

УДК 550.34
PACS 91.30.Px, 91.30.Za

СЕЙСМИЧЕСКИЕ ДЕФОРМАЦИИ В ЦЕРКВИ АРХАНГЕЛОВ ГАВРИИЛА И МИХАИЛА (г. ФЕОДОСИЯ, КРЫМ)

Д.А. МОИСЕЕВ¹, А.М. КОРЖЕНКОВ², А.Н. ОВСЮЧЕНКО², А.С. ЛАРЬКОВ²

¹ ООО «Цитадель», г. Симферополь, Россия

² Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия

Автор для переписки: Д.А. Моисеев, e-mail: ohota_d@ukr.net

Поступила в редакцию 31.08.2021 г.; после доработки 23.11.2021 г.

Принята к публикации 24.11.2021 г.

Аннотация. Выполнен анализ систематических повреждений строительных конструкций в армянском храме Архангелов Гавриила и Михаила в Каффе-Феодосии (ЮВ Крым), по результатам которого делается вывод об их сейсмогенном характере. Эти деформации включают в себя наклоны, развороты строительных элементов, провисание замковых частей надоконных и надвходовых арочных конструкций и широкой спектр трещин, включающий как межблоковые, так и сквозные, а также трещинные ассамбляжи в виде цветковых структур. Описанные повреждения можно уверенно свести как минимум к четырем эпизодам деформирования. Эпицентральная область наиболее раннего землетрясения (событие А) с местной интенсивностью $I_L = VIII-IX$ баллов (МСК-64) находилась в Южно-Крымской сейсмогенерирующей зоне; по всей вероятности, землетрясение произошло в 1423 г. Следующее землетрясение (событие В с местной интенсивностью $I_L = VII-VIII$ баллов по шкале МСК-64) произошло на рубеже XVII – XVIII вв. по одному из сегментов Южно-Азовской сейсмогенерирующей зоны. Третье землетрясение, с $I_L = VII-VIII$ баллов (МСК-64), произошло во второй половине XVIII в., а последнее, четвертое – в 1875 г. с эпицентальной областью в Южно-Крымской сейсмогенерирующей зоне, $I_L = VII-VIII$ баллов (МСК-64).

Ключевые слова: сейсмические деформации, кинематические индикаторы, сильные землетрясения, армянские храмы, Средневековье, Феодосия, Крым

DOI: <https://doi.org/10.21455/VIS2021.4-7>

Цитирование: Моисеев Д.А., Корженков А.М., Овсюченко А.Н., Ларьков А.С. Сейсмические деформации в церкви Архангелов Гавриила и Михаила (г. Феодосия, Крым) // Вопросы инженерной сейсмологии. 2021. Т. 48, № 4. С. 131–148. <https://doi.org/10.21455/VIS2021.4-7>

ВВЕДЕНИЕ

Средневековая Каффа – современная Феодосия – была местом проживания довольно многочисленной армянской общины, которая особенно процветала в генуэзский период (XIII–XV вв.). Крымские армяне оставили значительный след в культурном наследии Крыма. В Каффе армянское наследие представлено несколькими городскими церквями и монастырями. Сохранившиеся до наших дней памятники представляют собой монументальные сооружения со сложной строительной историей. Многие армянские храмы являются действующими церквями, где и сегодня идет служба,

а за слоем штукатурки не видно «отпечатка» прошедших веков. Однако в Феодосии имеется храм Архангелов Гавриила и Михаила¹, служба в котором прекратилась в советское время и более не возобновлялась. Этот храм своеобразным образом «застывает» во времени, и современные ремонты не могут уничтожить ценнейшие для археологии деформации его стен. Такие памятники представляют особый интерес для специальных междисциплинарных исследований, к которым относится и археосейсмология.

¹ Памятник архитектуры федерального значения.

Археосейсмология является отдельной дисциплиной в палеосейсмологии, однако все возрастающее в последнее время число работ по этому научному направлению [Archaeoseismology..., 1996; Korjenkov, Mazar, 1999; Minos-Minopoulos et al., 2015; Silva et al., 2016; Kázmér, Györi, 2020] позволяет констатировать, что эта область знания все больше сближается с археологией. Особенно актуальны и эффективны такие междисциплинарные исследования на объектах, где на данный момент нет археологических исследований или

возможности их проведения ограничены современной эксплуатацией памятников.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ДАННЫЕ

Церковь Архангелов Гавриила и Михаила (рис. 1, 2) – это хорошо датированный памятник. Она была отреставрирована в 1967–1970 гг. (рис. 2, з), но сейчас ее состояние вновь сильно ухудшилось.

Церковь Архангелов построена в 1408 г. [Якобсон, 1956, с. 185, 187; Лопушинская, 1982, с. 64]. Она расположена в пределах бурга (части

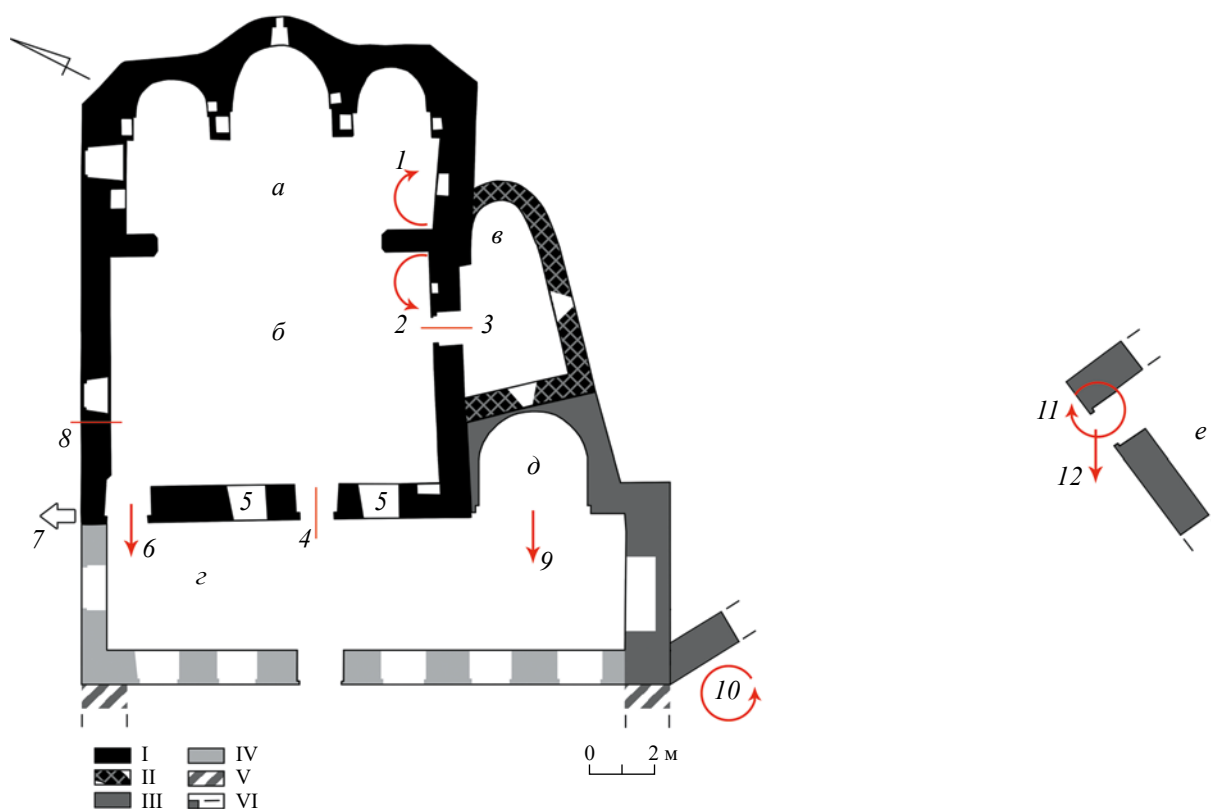


Рис. 1. Церковь Архангелов Гавриила и Михаила (Габриела и Микаела) в Каффе (Феодосии). План-схема на основании плана [Якобсон, 1956, с. 186, рис. 12], с дополнениями и изменениями (по [Лопушинская, 1982, с. 66, рис. 1] и [Халпахчян, 2019, с. 242])

a – трансепт; *б* – неф; *в* – капелла; *г* – гавит на начало XX в.; *д* – апсида «раннего» гавита; *е* – дом № 15 по ул. Армянской; I – стены 1-го строительного периода, фаза 1; II – пристройка капеллы-контрфорса к южной стене храма во время фазы 2 1-го строительного периода; III – стены 2-го строительного периода; IV – реконструируемое направление простираения и расположение по литографии 1858 г. северной стены гавита 2-го строительного периода; V – стены 3-го строительного периода; VI – штрих показывает направление продолжения стены. Деформации: 1 – «надлом», разворот части стены по часовой стрелке внутрь здания на 7°; 2 – «надлом», разворот части стены против часовой стрелки внутрь здания на 3°; 3 – сквозная трещина над окном; 4 – центральный вход в церковь с деформациями; 5 – заложенные окна к северу и югу от центрального входа в церковь; 6 – заложенный северный (левый) вход в церковь с гравитационной деформацией известнякового наличника с клинчатым типом кладки перемычки; 7 – выкол и выдвигание наружу северо-западного угла церкви; 8 – выкол наружу северо-западного угла церкви по косым межблоковым трещинам; 9 – двойное провисание арки конхи апсиды «старого» гавита; 10 – выдвигание на запад части стены двора дома № 13 по ул. Армянской; 11 – вращение верхней части стены по часовой стрелке в северной стене двора дома № 15 по ул. Армянской; 12 – провисание замкового камня в заложенном портале двора дома № 15 по ул. Армянской



