольких десятках метров к западо-северо-западу от описываемой точки наблюдения.



Рис. 4. Сильный наклон на север северной стены в одном из помещений к северо-востоку от Безымянной башни № 10. Имеется также небольшое (первые сантиметры) последовательное смещение рядов кладки к северу, поэтому каждый нижний ряд кладки образует небольшую площадку относительно верхнего



Рис. 5. Несовпадение простираний верхней части стены и ее нижнего ряда каменной кладки наблюдаются в стене восточно-северо-восточного простирания фундамента городской таможни. Верхняя часть стены выдвинулась на западо-северо-запад на 10 – 15 см. Один из камней второго ряда зацепился за нижние камни и наклонился в противоположную сторону. Фото 2015 г.



Рис. 6. Смещение к югу нижней части южной стены храма Пресвятой Девы Марии. В связи с этим перемещением в южном фазе стены образовалась полочка шириной до 30 см

Еще один пример подобного смещения был отмечен нами для южной стены храма Пресвятой Девы Марии субширотного простирания. Во время землетрясения ее нижняя часть вместе с грунтом сместилась к югу (против направления действия сил гравитации), а верхняя осталась на месте вследствие сил инерции (рис. 6). В связи с этим движением в южном фазе стены образовалась значительная полочка.

Мы уже обсуждали выше феномен поворотов стен или их частей вокруг вертикальной оси. Подобные развороты значительных фрагментов стен по и против часовой стрелки были обнаружены нами в северной крепостной стене Судацкой крепости.

Очень эффектный разворот по часовой стрелке значительной части крепостной стены отмечен нами в верхней части стены, примыкающей к башне Коррадо Чигала, построенной в 1404 г. (рис. 7). Ясно, что этот повернутый фрагмент отреставрирован и почти полностью состоит из новых каменных блоков. Однако нижняя его часть осталась старой, именно она повернулась в древности, потеряв во время движения свою верхнюю часть.

Советские реставраторы не стали удалять повернутый фрагмент и лишь надстроили его новыми камнями. Именно поэтому имеется несоответствие простираний нижней части крепостной стены (азимут 116°) и ее верхней части.



Рис. 7. Разворот по часовой стрелке значительного фрагмента крепостной стены Судакской крепости в ее верхней части к востоку от башни Коррадо Чигала

Нам не удалось замерить направление повернутого фрагмента стены – слишком высоко, однако величина поворота составляет $10-15^\circ$. В движение пришел фрагмент стены длиной около 10 м и высотой в 2 – 3 м. При толщине крепостной стены в 2 м объем повернутого фрагмента составляет 50 кубических метров. Этот деформированный фрагмент стены начинается на высоте крепостной стены в 10 м над современной поверхностью грунта.

Другой пример небольшого разворота по часовой стрелке центральной части северной крепостной стены был зафиксирован нами между башнями Коррадо Чигала (1404 г.) и Лукини ди Фиески ди Лаванья (1409 г.). Сначала в глаза бросается некоторый излом стены, особенно хорошо заметный в ее центральной и верхней частях, а также выпучивание на 20 см на север вдоль излома восточного фрагмента (рис. 8). Азимут простирания недеформированной западной части стены – 108° , азимут простирания повернутого фрагмента стены – 111° . Высота стены в точке наблюдения – 8 м.

Похожий излом в стене имеется в северном фасае крепостной стены Судакской крепости к западу от башни Паскуале Джудичи (рис. 9а), построенной в 1392 г. Этот излом в стене образовался из-за поворота восточной части стены (все так же) по часовой стрелке. Этот фрагмент стены во время своего движения захватил и небольшую прилегающую часть стены и потащил ее за собой (рис. 9б). В результате этот маленький средний фрагмент также стал разворачиваться вокруг вертикальной оси, но против часовой стрелки. Однако последний поворот нельзя назвать истинно тектоническим: этот фрагмент подвергся деформации волочения



Рис. 8. Небольшой разворот по часовой стрелке в средней части северной крепостной стены Судакской крепости между башнями Коррадо Чигала и Лукини ди Фиески ди Лаванья

