

А.М. КОРЖЕНКОВ
Д.А. МОИСЕЕВ
А.Н. ОВСЮЧЕНКО
А.С. ЛАРЬКОВ

A.M. KORZHENKOV
D.A. MOISIEIEV
A.N. OVSYUCHENKO
A.S. LARKOV

СЕЙСМИЧЕСКИЕ ДЕФОРМАЦИИ В ЦЕРКВИ МОНАСТЫРЯ СВЯТОГО ГЕОРГИЯ В ФЕОДОСИИ

SEISMIC DEFORMATIONS OF THE CHURCH OF THE ST. GEORGE MONASTERY IN FEODOSIYA

Введение

Армянский монастырь Св. Георгия (Сурб Геворг) в Феодосии (средневековая Каффа) дошёл до нас в составе церкви XIV в. и прилегающего к ней некрополя. Храм был построен не позднее 1385 г. на территории Западного участка предместий Каффы и принадлежал армянской общине. На данный момент, исходя из архитектуры здания, можно выделить два строительных периода в истории храма: XIV в. – 1858 г. и 1858 г. – наши дни. На втором строительном периоде было проведено три реставрации церкви, не считая кардинальной перестройки храма в 1858 г.: в 1968 г., в 2006 г. и в 2016 г.

В 1858 г. храм был значительно перестроен. К древней (восточной) части здания были пристроены центральная и западная части, над первой возведена башня, а с северной стороны раннего храма появилась пристройка [Халпахчян, 2019, с. 297 – 301]. Если вначале церковь была квадратной в плане с купольным перекрытием и апсидой на восточном фасаде, то после 1858 г. она превратилась в вытянутый прямоугольник под двускатной черепичной кровлей с башней (рис. 1, 2) и апсида оказалась не связана с новой кровлей. В целом, можно сказать, что в архитектонике церкви заметно проявило своё влияние русское зодчество.

Отметим, что выделение 1-го строительного периода в истории храма достаточно условное. К сожалению, материалы археологических раскопок памятника на сегодня не опубликованы и поэтому нам сложно судить об истории объекта в XIV – XIX вв. Но стены восточной части храма несут в себе следы многочисленных ремонтов и перестроек, которые не оставляют возможности сомневаться, что уточнение ранней истории храма ещё только предстоит сделать. Во многом наше исследование

позволяет поставить вопрос о сложной истории монастыря Св. Георгия на Западном участке предместий Каффы и актуализировать его полноценное археологическое исследование в будущем.

Стены церкви монастыря Св. Георгия несут значительные повреждения, которые мы специально изучали в полевых условиях в 2015 году с помощью разрабатываемого нами археосейсмологического метода. Этот подход использует кинематические индикаторы деформаций, известные из структурной геологии [Korzhenkov and Mazor, 1999; Корженков и Мазор, 2001; Корженков и др., 2020]. Территория Крымского полуострова испытывала значительные землетрясения как в новейшее время – Ялтинские землетрясения 1927 года [Никонов, 2012], так и в античное – 63 год до н.э. [Блаватский, 1977]. Значительное землетрясение затронуло Каффу в Средневековье – в 1423 году [Мыц, 2009]. Учитывая сравнительно хорошую сохранность комплекса генуэзских и османских построек города и длительность их существования, Каффу-Феодосию можно уверенно назвать территорией «окаменевших сейсмоскопов», в которых зафиксировано большое количество следов землетрясений с XIV по XX век. Первейшей задачей наших исследований была попытка установить генезис деформаций в стенах храма. В случае подтверждения их сейсмического происхождения наша задача наращивалась следующими вопросами: какова была местная сейсмическая интенсивность сейсмических колебаний, где располагался их источник (сейсмогенный разрыв), когда произошли эти значительные сейсмические события?

Мы уже упоминали выше, что церковь монастыря Св. Георгия состоит из двух основных частей, построенных в различное время: в XIV веке и XIX веке. Следовательно, и деформационная история у этих частей церкви должна быть разной. Рассмотрим выявленные и исследованные нами повреждения строительных конструкций.

Полученные данные

Наклоны строительных конструкций

Систематические наклоны строительных конструкций единого простираения в одном направлении являются важнейшим доказательством их сейсмогенной природы [Korzhenkov and Mazor, 1999; Корженков и Мазор, 2001]. Подобные деформации были выявлены нами в северной стене новой части церкви. Так, например, на западном участке северной стены с простираением 800 имеется два арочных портала. Западный вход (рис. 1, 3) заблокирован каменными блоками из-за перекоса дверного наличника и деформации арки – небольшого провисания камней в ее замковой части. Вверх от арки до самой крыши расходятся межблоковые трещины в виде цветковой структуры. Данный структурный ансамбль подразумевает не только сильные сеймотектонические напряжения, действовавшие вдоль простираения стены, но и некоторую крутящую – сдвиговую компоненту.