Рис. 2. Церковь Архангелов Гавриила и Михаила в Феодосии в XIX–XX вв.

a – литография В.О. Руссена [Album..., 1858]; *б* – фото А. Стаксберга², 1897 г.; *в* – фотография 1947 г.; *г* – фотография 1970-х гг.³. Пунктиром показаны завалы стен. 1 – «старый» гавит (*1a* – следы от примыкания кровли «старого» гавита после утраты «нового» гавита); 2 – «новый» гавит; 3 – северный вход на западной стене церкви (незначительные повреждения перемычки надвходового наличника клинчатого типа); 4 – значительное выпучивание СЗ угла церкви; 5 – утрата части «трилистника» в плите перекрытия ротонды; *6a, 6b* – значительное выпучивание СЗ угла верхней части центрального нефа (*6a*) и завал ротонды в восточном или северо-восточном направлении; 7 – окно в верхней части западного фасада (центрального нефа), на 1947 г. было заложено; 8 – вход на хоры; 9 – стрельчатая арка центрального входа в церковь, утрата северной половины на 1947 г.; 10 – двойное провисание арки конхи апсиды «старого» гавита; 11 – проседание южной стены в верхней части центрального нефа по оси сейсмогенного «надлома»

Каффы внутри городских стен). Сейчас церковь выходит на ул. Армянскую, где расположен еще один знаковый для культурного наследия крымских армян памятник – монастырь Сурб Саркис и могила И.К. Айвазовского в нем. На значительное место памятника в исторической топографии средневековой Каффы указывает то, что католики-генуэзцы ограничивали строительство храмов других конфессий внутри городских стен, и сам факт его существования на этом месте ценен и самодостаточен. Историю изучения памятника нельзя назвать обширной [Якобсон, 1956, с. 185–191; Лопушинская, 1982; Халтахчян, 2019, с. 235–246]; материалы археологических раскопок церкви [Лопушинская, 1982, с. 66–69], полученные в 1960-х гг., не опубликованы. Поэтому обращение к изучению

памятника вновь, с применением новых методов, актуально и своевременно.

В истории храма можно уверенно выделить три строительных периода. 1-й строительный период начался в 1408 г. В начале XV в. здание приобрело практически такой же вид, что имеет и сейчас, за исключением капеллы у южной стены (рис. 1, *в*), которая была пристроена позже, но в тот же строительный период. Весьма вероятно, что именно об этих перестройках во время 1-го строительного периода говорит

² <https://digitaltmuseum.se/021015948695/byggnad-hus-med-ett-litet-kors-med-byggnadsstallningar-nagra-manniskor>

³ <https://ok.ru/vremenam/topic/6692061009802>

надпись № 25 1425 г. из собрания Г. Григоряна; в ней указаны новые ктитеры церкви, которые возобновили ее после неких «божественных святых знамений» [Григорян, 1970, с. 299]. Капелла имела перекрытие в виде циркулярных арок и односкатной черепичной кровли. На данный момент часть арок утрачена, хотя на литографии 1858 г. капелла еще имела черепичную крышу и, видимо, арки (рис. 2, а).

2-й строительный период связан со значительной перестройкой первоначального храма в конце XVII – первой половине XVIII вв. [Лопушинская, 1982, с. 66–69]. Между ремонтно-реставрационными работами конца XVII – первой половины XVIII вв. и 1858 г. (рис. 2, а), т.е. до начала 3-го строительного периода, церковь Архангелов Гавриила и Михаила получила гавит⁴ (на рисунках обозначен как «ранний» или «старый» – рис. 1 и рис. 2, 1) с апсидой (рис. 1, д). Тогда же пришлось переделать входной портал, поскольку плита верхнего наличника треснула посередине. Плиту убрали, переделав завершение входа стрельчатой аркой, и использовали в качестве порога [Лопушинская, 1982, с. 66, 68]. Это произошло около 2-й половины XVIII в. [Лопушинская, 1982, с. 69].

3-й строительный период знаменуется перестройкой «раннего» гавита (рис. 1, г и рис. 2, б); в западной стене сооружаются северные двери для того, чтобы можно было попасть в храм, минуя гавит [Лопушинская, 1982, с. 66–67, 69]. Фото 1897 г. (рис. 2, б) запечатлело конец этих строительных работ. «Новый» гавит разбирается уже в советское время, и храм приобретает современный вид (рис. 2, в). В 1962 г. южная часть западного фасада и, видимо, кровля и арки капеллы обрушились [Лопушинская, 1982].

ДЕФОРМАЦИИ В СТЕНАХ ЦЕРКВИ АРХАНГЕЛОВ ГАВРИИЛА И МИХАИЛА

Южный⁵ фасад церкви. В нашем распоряжении имеется три плана-схемы церкви: 1908 г. В. Сулова, переизданный в 1982 г. [Лопушинская, 1982, с. 66, рис. 1]; 1950 г. А.Л. Якобсона [Якобсон, 1956, с. 186, рис. 12]; 2019 г. О.Х. Халпахчьяна и М.В. Петросяна [Халпахчьян, 2019, с. 242]. Отметим, что все три плана отличаются друг от друга в некоторых пропорциях здания, толщине стен и отклонении их простираения. Обращает на себя внимание план А.Л. Якобсона, на котором южная стена имеет не прямое простираение, а изломанную форму (вогнутую внутрь храма, см. рис. 1, 1–2). Как показало археосейсмологическое обследование стены и прилегающих к ней конструкций, А.Л. Якобсон не допустил ошибку при составлении плана, а единственный из всех передал реальные особенности простираения стен церкви Архангелов Гавриила и Михаила.

Южная стена «надломилась» и выгнулась к северу, дав два вращения вокруг вертикальной оси в противоположные стороны – drag (волочение) для смежных участков стены. В месте надлома западный край восточной половины развернулся по часовой стрелке внутрь здания на 7° (рис. 1, 1). Восточный край западной половины, наоборот, развернулся против часовой стрелки также внутрь здания на 3° (рис. 1, 2). На уровне фундаментов надлом располагается в месте примыкания нефа к восточной половине здания. На уровне окна под несущей аркой нефа надлом смещается западнее; он начинается на восточном краю верхней кромки дверного проема, ведущего в капеллу, смещается на запад и выходит на восточный край подоконника над ним. На плите перекрытия окна излом проходит по ее центру (рис. 1, 3 и рис. 3), пробивая каменную балку и еще два следующих блока подряд, и выходит на кровлю храма. Здесь важно отметить, что этот разрыв в стене произошел не вследствие статических нагрузок, а в связи с более высокой амплитудой колебаний верхних частей церкви – «эффектом небоскреба».

Из-за этой деформации южная стена утратила устойчивость; в ней появились трещины, в том числе межблоковые (косые). На фотографии 1947 г. (рис. 2, 11) хорошо видно, что по надлому развивалось проседание – линия кровли имеет отчетливый излом вниз. Дальнейшее развитие смещений по разлому, видимо, привело к обрушению части церкви в 1962 г. Кроме того, сейчас хорошо заметен наклон к югу всей южной стены в целом (несмотря на реставрационные работы 1967–1970 гг.). Данное повреждение заставило древних строителей пристроить к южному фасаду церкви Архангелов Гавриила и Михаила капеллу (рис. 1, в), которая одновременно выполняла функции контрфорса для южной стены.

Обращает на себя внимание, что капелла имела перекрытие в виде трех арок над наосом и одной дополнительной арки в составе апсиды. В некотором смысле эти арки можно назвать «аркбутанами»⁶, распределявшими нагрузки, оказываемые заваливавшейся южной стеной

⁴ *Гавит* – притвор при входе в храм.

⁵ Церковь Архангелов Гавриила и Михаила вытянута вдоль оси юго-запад–северо-восток. Фасад с простираением 59–64° назван «южным» условно для облегчения описания в рамках настоящей статьи. То же относится и к восточному (реальное простираение 149°), западному (реальное простираение 151°) и северному (реальное простираение 63°) фасадам.

⁶ *Аркбутаны* – наружные упорные арки готических соборов, опирающиеся верхним концом в стену, а нижним – в столбы или контрфорсы.