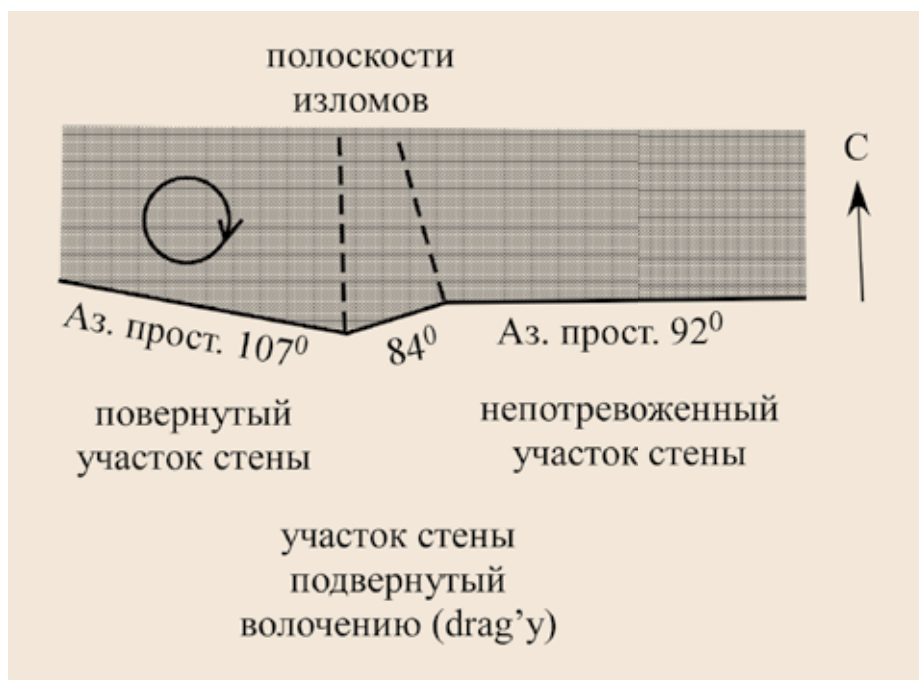


Рис. 9. Изломы в северном фазе крепостной стены, связанные с поворотом ее восточной части по часовой стрелке на 15° :

а) фотография – вид на восток и на западный фас башни Паскуале Джудичи;

б) схематическая зарисовка (план) деформации; в связи с поворотом восточной части стены небольшой прилегающий ее участок сломался и потянулся за этим движением, повернувшись против часовой стрелки и создав деформацию волочения (drag'a)

а)



б)

(drag'a). Азимут простирания недеформированной западной части стены составляет 92° , повернутой восточной части – 107° , азимут простирания срединного фрагмента – 84° . Таким образом, в целом имел место поворот восточной части стены по часовой стрелке на 15° .

Эффектный поворот значительного фрагмента северной крепостной стены Судакской крепости по часовой стрелке вокруг вертикальной оси был изучен нами к западу от Безымянной башни № 10 (рис. 10). Здесь видно различие каменных кладок: снизу стена сложена из больших прямоугольных каменных блоков,

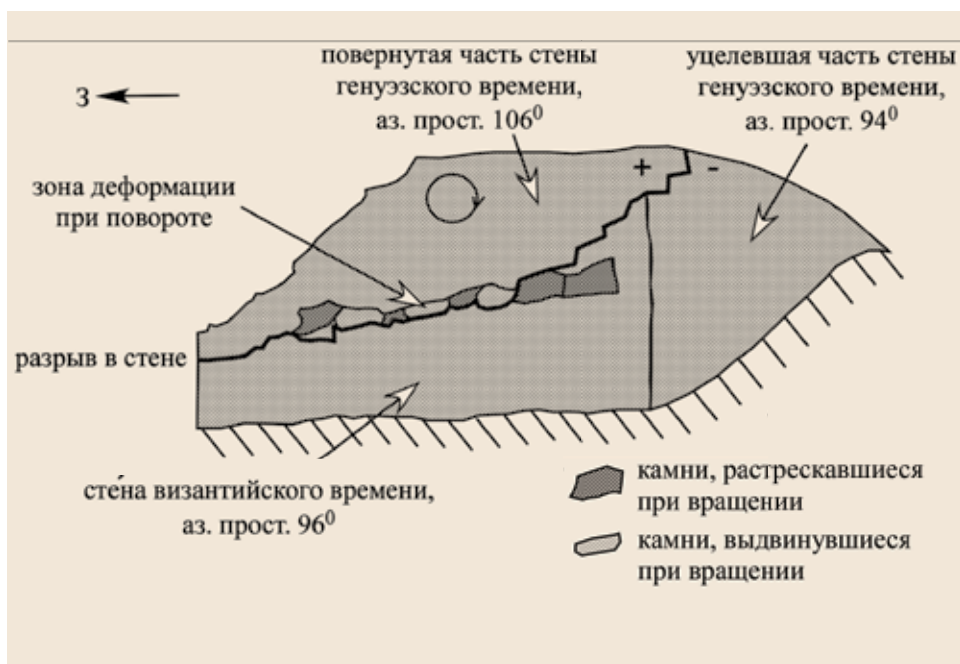
выпиленных из известняка-ракушечника и чередующихся с плоскими и сравнительно тонкими камнями, уложенными горизонтально и вертикально. Ее остаточная высота – 1,7 м. Такой тип каменной кладки характерен для стен византийского времени. Вверху и к востоку кладка из меньших блоков различного породного состава, менее качественная и упорядоченная – она характерна для каменной кладки генуэзского времени. Разрыв пришелся на контакт кладок разного возраста. По нему верхняя часть стены генуэзского возраста повернулась по часовой стрелке на $10 - 12^\circ$. В зоне поворота



Рис. 10. Вращение по часовой стрелке фрагмента северной крепостной стены Судакской крепости к западу от Безымянной башни № 10:

а) фотография поворота 2015 г. – вид на западо-северо-запад; штриховая линия показывает простираение повернутого фрагмента стены;
б) схематическая зарисовка – вид на южный фас деформированной стены

а



б)

образовалась деформационная зона, в которой отдельные («слабые») камни растрескались, а другие (более твердые) – выдвинулись наружу, к югу. Длина повернутого фрагмента – 6,5 м, высота – до 1 м, толщина стены – 1,3 м. Таким образом, объем сохранившегося повернутого фрагмента крепостной стены – около 10 кубических метров.

Кроме описанных выше поворотов частей стен по часовой стрелке, приуроченных к стенам субширотного простираения, имеются повороты фрагментов стен, приуроченные к стенам субмеридионального простираения. Последние

деформации наблюдаются в углу одного из помещений в так называемом квартале I близ башни Якобо Торселло (рис. 11а). Здесь наблюдаются также выпадения камней в месте поворота и повороты против часовой стрелки нижних рядов кладки (фундамента?) по отношению к верхней части стены. Аналогичные деформации в нижней части каменной кладки (рис. 11б) мы наблюдали в постройках римского времени в древнем городе Мамшит (пустыня Негев, Израиль) [Korjenkov and Mazor, 2003].

Так, например, в меридиональной, западной стене храма Пресвятой Девы Марии произо-



а



б

Рис. 11. Сейсмические деформации – развороты в нижних рядах каменной кладки в древних сооружениях:
а) в так называемом квартале I вблизи башни Якобо Торселло в Судакской крепости. Наблюдается разрыв кладки и выпадение камней в ее нижней части в углу между двумя перпендикулярными стенами. Видно также выступание и развороты против часовой стрелки нижних рядов кладки по сравнению с верхней частью стены. Фото 2015 г.;
б) аналогичный разрыв кладки в ее нижней части привел к разворотам по часовой стрелке двух соседних каменных блоков (А и В). Кладка римского времени в древнем Мамшите, пустыня Негев, Израиль. Фото 1998 г.



Рис. 12.
Разворот против часовой стрелки нижней части западной стены храма Пресвятой Девы Марии (повернутый участок показан штриховой линией). В связи с поворотом имел место наклон значительных глыб в юго-западном углу здания (показан черными стрелками)



а)



б)

Рис. 13. Южный фас башни Лукини ди Фиески ди Лаванья (фото 2015 г.):

а) общий вид башни изнутри. Утрачена субширотная арка большого размаха (ее нижняя часть показана штриховой линией). Арка меньшего размера над оконным проемом уцелела, но была пробита трещиной (показана стрелкой «Т»), вдоль которой произошел небольшой (поэтому-то арка и уцелела) поворот по часовой стрелке. Чтобы укрепить поврежденную арку над окном, оконные проемы с северной стороны частично заложили (стрелка «З»); б) вид вдоль северной стены башни наверх на деформированный оконный проем. Амплитуда поворота увеличивается вверх по стене

шел поворот ее нижней южной части против часовой стрелки (рис. 12). При этом в связи с обсуждаемым разворотом имел место наклон на запад больших гранитных глыб близ юго-западного угла здания.

Арочные конструкции очень чувствительный элемент сложных построек. К их замкам приурочена концентрация всех напряжений верхних частей зданий. Деформации арок или их обрушение – уникальный кинематический индикатор и источник информации для археолога.

Генуэзская башня Лукини ди Фиески ди Лаванья потеряла свою сводовую арку широкого размаха (рис. 13). По-видимому, сейсмические колебания при средневековом землетрясении распространялись приблизительно перпендикулярно ее субширотному простиранию. Однако арка над оконным проемом в центре северной стены башни уцелела, хотя вверх от оконной арки идет широкая трещина с дальнейшим ее расширением кверху (рис. 13а, б). Вдоль этой трещины произошел поворот западной части стены на несколько градусов. Ситуация с этой аркой тем не менее была, по-видимому, угрожающей, поэтому генуэзцы частично заложили ее камнем с южного фаса стены (рис. 13а).

Одним из дополнительных признаков выявления сейсмических пораженных археологических памятников являются сквозные трещины, прибивающие несколько каменных блоков подряд – насквозь. Требуется высвобождение значительного количества энергии для пре-



Рис. 14. Сквозная трещина, пробивающая насквозь три камня в одной из комнат к северо-востоку от сахароварни



а)



б)



в)



г)

Рис. 15. Северо-восточная стена полуразрушенной Безымянной башни № 19. Оставшаяся стена, которая несет на себе следы деформации смещения, трещинообразования и поворота, также наклонилась на восток против уклона рельефа – на зрителя (фото 2015 г.):

а) общий вид стены вид на запад. Белые стрелки показывают смещение средней и нижней частей стены к северу;

б) трещина через всю оставшуюся стену. В верхней части по ней происходит поворот западной части стены по часовой стрелке;

в) сдвигание на северо-северо-восток срединной части башни; г) нижняя часть оставшейся стены сдвинулась на север. Ступенька шириной в 10 см

одоления трещиной (joint) «тектонической тени» между блоками. Подобные трещины могут возникнуть при взрывах, воздействии таранов и землетрясениях. Одна из таких трещин (рис. 14) наблюдалась нами в западной стене одной из комнат помещения к северо-востоку от Безымянной башни № 10. Трудно себе представить причину использования тарана в маленькой комнате. Во время Великой Отечественной войны этот участок еще не был раскопан, так что и взрывное воздействие можно исключить. Остается только значительное зем-

летрясение, воздействовавшее на стену во время функционирования сооружения.