Рис. 3. Южная стена храма Архангелов Гавриила и Михаила

а – общий вид на восток–юго-восток; *б* – увеличенный фрагмент предыдущего снимка, видна сквозная трещина над окном; *в* – выдвигание на запад части стены двора дома № 13 по ул. Армянской, круг с точкой – выдвигание этой части стены по направлению к наблюдателю

церкви. Необходимо упомянуть, что простирание продольных стен капеллы не соответствует южной стене церкви: капелла значительно развернута против часовой стрелки относительно основного здания. На данный момент мы не в состоянии объяснить это с точки зрения археосейсмологии. В архитектурной историографии объяснения также нет.

Западный фасад церкви. Повреждения западного фасада весьма значительны (рис. 1, 4–7; рис. 2, в; рис. 4, а), и их интерпретация представляет собой наиболее сложную задачу. Это объясняется наложением трех факторов: во-первых, сейсмического, во-вторых, гравитационного, и в-третьих, реставрационного.

В 1962 г. полностью обрушилась южная часть западного фасада церкви [Лопушинская, 1982, с. 69]. Реставраторам пришлось его восстанавливать. Кроме того, реставрационно-ремонтные работы были проведены и на поврежденных арках нефа, которые также были затронуты обрушением. Глубокая реставрация южной части западного фасада храма полностью уничтожила сейсмогенные деформации на участке кладки. Некоторые важные части фасада (окно к югу от центрального входа) были воссозданы заново [Лопушинская, 1982, с. 70–72]. Это важный фактор, который необходимо учитывать при анализе деформаций здания.

Левый дверной проем (рис. 1, б; рис. 4, б) оформлен известняковым наличником с клинчатый типом кладки перемычки; часть ее каменной провисла, а блоки над ней оказались разбитыми. Часть стенной кладки над этими блоками просела по серии субвертикальных трещин, идущих до самого верха здания. На фотографиях 1947 г. (рис. 2, в, з) и 1970-х гг. (рис. 2, з, з) видно, что наличник имеет менее выраженные повреждения, чем в 2015 г. Это говорит о гравитационном характере и молодом возрасте повреждения.

Арка над входом на хоры (рис. 4, в) также деформирована. Замковый камень провис на первые сантиметры, и вверх от него ветвится трещина. Фото 1947 г. показывает, что арка претерпела значительную реставрацию и изменила свой вид.

Слева от современного входа находилось окно (рис. 2, в и рис. 4, з). Такое же окно было и справа, но оказалось полностью утраченным в 1962 г. Арочная конструкция левого окна сильно разрушена, поэтому в какой-то момент от него отказались и заложили.

Портал центрального входа в храм оформлен каменным наличником с рельефной резьбой в виде сельджукского узла; выше уже было указано, что его открыли во время работ 1967 г. и тогда же вернули на место [Лопушинская, 1982, с. 69]. Плита треснула по центру, что заметно и сейчас (рис. 4, з).



Рис. 4. Деформации в западной стене храма Архангелов Гавриила и Михаила. Фотография 2015 г.

a – общий вид стены западного фасада северной части западной стены (черная штриховая вертикальная линия показывает значительное выпучивание северо-западного угла церкви, белый пунктир – очертания заложенного окна); *б* – заложенный северный вход в храм; *в* – вход на хоры, заблокированный каменной кладкой; *г* – заложенное окно к северу от центрального входа в церковь (пунктиром показаны остатки оконного обклада). Вертикальные стрелки – провисшие камни надоконных и надвходовых арок; косые стрелки – протяженные межблоковые трещины; *3a* – заложенная арка; *3в* – заложенный вход; *3o* – заложенное окно



Рис. 5. Ротонда церкви Архангелов Гавриила и Михаила

a – вид с запада; *б* – вид с северо-запада; 1 – повреждение плиты перекрытия арки ротонды в виде трилистника с простираем 120° ; 2 – трещина в плите арки ротонды с простираем 180° ; 3 – трещина в капители и колонне со скалыванием части последней в грани с простираем 60° ; 4а, 4б – завал колонн ротонды на восток. Белый пунктир – реконструкция трехлистной формы плиты перекрытия грани с простираем 120° ; штриховые линии – оси первоначального положения колонн

Фотография 1947 г. (рис. 2, в) показывает, что, во-первых, стрельчатая арка центрального входа имела иной вид, нежели сейчас (рис. 2, 9). Она была выполнена в виде двух монолитных плит, которые стыковались по центральной оси портала. Северная плита арки оказалась утраченной. Помимо этого, оказалось заложенным центральное верхнее окно западного фасада (рис. 2, 7). Деформация арочного свода (двойное провисание южной части арки) видна и в конхе апсиды «старой» части гавита (рис. 1, 9 и рис. 2, 9–10). На данный момент эта деформация утрачена (рис. 3, а), видимо, в 1962 г. [Лопушинская, 1982, с. 71, рис. 4]. Также реставраторы памятника отмечали, что низ кладки западной стены (как минимум в южной части) был переложен [Лопушинская, 1982, с. 66–69].

Повреждения имеет и ротонда над северо-западным углом. Ее деформации представлены завалами в восточном направлении, кручением вокруг своей оси против часовой стрелки и трещинами в плитах перекрытия (рис. 2, 5, 6б

и рис. 5). Близкий комплекс деформаций колонн и плит ограждения ранее был нами обследован в Большой кенассе крепости Чуфут-Кале; там он образовался в результате вращения колонн по/против часовой стрелки вокруг своей оси [Моисеев и др., 2021, рис. 8].

Окружающие храм дома №№ 13 и 15 по ул. Армянской (рис. 1, 10–12 и рис. 3, в) частично принадлежат синхронному горизонту застройки, который соответствует как минимум началу 2-го строительного периода. Так, западная стена, ограждающая двор дома № 13, имеет выдвигание (с небольшим – первые градусы – поворотом против часовой стрелки) в своей южной части на всю свою высоту (рис. 1, 10 и рис. 3, в). Азимут простираения стены 120° . Стена выдвинулась к западу до 10 см. Смежная перпендикулярная стена (северная) дома № 15 имеет общее простираение 20° (рис. 6, з); ее высота – 3.5–4.0 м. Это каменная кладка в один блок.

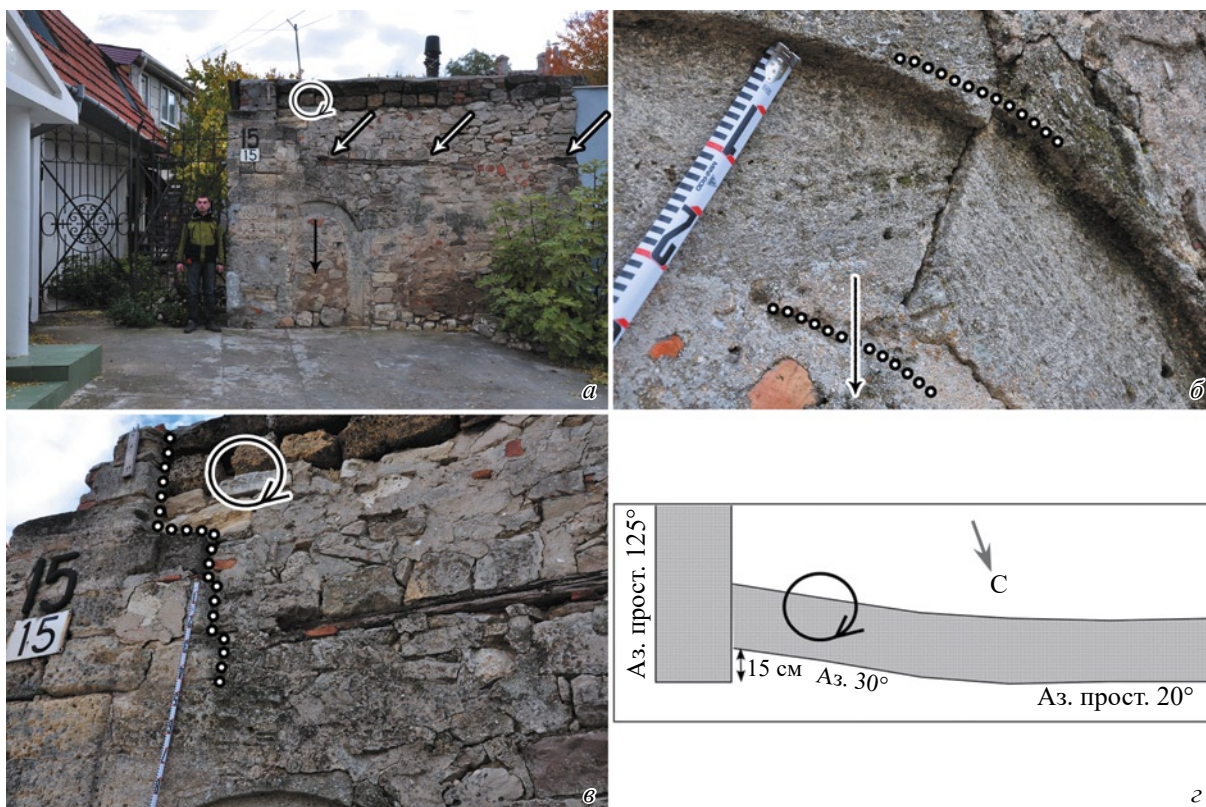


Рис. 6. Деформации в северной стене двора дома № 15 по ул. Армянской в Феодосии

a – общий вид стены (круговая стрелка – вращение верхней части стены по часовой стрелке, вертикальная стрелка – провисание замкового камня в заложенном портале, наклонные стрелки – деревянная балка); *б* – увеличенный фрагмент предыдущего снимка (стрелка – провисание замкового камня в заложенном портале, пунктир – исходное положение камня); *в* – вращение верхней части стены по часовой стрелке (пунктиром показана ломаная плоскость вращения); *г* – схематическая внемасштабная зарисовка (план), показывающая вращение верхней части стены по часовой стрелке