Очень часто сравнительно простые постройки во время сильных землетрясений получают целый комплекс деформаций, обычно связанных друг с другом. Так, в западной стене Судакской крепости имеется полуразрушенная Безымянная башня № 19 XIV–XV вв. постройки (рис. 15). В ней уцелела лишь одна северо-восточная стена, в которой наблюдается ряд деформаций явно сейсмогенного происхождения. Прежде всего бросается в глаза про-

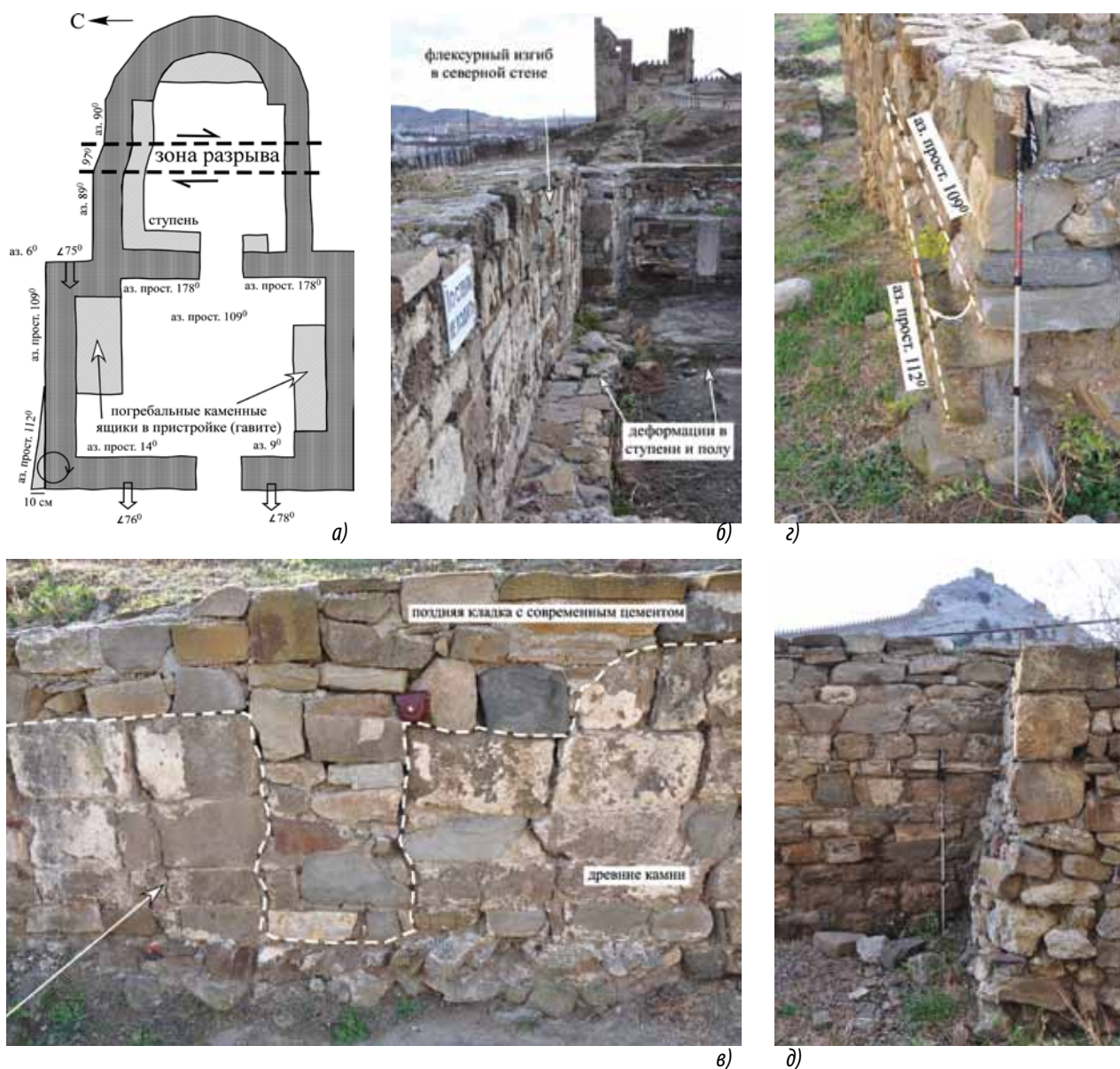


Рис. 16. Деформации «храма с гавитом», расположенного к югу от Полукруглой башни внутри Судакской крепости: а) схематическая зарисовка храма (план); б) деформация волочения по разрыву в северной стене храма; в) выпадение каменных блоков и последующее заполнение бреши другими, более мелкими, камнями; г) разворот по часовой стрелке вокруг вертикальной оси нижнего ряда каменных блоков в западной части северной стены пристройки к храму; е) сильный наклон восточной стены пристройки к западу

тяжелая межблоковая трещина (рис. 15а, б), расширяющаяся кверху. Подобные трещины не могут получить свое развитие и происхождение, связанное с рыхлыми и неустойчивыми грунтами: просадочные трещины расширяются книзу. Кроме того, вдоль этой трещины юго-восточный угол стены в своей верхней части повернулся по часовой стрелке вокруг вертикальной оси (рис. 15а, б). Этот феномен также можно объяснить лишь сейсмичностью: максимальные колебания и деформации получают верхние части строений – «эффект небоскреба». Эта стена также сдвинулась к северо-северо-востоку (по азимуту 25°) в своей нижней и средней части (рис. 15а, в, г) поперек уклона рельефа на расстояние до 10 см в каждом случае. При всем этом вся стена наклонилась на восток (против уклона местности) под небольшим углом в первые градусы.