Верхняя часть стены высотой в 6–7 камней (1,3 м) повернута по часовой стрелке на 10° (рис. 1, II; рис. 6, *a*, *в*, *г*). По причине этого разворота между описываемой стеной и смежной – перпендикулярной – образовался выступ в 15 см (рис. 6, *г*). В связи с разворотом в южной стене во время значительных сейсмических колебаний имело место кратковременное раскрытие замковой части арки бывшего входа, приведшее к провисанию замкового камня вниз на 5 см (рис. 1, I2 и рис. 6, *a*, *б*), утрате северного и завалу южного наличников в северном направлении против уклона местности. Уже потом замковый камень выдвинулся на юг на 2 см. Поверхность разворота стены начинается как раз от провисшего камня.

Провисание замкового камня и разворот части стены были не синхронными событиями, поскольку угол дома № 15 по технике кладки отличается от основной стены. В районе арки мы наблюдаем использование технологии

«дувар-кушак» (закладка деревянного антисейсмического компенсационного бруса – рис. 6, *a–в*) с использованием разноразмерного слабо обработанного строительного камня; угол же сложен из среднеразмерного хорошо обработанного камня. Разворот прошел именно по стыку стен двух разных технологий. Однако возведение угла дома № 15 неразрывно связано с последствиями землетрясения, приведшего к провисанию замкового камня в арке.

Северный фасад церкви. Наблюдаемый в южном фасаде излом должен был привести к разрыву строительной конструкции храма по субмеридиональной оси. Действительно, на северном фасаде нами были прослежены подобные деформации.

Необходимо отметить, что и верхняя часть северо-западного угла имеет значительные повреждения: весь угол выколот и выдвинут наружу – к северо-западу – на первые сантиметры по значительным косым межблоковым

трещинам (рис. 7, *a*). В северной стене имеется и вертикальный разрыв в каменной кладке, по которому приоконная часть стены выдвинулась наружу на величину до 5 см (рис. 7, *б*). Этот разрыв имеет важнейшее значение для понимания генезиса деформаций. Увеличение смещения по разрыву вверх по стене означает

увеличение амплитуды колебаний во время значительного землетрясения – так называемый «эффект небоскреба». При просадках грунта должна наблюдаться обратная картина – уменьшение и затухание смещения вверх по каменной кладке.

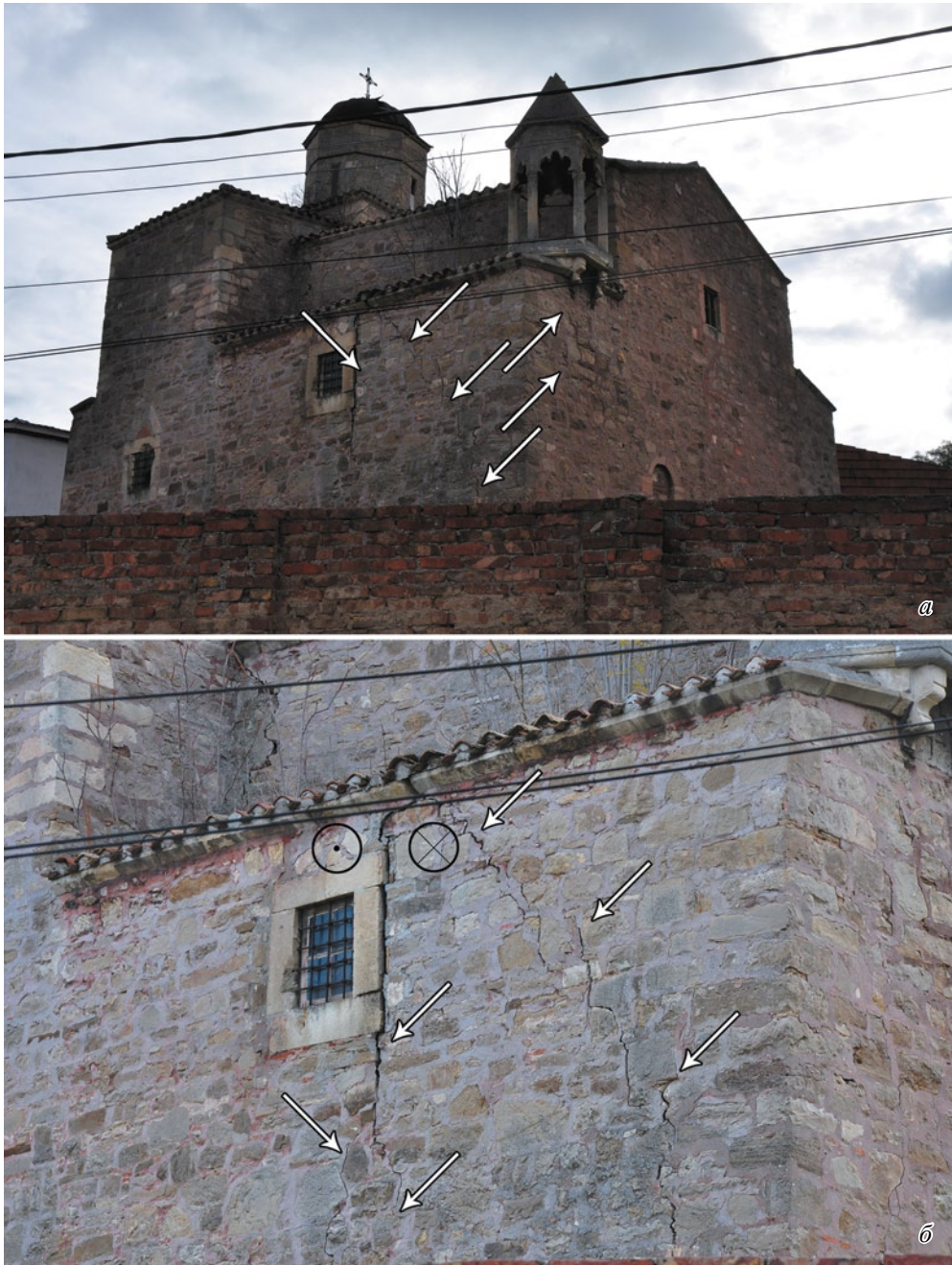


Рис. 7. Северо-западный угол храма Архангелов Гавриила и Михаила, разбитый трещинами (показаны стрелками)

a – выкалывание северо-западного угла церкви наружу по косым межблоковым трещинам, развитым в западной и северной стенах храма, вид на юго-восток; *б* – увеличенный фрагмент предыдущего снимка (кроме трещин, виден вертикальный разрыв, по которому приоконная часть стены выдвинулась наружу, круг с точкой – выдвигание этой части стены по направлению к наблюдателю)

Крайне важно, что рассматриваемый разрыв не просто загибается вниз, а бифуркирует – раздваивается; по нему начинает развиваться перевернутая «цветковая» структура. Развивающаяся вверх «цветковая» структура – всегда признак сдвиговых подвижек по комплексу разрывов. «Цветковая» же структура, развивающаяся вниз – случай редкий, но не единственный; подобный структурный ансамбль уже был изучен и описан нами в средневековом городе Кыркхуджра в Ферганской долине Узбекистана [Корженков и др., 2020]. И в Кыркхуджре, и в Феодосии «цветок» возник не в связи с выходом сейсмического разрыва из гипоцентра землетрясения на поверхность, а в связи со значительными и сложными деформациями, возникшими в угловой части здания из-за сильных сейсмических колебаний, направленных под углом к стенам обоих простираций.

РЕГИОНАЛЬНАЯ СЕЙСМОТЕКТОНИКА

За последние 150 лет (период относительно хорошо документированной сейсмической истории Крыма [Морозова, Шебалин, 1968; Никонов, Пономарева, 1991; Пустовитенко и др., 2014]) Феодосия неоднократно подвергалась воздействию умеренных по силе землетрясений. Лучше всего изучены Ялтинские землетрясения 26.06.1927 г. и 11.09.1927 г. с $M = 6.0$ и $M = 6.8$ соответственно. Механизм очага при первом толчке по макросейсмическим данным можно полагать преимущественно сдвиговым по плоскости север–северо-западного простираения, а при основном ($M = 6.8$) – взбросовым, при северо-восточной ориентировке [Никонов, 2012]. Очаги землетрясений привязываются к Южно-Крымской складчато-надвиговой зоне. Первое землетрясение вызвало в Феодосии эффект интенсивностью V баллов, второе ощущалось с интенсивностью VI–VII баллов, вызвав легкие повреждения домов, разваливание труб, образование трещин в стенах домов [Черноморские..., 1928; Морозова, Шебалин, 1968; Скляр и др., 2000; Никонов, 2012; Пустовитенко и др., 2014].

Для Каффы-Феодосии известно еще четыре землетрясения: 1423 г., 1615 г., 1869 г. и 1875 г. (рис. 8). Положение их эпицентров определяется с очень большой ошибкой и может быть пересмотрено.

Землетрясение 1423 г. было прослежено при археологических исследованиях крепости Фуна [Кирилко, 2005, с. 49–51; Мьц, 2009, с. 116]. Его эпицентральной областью могла располагаться к северо-востоку от нашего памятника [Моисеев и др., 2019].

Сообщение о землетрясении 1615 г., вызвавшем цунами, разрушение домов и городской

стены в Каффе, записано современником событий и сомнений не вызывает [Никонов, 1986; Хапаев, 2008]. По оценке А.А. Никонова, очаг этого землетрясения был расположен в Черном море, $M = 6.0 \pm 0.5$, интенсивность сотрясений в Каффе – VII–VIII баллов.

Землетрясение 11.10.1869 г. ($M = 6.0 \pm 0.2$) сильнее всего ощущалось в Судаке (VII баллов), где сопровождалось изменением уровня моря и вызвало серьезные повреждения старых сооружений, включая генуэзскую крепость, и разрушение некоторых современных зданий [Никонов, Пономарева, 1991]. В Феодосии и Карасубазаре его интенсивность достигла VI (возможно VI–VII) баллов.

Землетрясение 8.08.1875 г. ($M = 4.7 \pm 0.3$), очаг которого был расположен к востоку от Феодосии, вызвало в этом городе сотрясения интенсивностью VI–VII баллов [Никонов, Пономарева, 1991]. Ему предшествовал слабый форшок 1.08.1875 г. ($M = 4.1 \pm 0.3$). Примечательно, что при землетрясении 8.08.1875 г., помимо Феодосии, была еще одна локальная область максимальных сотрясений (VI–VII баллов), расположенная в 30 км к северо-западу от г. Старый Крым, в деревнях Малиновка и Васильевка. При этом уже в 12 км к юго-западу от этих деревень, в г. Карасубазар, интенсивность сотрясений составила IV балла. Таким образом, параметры этого землетрясения остались до конца не выясненными, оставив ряд вопросов о положении очага, количестве событий и распределении сотрясений.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ АРХЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ ЦЕРКВИ АРХАНГЕЛОВ ГАВРИИЛА И МИХАИЛА

Храм имеет сложный комплекс сейсмодислокаций, которые были образованы несколькими землетрясениями, произошедшими в период с 1408 по 1897 гг. Очевидно, что гравитационный фактор играл в повреждении памятника не главную, а второстепенную роль: он с течением времени лишь усиливал трещины и смещения, приводя к обрушениям, подобным тому, что было в 1962 г.

Наиболее раннее землетрясение (событие А) фиксируется, прежде всего, по надлому с деформацией волочения (drag) южной стены. Судя по наклону южной стены на юго-восток, можно допустить, что максимальные сейсмические колебания распространялись вдоль субмеридиональной оси с этого направления. Этой деформации сопутствуют следующие повреждения: трещина, пробивающая три блока подряд, межблоковые трещины, выдвигание северо-западного угла храма и сооружение

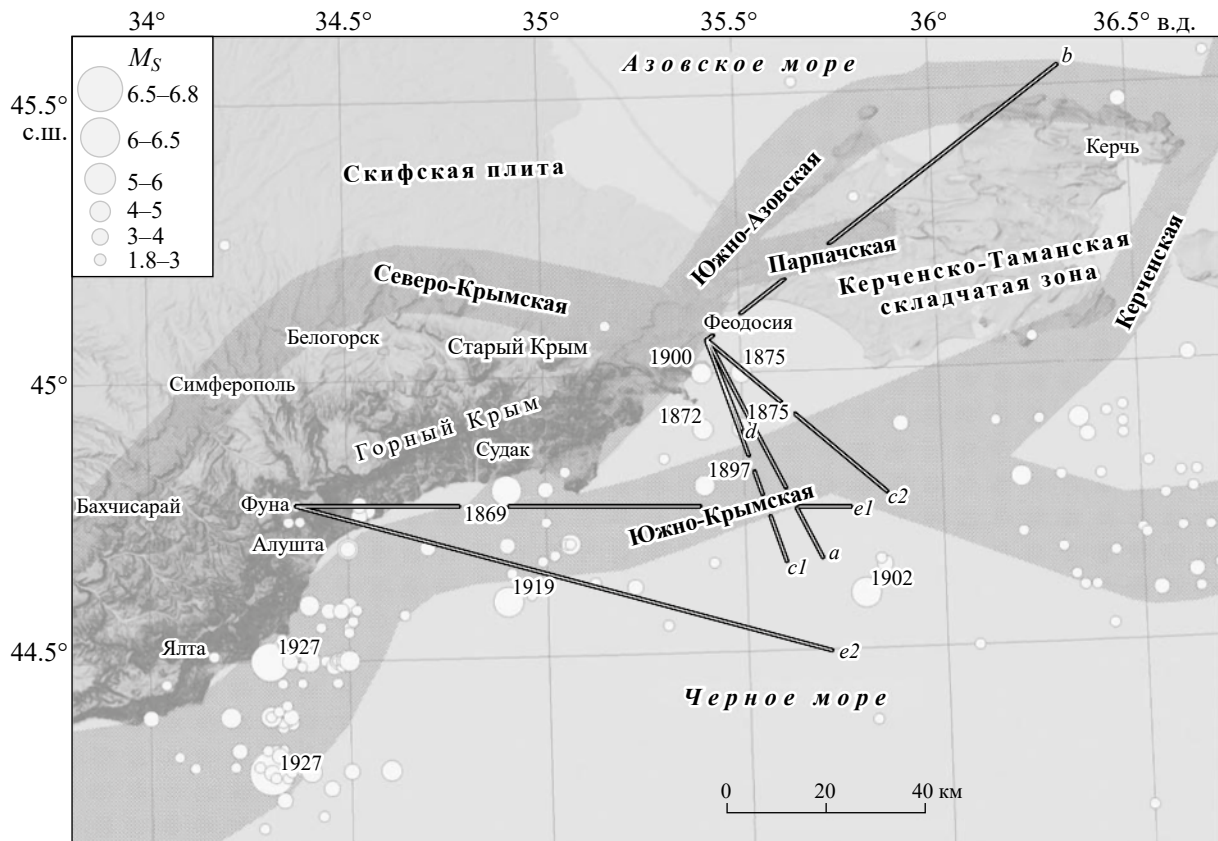


Рис. 8. Сейсмогенерирующие зоны (заштрихованные области) Восточного Крыма по инструментальным, археосейсмологическим и палеосейсмологическим данным

Кружками показаны эпицентры землетрясений по инструментальным и макросейсмическим данным за период 1800–2014 гг. (по [Shebalin, Leydecker, 1997; Пустовитенко и др., 2014]), с указанием года для сильнейших событий; *a–e* – предполагаемые положения эпицентров событий, обсуждаемых в настоящей работе

капеллы-контрфорса (рис. 9, 10, 12 и табл. 1, 2, 4); отметим, что капелла-контрфорс говорит не столько о землетрясении, сколько о ремонтных работах после него.

Местная интенсивность события А составила $I_L = VIII–IX$ баллов (МСК-64). Эпицентральная область находилась, по всей вероятности, в Южно-Крымской сейсмогенерирующей зоне (рис. 8, *a*). Землетрясение должно датироваться 1408–1425 гг., на что указывают известные строительные надписи церкви; этому времени соответствует катастрофическое событие 1423 г. Ранее мы писали, что его эпицентральная область должна была располагаться к северо-востоку от крепости Фуна [Моисеев и др., 2019, с. 43–44]; вместе с тем, В.П. Кирилко полагает, что эпицентр землетрясения располагался в море южнее крымского побережья [Кирилко, 2005, с. 51].