Другой пример комплексных деформаций мы зафиксировали в фундаменте «храма с гавитом», расположенного к югу от Полукруглой башни. Нам удалось выявить ряд сейсмических деформаций: сейсмогенный разрыв со смещением (рис. 16а, б, в), наклоны к западу субмеридиональных стен (рис. 16а, д) и разворот субширотной стены по часовой стрелке (рис. 16а, г). Северная и южная стены храма (постройка византийского времени) претерпели разрыв. Причем в северной стене в месте излома мы наблюдаем фрагмент стены, претерпевший волочение – разворот. Важно отметить,



Рис. 17. Стена-контрфорс к западу от входа в крепость. Была сооружена, по-видимому, для предотвращения дальнейшего наклона и обрушения на север северной стены Судакской крепости. Фото 2015 г.



Рис. 18. Стена-крепиды (контрфорс) в углу между Консульским замком и крепостной стеной к западу. Вид на восток. Фото 2015 г.

что величина излома-разворота увеличивается вверх по стене. На противоположной стене храма в зоне разрыва имел место вывал каменных блоков, отреставрированный позже. Ширина зоны разрыва-пролома в обеих стенах – 40 см. Судя по северной стене, этот разрыв имел небольшую (несколько сантиметров) правостороннюю составляющую.

Систематические наклоны даже коротких субмеридиональных стен до 75° отмечены нами для армянской пристройки (гавита) гегуэзского возраста (рис. 16а, д). Причем эти наклоны не связаны с уклоном местности. Высота сохранившейся стены 1–1,5 м. Разворот нижнего ряда каменных блоков на 3° по часовой стрелке был отмечен нами в северо-западном углу гавита (рис. 16а, г).

Крепостная стена к западу от входа в крепость имеет значительную пристроенную стену-контрфорс (рис. 17). Построил ее А.Л.Бертье-Делагард около сотни лет назад. Подобные стены обычно не случайны: скорее всего, ее строительству мы обязаны значительному наклону первичной крепостной стены на север. Азимут простираения стены в этом месте составляет 95° . Еще одна подобная стена подпирает стены в углу между Консульским замком и крепостной стеной, продолжающейся к западо-юго-западу (рис. 18).

Использование каменных блоков, собранных в руинах более древних строений, для последующего строительства может служить дополнительным аргументом о произошедших сильных землетрясениях (рис. 19).



Рис. 19. Северная стена храма Пресвятой Девы Марии. Использование гегуэзцами христианского известнякового надгробия при строительстве фундамента храма. Фото 2015 г.



а)

б)

Рис. 20. Деревянные балки в нижних частях каменных кладок (фото 2015 г.): а) в разобранной стене к югу от башни Коррадо Чигала; б) в одной из стен католического храма Пресвятой Девы Марии – антисейсмический прием в средневековом строительстве

Еще одним возможным свидетельством происшедших в регионе сильных землетрясений можно считать строительный дизайн с использованием приемов антисейсмического строительства. Известно, например, что деревянные балки, проложенные горизонтально между слоями каменной кладки, абсорбируют распространение вертикальных сейсмических колебаний. Так, остатки деревянного бруса видны в нижней части разобранной крепостной стены к югу от башни Чигала (рис. 20а). В одной из стен турецкой бани в нижней части кладки был использован этот антисейсмический прием – горизонтальное положение деревянной балки (рис. 20б).

Вот что любопытно: древние строители знали о возможности возникновения сильных землетрясений и, как могли, готовились к нему. Однако некоторые современные археологи до сих пор не верят и не хотят видеть никаких следов сильных сейсмических воздействий в археологических памятниках Крыма.

К вопросу о датировке средневековых землетрясений в Судак

Упоминание средневековых землетрясений в связи с историческим прошлым Крыма встречается у В.Б.Броневского, П.И.Сумарокова, польского путешественника Э.Хойеcki [Хапаев, 2008, 11–12]. В «Универсальном описании Крыма» В.Х.Кондараки упоминается шесть землетрясений. В.Д.Соколов в «Геологическом очерке Крыма» не упоминает ни одного средневекового землетрясения, но приводит сведения о восьми событиях конца XVIII–XIX вв. различной силы. Так же и «Каталог землетрясений Российской империи» А.Орлова и И.Мушкетова, изданный в 1890 г., сообщает только о крымских землетрясениях нового времени. «Каталог землетрясений в Крыму» М.В.Смирнова – единственный изданный региональный каталог крымских землетрясений, в котором указаны, в том числе, и сейсмические события средневековья. На него до сих пор ссылаются, несмотря на то что данные его устарели.

На основе упомянутых выше заметок В.Б.Броневского и Э.Хойеcki, крымской легенды об огромном медведе, топтавшем южное побережье Крыма в районе Ялты, вызывая оползни, обвалы и цунами, а также материалов раскопок на территории Артека, в долине реки Кача, на Аю-Даге и в бухте Ласпи А.А.Никонов выдвинул гипотезу о сильном землетрясении 1471 г. с интенсивностью 8–9 баллов [Никонов, 1983, 74]. Позже сильное средневековое землетрясение в Ялтинской очаговой зоне

А.А.Никонов [Никонов, 2000, 60] датировал примерно 1427 г. (1450 ± 50 г.), дав следующие параметры этого события: максимальная интенсивность $I_0=9 \pm 0.5$; магнитуда $M=7.5 \pm 0.3$; глубина очага $h=25$ км. В статье, посвященной этому событию, А.А.Никонов [Никонов, 2012, 32–34] сделал вывод о разрушительном (силой 9 баллов или несколько выше в окрестностях Ялты) землетрясении, охватившем все Южное побережье в 1415 ± 12 г. С учетом сведений о цунами, почерпнутых из легенды, автор привязал очаг к той же структуре, где произошли известные Ялтинские землетрясения 1927 г.