К последствиям землетрясения 1423 г. в крепости Фуна можно отнести специфические деформации оборонительных стен

1-го строительного периода [Кирилко, 2005, с. 49–50], которые были зафиксированы на северном углу крепости. Здесь оказалась частично разрушена стена – на сохранившихся участках она утратила свой внутренний панцирь. Северная башня утратила внутренний северо-восточный угол с разворотом северо-восточной стены по часовой стрелке. Повреждения северного участка крепости были отремонтированы либо утолщением стен, либо возведением контрфорсов. Также оказался практически уничтожен северо-восточный угол крепости – весь внешний панцирь угла оборонительных стен с меридиональным и субширотным простиранием вывалился наружу [Моисеев и др., 2019, с. 41, рис. 4–5].

Основания расположить эпицентральную зону северо-восточнее крепости дало повреждение северо-восточного угла крепости и наличие контрфорсов с внешней – северной – стороны оборонительной стены на северном углу Фуны. Контрфорсы, подпиравшие

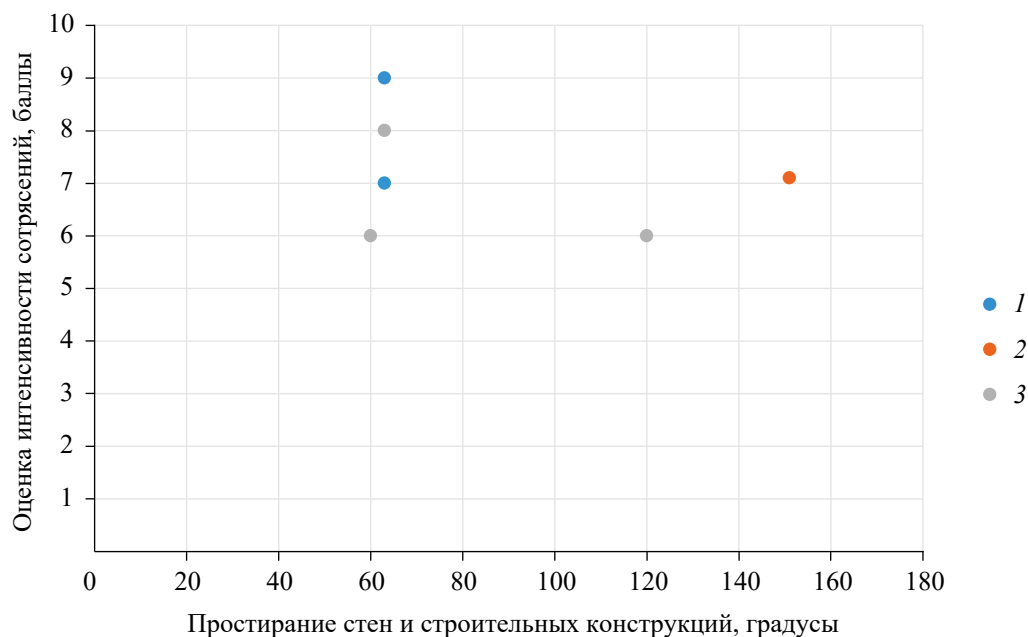


Рис. 9. Сопоставление интенсивности сотрясений с деформациями, выявленными в стенах и строительных конструкциях церкви Архангелов Гавриила и Михаила: наклоны, завалы, волочения, контрфорсы, выдвигения в стенах

1 – 1-й строительный период; 2 – 2-й период; 3 – период не определен

Таблица 1. Наклоны, завалы, волочения, контрфорсы, выдвигения в стенах церкви Архангелов Гавриила и Михаила, представленные на рис. 9

№ п/п	Номер рисунка с деформацией	Описание деформации	Строительный период	Азимут простираения, градусы
1	1, 1–2; 2, 11	Волочение (drag) (рис. 1, 1–2)	1-й период	63
2	–	Наклон южной стены на юго-восток	1-й период	63
3	1, в	Капелла-контрфорс	1-й период	63
4	–	Выдвижение на юго-запад нижней части западной стены	2-й период	151
5	1, 7; 2, 4; 4, а	Выдвижение северо-западного угла церкви на северо-запад	Неопределим	151
6	2, 6b; 4, а; 5, 4a	Колонна ротонды	Неопределим	60
7	2, 6b; 4, а; 5, 4b	Колонна ротонды	Неопределим	120

оборонительные стены против завала по уклону местности, могли исправлять последствия землетрясения, усиленные и развитые гравитационным фактором. Если принять это во внимание, то от их учета в определении эпицентральной зоны землетрясения следует отказаться. Тогда на передний план выходит широтная или субширотная ось

распространения максимальных сейсмических колебаний катастрофы 1423 г. с эпицентром к востоку или юго-востоку от изучаемого памятника (рис. 8, e1, e2), что подтверждает наши выводы.

Во время 2-го строительного периода произошло несколько землетрясений. Во-первых, это событие В, «реперной» деформацией

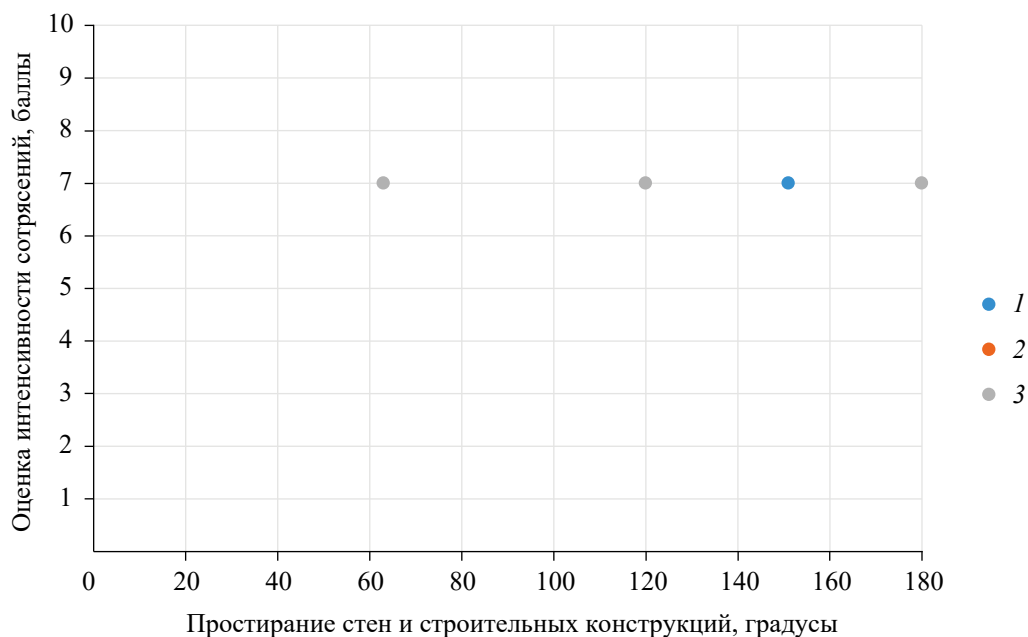


Рис. 10. Сопоставление интенсивности сотрясений с деформациями, выявленными в стенах и строительных конструкциях церкви Архангелов Гавриила и Михаила: трещины в стенах
 1 – 1-й строительный период; 2 – 2-й период; 3 – период не определен

Таблица 2. Трещины в стенах церкви Архангелов Гавриила и Михаила, представленные на рис. 10

№ п/п	Номер рисунка с деформацией	Описание деформации	Строительный период	Азимут простираения, градусы
1	1, 3; 3, а, б	Трещина (joint) в плите перекрытия окна и последующих двух блоках (трещина, пробивающая три блока подряд)	1-й период	63
2	–	Межблоковые косые трещины на южной стене	Неопределим	63
3	1, 4	Трещина в наличнике плиты перекрытия центрального входа	1-й период	151
4	5, 2	Плита перекрытия грани ротонды	Неопределим	180
5	5, 1	Плита перекрытия грани ротонды	Неопределим	120
6	1, 8; 7	Межблоковые трещины на северной стене	Неопределим	63

которого нами было признано выдвижение фундамента западного фасада церкви на юго-запад. Ориентировочная интенсивность составляла $I_L = VII-VIII$ баллов (МСК-64). После этого церковь подвергается капитальному ремонту на рубеже XVII–XVIII вв., в том числе сооружается «старый» гавит у западного

фасада храма. Тогда же была повреждена арка дома № 15 с простираением 20° : оказался утрачен северо-западный наличник (рис. 11 и табл. 3). Видимо, он завалился (или оказался поврежден настолько, что его демонтировали?) по направлению к эпицентральной области землетрясения против уклона местности.