В.П.Кирилко, изучив историографическую традицию о землетрясении XV в. [Кирилко, 2005, 49–59], также утверждал, что об этом землетрясении было известно давно и что авторы источников информации добросовестны. Сопоставив данные письменных источников о ходе войны 1423 г. между княжеством Феодоро и генуэзцами, Владимир Петрович пришел к выводу, что ее внезапное прекращение в разгар боевых действий, склонявших чашу весов в пользу феодоритов, и предпринятое затем обеими сторонами конфликта масштабное строительство были вызваны землетрясением. Автор предположил, что разрушительное землетрясение в регионе Южного Крыма произошло в октябре–ноябре 1423 г. Он привел литературные сведения о катастрофических разрушениях, помимо Фуны, в Каламите, Партените, Чембало и на Аю-Даге (монастырь в бухте Панаир и оборонительные сооружения на вершине горы) [Кирилко, 2005, 49–51].

Еще одним объектом, для которого предполагается воздействие землетрясения 1423 г., является средневековая крепость в Алуште [Мыц, 2009, 85]. Здесь до настоящего времени остался невыясненным вопрос о том, что стало причиной полной перестройки генуэзцами во второй четверти – середине XV в. северо-западного участка оборонительной стены цитадели (его протяженность – более 30 м), возведенной еще при Юстиниане I (527–565 гг.). Новая куртина была установлена на довольно крутом склоне, что потребовало при строительстве специальных работ по его нивелировке, уничтожившей все более ранние культурные напластования. Также была восстановлена южная боковая стена наружной ограды [Кирилко, 2014, 211].

В 2015 г. нами был изучен обширный комплекс сейсмических деформаций в мечети Узбека и медресе Инджи-бей-хатун в городе Старый Крым [Корженков и др., 2017а, 16–24]. В здании медресе были обнаружены значительные (зачастую на всю стену) межблоковые

вертикальные и наклонные трещины, сквозные трещины, пробивающие несколько блоков подряд, деформации арочных конструкций, разбиение трещинами оконных обкладов, систематические повороты значительных фрагментов зданий вокруг вертикальной оси. Медресе погребло в начале XV в., возможно, не позднее его первой четверти, о чем свидетельствует клад из 608 серебряных монет, обнаруженный в одной из худжр, превращенной в помещение для сторожа при усыпальнице Инджи-бей-хатун [Крамаровский, 2012, 40]. Видимо, в это время медресе уже лежало в руинах. Такому внезапному опустошению трудно найти другую причину, кроме землетрясения 1423 г. Возможно, землетрясение послужило причиной внезапного упадка города Кырым (Старый Крым), который в XIV столетии сравнивали с Дамаском и Каиром, а уже через век-полтора описывали как разру-

шенный и запустевший [Гайворонский, 2016].

Многочисленные сейсмические деформации, которые предположительно возникли в начале XV в., были зафиксированы нами также в генуэзских крепостных сооружениях Феодосии [Корженков и др., 2017б], однако они требуют привлечения археологических и исторических консультаций и датировок.

Перечисленные, наиболее надежные сведения о землетрясении начала XV в., отражены на рис. 21.

Следы сейсмической активности средневекового периода были обнаружены Д.Л.Талисом при раскопках Тепе-Кермена: «В северо-восточной части городища Тепе-Кермен завершено исследование большого четырехкамерного здания... Материал из верхнего слоя датирует гибель здания XIV в. Своеобразный характер разрушения стен, в частности, худшая сохран-