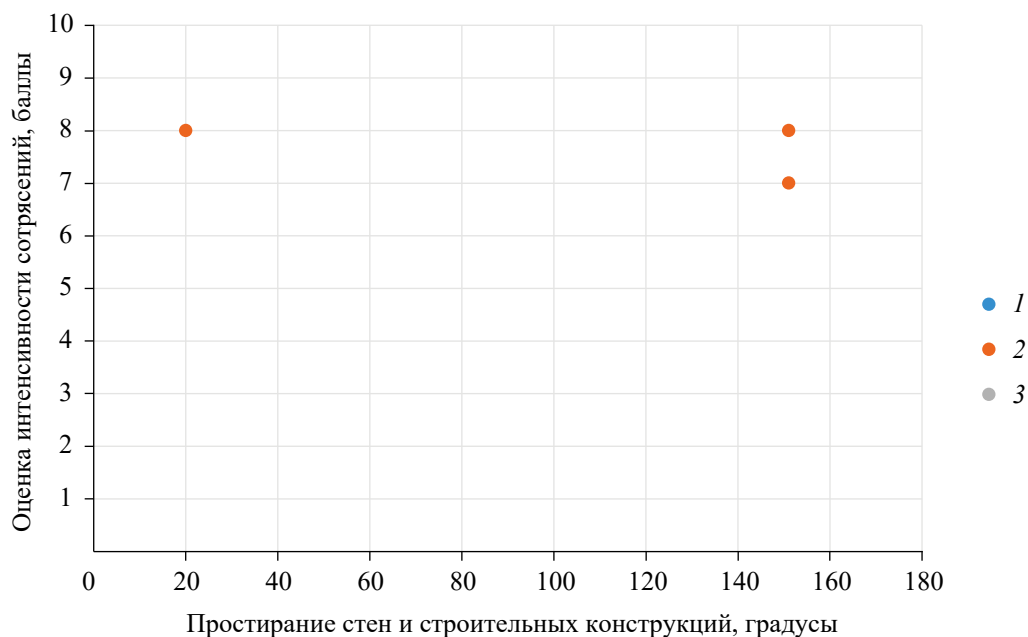


Рис. 11. Сопоставление интенсивности сотрясений с деформациями, выявленными в стенах и строительных конструкциях церкви Архангелов Гавриила и Михаила и окружающего ее квартала: деформация арок

1 – 1-й строительный период; 2 – 2-й период; 3 – период не определен

Таблица 3. Деформация арок церкви Архангелов Гавриила и Михаила и окружающего ее квартала, представленная на рис. 11

№ п/п	Номер рисунка с деформацией	Описание деформации	Строительный период	Азимут простираения, градусы
1	1, 5; 4, а, г, з	Окно слева от центрального входа	2-й период	151
2	2, 9	Стрельчатая арка центрального входа	2-й период	151
3	1, 9; 2, 10	Двойное провисание в конхе апсиды «старого» гавита	2-й период	151
4	1, 10; 6	Арка в стене ограды дома № 15	2-й период	20

На месте предполагаемой эпицентральной области события В (рис. 8, *b*) расположен Южно-Азовский активный разлом [Корженков и др., 2019, с. 384–385, рис. 19–20]. Он генерировал разрушительные землетрясения в древности: в первой половине (?) III в. до н.э. ($I = IX-X$ баллов), не позднее рубежа II–I вв. до н.э., около середины I в. до н.э. ($I \geq IX$ баллов), около середины III в. н.э. ($I \geq VIII$ баллов) и на рубеже 3-й–4-й четвертей VI в. н.э. ($I \geq IX$ баллов) [Корженков и др., 2019, с. 393–394].

Для события С (рис. 8, *c1*, *c2*) «реперными» деформациями являются закономерные

провисания арок в субширотных стенах (табл. 3). Стены, имевшие простираение в диапазоне 130–160°, испытали сдавливание (табл. 4). В результате этого части их конструкций развернулись против часовой стрелки. Землетрясение имело эпицентральной область в Южно-Крымской сейсмогенерирующей зоне и интенсивность $I_L = VII-VIII$ баллов (МСК-64). Согласно выводам Е.А. Лопушинской [Лопушинская, 1982, с. 66, 68], его можно отнести ко второй половине XVIII в., во многом благодаря наличию трещины в первоначальном наличнике входа в храм.

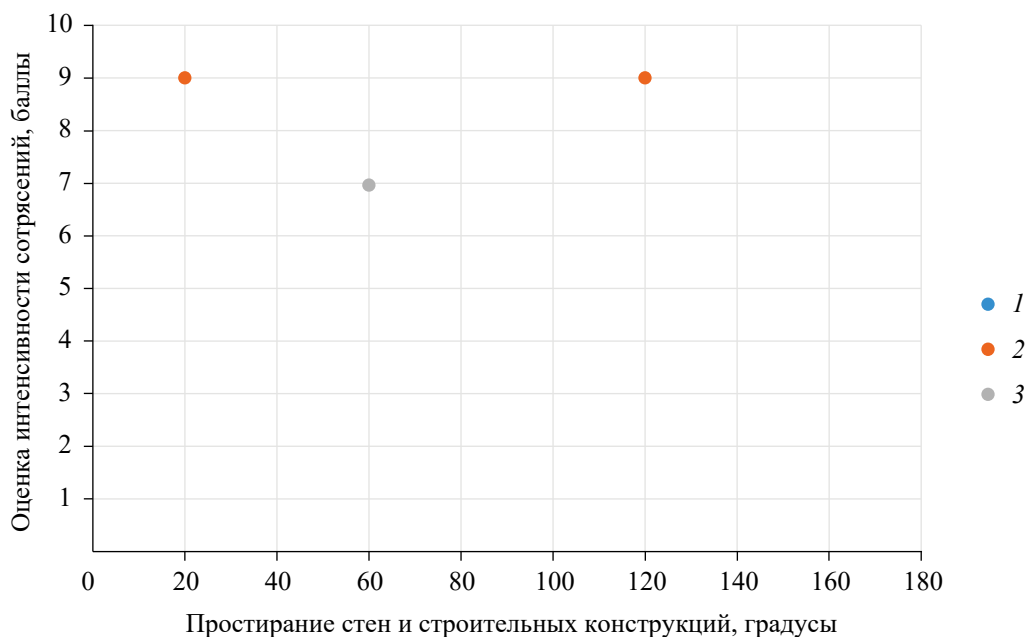


Рис. 12. Сопоставление интенсивности сотрясений с деформациями, выявленными в стенах и строительных конструкциях церкви Архангелов Гавриила и Михаила и окружающего ее квартала: кручение колонн и развороты стен

1 – 1-й строительный период; 2 – 2-й период; 3 – период не определен

Таблица 4. Кручение колонн и развороты стен церкви Архангелов Гавриила и Михаила и окружающего ее квартала, представленные на рис. 12

№ п/п	Номер рисунка с деформацией	Описание деформации	Строительный период	Азимут простираения, градусы
1	5	Колонна ротонды	Неопределим	60
2	1, 10; 3, в	Стена ограды дома 13	2-й период	120
3	1, 11; 6	Стена ограды дома 15	2-й период	20

Событие D, самое позднее, датируется так во многом благодаря строительным технологиям стен ограды дома № 15, где вызванные им повреждения выражены лучше всего. Ремонт этой конструкции (рис. 3, в) выполнен в технике кладки, характерной для российской строительной традиции. Арка, располагаясь на склоне с активным гравитационным фактором, не могла долго простоять в деформированном состоянии, и и проход был заложен (в качестве попытки ремонта) не позднее 1897 г. (рис. 2, б). Так или иначе, интенсивность этого землетрясения не была значительной, и повреждения, несмотря на то что оно наиболее позднее, проявляются лишь локально. Вероятно, его необходимо оценить в $I_L = VI-VII$ баллов

(МСК-64), а эпицентральная область находилась в Южно-Крымской сейсмогенерирующей зоне (рис. 8, d). По-видимому, перед нами последствие землетрясения 1875 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренный материал позволяет говорить, что во время 1-го и 2-го строительных периодов армянский храм Архангелов Гавриила и Михаила в Каффе-Феодосии испытал воздействие трех-четырех землетрясений. Первое из них мы склонны отождествлять с 1423 г. – катастрофой, хорошо известной по исследованию крепости Фуна. Второе произошло накануне рубежа XVII – XVIII вв. По всей вероятности, его

последствия на материалах церкви Архангелов Гавриила и Михаила удалось описать впервые; оно связано с Южно-Азовским активным разломом. Третье землетрясение произошло во второй половине XVIII в. и было порождено Южно-Крымской сейсмогенерирующей зоной. Последнее, самое позднее землетрясение можно уверенно отнести к 1875 г.