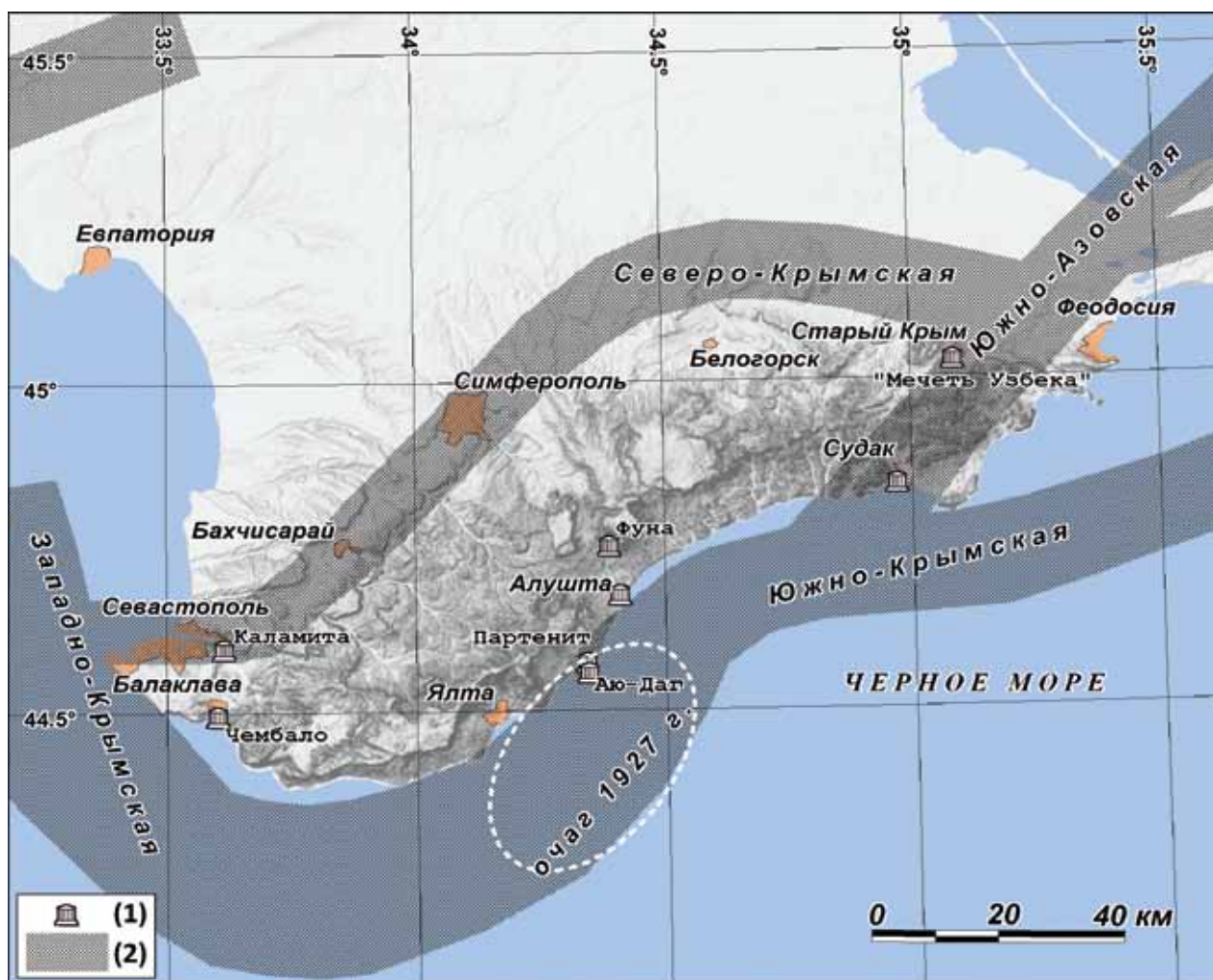


Рис. 21. Расположение пунктов, для которых имеются археологические свидетельства о землетрясении начала XIV в. (1) и сейсмогенерирующие зоны Крыма (2) по инструментальным, археосейсмологическим и палеосейсмологическим данным (подробнее см. [Корженков и др., 2017а, 13–15]), с положением очаговой зоны Ялтинских землетрясений 1927 г.

ность угловых частей кладки по сравнению со срединными, указывает на землетрясение как на возможную причину разрушения дома. Раскопки в центральной части городища выявили стены сооружения, сложенного из крупных блоков, частью довольно тщательно обработанных. Это сооружение погибло в результате землетрясения, как и вышеупомянутое, о чем свидетельствует специфический вид разрушенной кладки... Слой датируется фрагментами грушевидных и плоскодонных амфор и красноглиняной поливной керамикой XIII–XIV вв.» [Талис и др., 1973, 335]. Это сообщение лишь с большой натяжкой можно отнести к обсуждаемому сейсмическому событию.

Изученные археологами участки городища и посада Судака также свидетельствуют о разрушениях, вызванных сейсмической активностью в XV столетии. Особый интерес для уточнения датировки представляют исследования сахароварни, бани и усадьбы на посаде, изученной М.А.Фронджуло в 1971 г. Сахароварня была обнаружена в 1987 г. и раскопана в 1988 г. И.А.Барановым, доисследована в 2012 г. А.В.Джановым, В.А.Захаровым и В.Д.Гукиным. В заполнении постройки зафиксировано два горизонта мощных пожаров. После второго сооружения прекратило функционировать. В помещении и на дворе было обнаружено не менее десяти раздавленных пифосов и пять медных сосудов большого объема. Археологический материал, обнаруженный в процессе раскопок, датируется XIV в. Первый пожар исследователи связали с обстоятельствами штурма Судака генуэзцами. Второй горизонт пожара, после которого произошло окончательное разрушение постройки и не извлекались представляющие значительную ценность медные сосуды, следует отнести к XV в.

Средневековая баня была описана экспедицией Государственной академии истории материальной культуры под руководством Ю.В.Готье в 1929 г. Полностью она была исследована в 2003–2004 гг. В.В.Майко и А.В.Джановым. Археологический и нумизматический материал позволяет отнести возникновение и активное использование строения в качестве бани ко второй половине XIV в. После обрушения сводов бани постройку использовали для жилья. Изменение характера использования помещения можно объяснить нехваткой жилья после разрушительного землетрясения. Характерной деталью повреждения постройки во время землетрясения можно назвать расколотые массивные сланцевые плиты гиппокауста.

В изученной М.А.Фронджуло в 1971 г. усадьбе

XIV–XV вв. прослеживаются два строительных периода, причем изменение назначения помещений происходило после их частичного разрушения. Усадьба после перестройки функционировала до конца генуэзского периода.

Косвенным свидетельством сейсмической активности служат антисейсмические приемы строительства, примененные при строительстве «храма с аркадой».

В Сугдейском синаксаре записи о событиях после 1418 г. отсутствуют. Приписки к минеям, написанным уставным письмом XII в., делались в Судаке на протяжении нескольких столетий. Можно предположить, что землетрясение, результатом которого были бы разрушения и пожары в городе, не осталось бы без внимания. Исходя из этого, можно предположить, что землетрясение произошло в период между 1418 и 1440 гг. Скорее всего, это было землетрясение 1423 г., датированное В.П.Кирилко и В.Л.Мыцем [Кирилко, 2005, 53–57; Мыц, 2009, 80, 85].

Если с землетрясением 1423 г. картина начинает проясняться, то вопрос о следах более древних и более поздних землетрясений в стенах Судакской крепости остается открытым. Это еще предстоит выяснить в ходе последующих исследований в области исторической сейсмологии, археосейсмологии и палеосейсмологии. Были ли разрушительные землетрясения в районе Судака до и после землетрясения 1423 г.?

Заключение

Мы провели археосейсмологическое обследование стен Судакской крепости, в результате которого был выявлен комплекс повреждений в строительных конструкциях, включающий систематические наклоны, выдвигания, развороты фрагментов стен, значительные межблочные и сквозные трещины, повреждения и обрушения арок конструкций, следы последующих ремонтов и укреплений стен, использование антисейсмических приемов при строительстве. Все эти данные свидетельствуют о сейсмогенной причине разрушений и повреждений в крепости.

Наклоны и выдвигания стен, изученные нами, были направлены на север для стен широтной ориентировки и на запад – для перпендикулярных стен. Северные и западные фасы стен крепости были усилены впоследствии стенами-контрфорсами. Подобное наблюдение, скорее всего, подразумевает распространение сейсмических волн по оси северо-запад – юго-восток.

Важно отметить, что в северной крепостной

стене Судакской крепости имеется систематическая повторяемость разворотов по часовой стрелке фрагментов стен субширотного простираения и против часовой стрелки – частей перпендикулярных стен, что невозможно объяснить ни военными действиями, ни грунтовыми условиями. Подобный феномен может быть вызван лишь направленными сейсмическими колебаниями, действовавшими под углом к субширотному простираению стены, приблизительно вдоль оси северо-запад – юго-восток.

Эпицентр сейсмического события, по всей видимости, располагался поблизости от крепости, в Южно-Крымской сейсмогенерирующей зоне или, скорее всего, по одному из активных разломов в Горном Крыму к северо-западу от Судака,

в пределах Северо-Крымской или Южно-Азовской зон (рис. 21). О близости эпицентральной области, возможно, свидетельствуют также разрывы с небольшим смещением, которые наблюдались нами на территории крепости (например, разрыв широтных стен армянской церкви) и поблизости от нее.

Описанные очень значительные деформации столь капитальных сооружений возникают при землетрясениях с интенсивностью колебаний в $I_0 \geq 9$ баллов. Возможно, что они образовались при сейсмическом событии 1423 г.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (гранты 18-05-01004 и 18-35-00521).

Список литературы и источников

Винокуров и др., 2015

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.

Гайворонский, 2016

Гайворонский О. Страна Крым. Очерки о памятниках истории Крымского ханства. – Симферополь: ФЛ Аблаева Н., 2016. – 336 с.

Кирилко, 2005

Кирилко В.П. Крепостной ансамбль Фуны (1423–1475 гг.). – К.: Стилос, 2005. – 269 с.

Кирилко, 2014

Кирилко В.П. Крепостные сооружения средневековой Алушты // *Stratum plus*. – 2014. – № 6. – С. 177–234.

Корженков, Мазор, 2001

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 и др., 2017а

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.

Корженков и др., 2017б

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 // VII Международный симпозиум «Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов». Тезисы докладов. Бишкек, 2017. С. 26–29.

Крамаровский, 2012

Крамаровский М.Г. О благотворительности в Золотой Орде: семья Кутлуг-Тимура и архитектурные доминанты

Солхата // Сообщения Государственного Эрмитажа. – 2012. – Вып. LXX. – С. 35–45.

Мыц, 2009

Мыц В.Л. Каффа и Феодоро в XV веке. Контакты и конфликты. Симферополь, 2009. 528 с.

Никонов, 1983

Никонов А.А. Землетрясения в легендах и сказаниях // Природа. – 1983. – № 11. – С. 66–75.

Никонов, 2000

Никонов А.А. Сейсмический потенциал Крымского региона: сравнение региональных карт и параметров известных событий // Физика Земли. – 2000. – № 7. – С. 53–62.

Никонов, 2012

Никонов А.А. Ялтинское землетрясение XV века // Природа. – 2012. – № 11. – С. 24–34.

Скржинская, 2006

Скржинская Е.Ч. Судакская крепость. История-археология-эпиграфика. – К. – Судак – СПб.: Академперидика, 2006. – 308 с.

Талис и др., 1973

Талис Д.Л., Маркелова С.П., Рудаков В.Е. Работы на Второй гряде Крымских гор // Археологические открытия 1972 года. – М.: Наука, 1973. – С. 335–337.

Хапаев, 2008

Хапаев 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. 3–15.

Korjenkov, Mazor, 2003

Korjenkov A.M., Mazor E. Archeoseimology in Mamshit (southern Israel): Cracking a millennia code of earthquakes preserved in ancient ruins // *Archaeologischer Anzeiger*, 2003. – No. 2. – P. 51–82.

Rapp, 1986

Rapp G. Assessing archaeological evidence for seismic catastrophes // *Geoarchaeology*, 1986. – Vol. 1. – P. 365–379.