Полученные данные могут быть уточнены вовлечением археосейсмологических материалов по другим историческим памятникам Феодосии и других древних городов Восточного Крыма. Выявлению источников сейсмических колебаний должны быть посвящены специальные дополнительные палео- и археосейсмологические исследования.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена в рамках государственного задания Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

- Григорян Г.М. Новые данные об армянских эпиграфических надписях Крыма и Северного Кавказа // Историко-филологический журнал. 1970. № 3 (50). С. 297–301.
- Кирилко В.П. Крепостной ансамбль Фуны (1423–1475 гг.). Киев: Стилос, 2005. 269 с.
- Корженков А.М., Масленников А.А., Овсяченко А.Н., Ларьков А.С., Супренков А.А. Сейсмические деформации в урочище Сююрташ в Крымском Приазовье // Древности Боспора. 2019. Т. 24. С. 370–397.
- Корженков А.А., Анарбаев А.А., Усманова М.Т., Захидов Т.К., Максудов Ф., Саидов М., Кубаев С., Насриддинов Ш., Родина С.Н., Варданян А.А. Сейсмические деформации в древнем поселении Кыркхуждра, расположенном на Великом шелковом пути в Папском районе Узбекистана // Земля и Вселенная. 2020. № 6. С. 37–59. <https://doi.org/10.7868/S0044394820060043>
- Лопушинская Е.И. Архитектура армянской церкви Архангелов Гавриила и Михаила в Феодосии и ее реставрация // Вестник обществ. наук АН АрмССР. 1982. № 9. С. 64–72.
- Моисеев Д.А., Корженков А.М., Овсяченко А.Н., Ларьков А.С. Крымское разрушительное землетрясение второй половины XV в. // Вопросы инженерной сейсмологии. 2019. Т. 46, № 2. С. 37–53. <https://doi.org/10.21455/VIS2019.2-4>
- Моисеев Д.А., Корженков А.М., Овсяченко А.Н., Рогожин Е.А., Ларьков А.С. Следы сильных разрушительных землетрясений в Ханском дворце и его окрестностях (Бахчисарай, Крым) // Физика Земли. 2021. № 4. С. 101–119. <https://doi.org/10.31857/S0002333721030091>
- Морозова Р.М., Шебалин Н.В. О землетрясениях Крыма 1800–1967 гг. (опыт критического каталога) // Геофизический сборник АН УССР. Вып. 26. С. 13–41.
- Мыц В.Л. Кафа и Феодоро в XV в. Контакты и конфликты. Симферополь: Универсум, 2009. 528 с.
- Никонов А.А. Землетрясения XVII века в Восточном Крыму // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1986. № 6. С. 79–85.
- Никонов А.А. Уточненные решения макросейсмического поля и механизма очагов Крымских землетрясений 1927 г. // Геофизические исследования. 2012. Т. 13, № 1. С. 50–78.
- Никонов А.А., Пономарева О.Н. Сильные землетрясения Крыма во второй половине XIX в. // Вопросы инженерной сейсмологии. 1991. Вып. 32. С. 59–76.
- Пустьовитенко Б.Г., Луцкий А.В., Боборыкина О.А., Кульчицкий В.Е., Можжерина А.В., Насонкин В.А., Панков Ф.Н., Поречнова Е.И., Пустьовитенко А.А., Тихоненков Э.П., Швырло Н.И. Мониторинг сейсмических процессов в Крымско-Черноморском регионе. Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2014. 364 с.
- Скляр А.М., Князева В.С., Королев В.А. Макросейсмический эффект землетрясений 26 июня и 11 сентября 1927 г. в Крыму // Сейсмологический бюллетень Украины за 1998 г. Симферополь: ИГ НАНУ, КЭС, 2000. С. 90–119.
- Халпахчян О.Х. Архитектура крымских армян. Симферополь: Медиациентр им. И. Гаспринского, 2019. 380 с.
- 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. 3–8.
- Черноморские землетрясения и судьбы Крыма / Сборник статей профессоров В.А. Обручева, П.А. Двойченко, С.В. Шимановского, Е.Ф. Скворцова, А.И. Маркевича, П.М. Никифорова, П.И. Голландского. Симферополь: Крымиздат, 1928. 113 с.
- Якобсон А.Л. Армянская средневековая архитектура в Крыму // Византийский временник. Т. VIII. Л.: Изд-во АН СССР, 1956. С. 166–191.
- Album historique et pittoresque de la Tauride / Par E. de Villeneuve. Vol. 1–25. Paris: Kaepelin imprimeur-lithographe editeur, 1858. 200 p.
- Archaeoseismology (British school at Athens) / Ed. by S. Stiros, R.E. Jones. Fitch Laboratory Occasional Paper 7, 1996. 268 p.
- Kázmér M., Györi E. Millennial Record of Earthquakes in the Carpathian-Pannonian Region: Historical and Archaeoseismology // Hungar. Histor. Rev. 2020. N 2. P. 284–301. <https://doi.org/10.38145/2020.2.284>
- Korzenkov A.M., Mazar E. Structural reconstruction of seismic events: Ruins of ancient buildings as fossil seismographs // Sci. and New Technol. 1999. No. 1. P. 62–74.
- Minos-Minopoulos D., Pavlopoulos K., Apostolopoulos G., Lekkas E., Dominey-Howes D. Liquefaction features at an archaeological site: Investigations of

past earthquake events at the Early Christian Basilica, Ancient Lechaion Harbour, Corinth, Greece // *Tectonophysics*. 2015. V. 658. P. 74–90. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2015.07.010>

Shebalin N.V., Leydecker G. Earthquake Catalogue for the Former Soviet Union and Borders up to 1988. European Commission, Report No. EUR 17245 EN, Nuclear Science and Technology Series. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 1997. 135 p. ISSN: 1018-5593

Silva P.G., Reicherter K., Giner-Robles J.L., Rodríguez-Pascua M.A., Grützner C., García-Jiménez I., García P.C., Pérez-López R. Arqueosismología del Conjunto Arqueológico Romano de Baelo Claudia (Cádiz, Sur de España): estado de la cuestión // *Actas de las II Jornadas Internacionales de Baelo Claudi: Tiendas Culturales de Andalucía y el Catálogo de publicaciones de la Consejería de Cultura*. Sevilla: Junta de Andalucía, Consejería de Cultura, 2016. P. 63–91.

Сведения об авторах

МОИСЕЕВ Дмитрий Анатольевич – Общество с ограниченной ответственностью «Цитадель». Россия, 295047, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Узловая, д. 2/7. E-mail: ohota_d@ukr.net

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

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

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

SEISMIC DEFORMATIONS IN WALLS OF ARCHANGELS GABRIEL AND MICHAEL CHURCH (THEODOSIA, CRIMEA)

D.A. MOISIEIEV¹, A.M. KORZHENKOV², A.N. OVSYUCHENKO², A.S. LARKOV²

¹ Citadel LLC, Simferopol, Russia

² 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 systematic damages of building structures of Archangels Gabriel and Michael Armenian Church in Kaffa-Theodosia (southeast Crimea) are investigated. The deformations include tilts, rotations and drag's displacements of building elements, sagging of the hinge parts of above-window and above-entrance arched structures and a wide range of fissures, including through-going joints and joints assemblies in the form of "flower" structures. Complexes of systematic damages were formed by four earthquakes. The epicentral area of the earliest earthquake (event A) with local intensity $I_L = \text{VIII–IX}$ points (MSK-64) was located along the submeridional axis in the South Crimean seismogenic zone. After this event the church was repaired: a chapel with counter-force function was built, many windows were filled with stones for stability. The earthquake, highly likely, occurred in 1423. This dating is supported by the data of seismogenic deformations of earthquake 1423 in walls of the Funa fortress. The next earthquake (event B), highly likely, occurred at the turn of the 17th – 18th centuries along one of the segments of the South Azov seismogenic zone. The local intensity of seismic vibrations was $I_L = \text{VII–VIII}$ points (MSK-64). Earthquake C occurred in the 2nd half of the 18th century after big remedial works, which repaired the damage of the event B. Its consequences have been especially well preserved in the arches and platbands of the western facade of the church. Maximum seismic oscillations that led to these damages acted along the $\approx 130^\circ\text{--}160^\circ$ axis. The local seismic intensity of oscillations was $I_L = \text{VII–VIII}$ points (MSK-64). The last earthquake (event D) occurred in 1875. Our data generally coincide with the available parameterization of this event. Its epicentral area was in the South Crimean seismogenic zone, intensity of vibrations was $I_L = \text{VII–VIII}$ (MSK-64).

Keywords: seismic deformations, kinematic indicators, strong earthquakes, Armenian churches, the Middle Ages, Theodosia, Crimea

Financial support

The work was carried out within the framework of the State assignment of Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences.

Ethics declarations

The authors declare no conflict of interest.

About the authors

MOISIEIEV Dmitri Anatolievich – Citadel Limited Liability Company. Russia, 295047, Crimea Republic, Simferopol, Uzlovaya ul. 2/7. E-mail: ohota_d@ukr.net

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

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

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

Cite this article as: Moisieiev D.A., Korzhenkov A.M., Ovsyuchenko A.N., Larkov A.S. Seismic deformations in walls of Archangels Gabriel and Michael Church (Theodosia, Crimea), *Voprosy Inzhenernoi Seismologii* (Problems of Engineering Seismology). 2021. V. 48, No. 4. P. 131–148. [in Russian]. <https://doi.org/10.21455/VIS2021.4-7>

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