Важно отметить, что восточные стены основной части храма (1-й строительный период) и его пристройки (2-й строительный период) наклонены в разные стороны

(рис. 5). Хотя общее простираие стен 170° , стена 1-го строительного периода на 2° – 3° наклонена на восток, а 2-го – на те же значения на запад. Особенно хорошо это видно в верхней части конструкции, где между ними имеется латеральное несовпадение до 5 – 7 см. Не менее важно отметить, что описанные наклоны строительных конструкций имели субширотное направление. Естественный же уклон рельефа в данной местности субмеридианальный: с юга на север. Таким образом, гравитационный фактор в образовании перечисленных повреждений может быть исключен.

Деформации арок окон и входных порталов

Повреждения и разрушения арочных конструкций являются необычайно чувствительным кинематическим индикатором, позволяющим: 1) доказать сейсмический генезис разрушений и повреждений, 2) определить направление максимальных местных сейсмических воздействий, 3) оценить местную сейсмическую интенсивность сейсмических колебаний [Korzhenkov and Mazor, 1999; Корженков и Мазор, 2001; Корженков и др., 2020]. Особенно впечатляющими являются провисшие замковые камни в арках. Подобная деформация может возникнуть при кратковременных периодах растягивающих усилий, направленных вдоль простираия арочной конструкции, не достаточных, тем не менее, для их полного разрушения.

Провисшая замковая часть арки портала с азимутом простираия 80° видна в северной стене 1-го строительного периода храма (рис. 6). Три центральных камня конструкции опустились на величину до 5 см. Этот факт подразумевает направление значительных сейсмических колебаний вдоль субширотной оси.

В церкви монастыря Св. Георгия сильные повреждения получили и оконные арки. На южной стене 2-го строительного периода с простираием 70° – 75° имеется 2 окна со стрельчатыми арками: центральное (рис. 2, 2) и западное (рис. 7), которые заложены камнем. Блокировке подверглось и восточное окно храма в стене 1-го строительного периода (рис. 2,2; 3). Отметим, что окно было сооружено в стене после древнего ремонта (рис. 2), когда в её кладку попала архитектурная деталь с резной розеткой и растительным орнаментом (рис. 3), характерным для крымских памятников архитектуры ордынского времени. Также стоит отметить, что форма окон на восточной стене храма слева и справа от апсиды имела несколько иной вид (рис. 2, 1) и была представлена монолитными блоками с узкой прорезью для проникновения света в помещения. Вместе с ремонтом южной стены 1-го периода, сооружением в ней нового окна (ремонта старого?) была переложена верхняя половина юго-восточного угла храма (рис. 2). Древний вывал кладки был значительным и едва не затронул окно к югу от апсиды. Судя по всему, стена не вывалилась полностью, а разрушилась в виде клина, расширяющегося наверх, и была расположена в верхней половине кладки. Также обращает на себя внимание, что низшая точка клина расположена именно на южной стене (рис. 2, 2). Чтобы сформировались подобные деформации стен, необходимо землетрясение интенсивностью не менее VII баллов (MSK-64).

Восточная стена 1-го строительного периода (к югу от апсиды) имеет мощный

фундамент. Он выдвинут относительно остальной части кладки с максимальным выступом у Ю-В угла церкви – 13 см (в районе апсиды выдвижение не фиксируется).

Замковые камни западной арки на южной стене церкви также повреждены (рис. 7). Сразу же бросается в глаза «расшевеленный» центральный замковый блок. Видны следы ремонта и перекладки замковой части арочной конструкции. От арки вверх распространяются межблоковые трещины. Они образуют т.н. «цветковую» структуру, которая означает наличие небольшой сдвиговой компоненты деформации, направленной перпендикулярно азимуту простираения арочной конструкции. У этой арки также разбит подоконник (рис. 7, 2). Данные наблюдения свидетельствуют о сейсмическом генезисе описанных деформаций и о субширотной оси распространения сейсмических колебаний в данном регионе.

Стрельчатая арка центрального окна южной стены опустилась вниз до 5 см (рис. 8). Азимут простираения стены и арки 80° . Чтобы предотвратить разрушение этой части стены, весь оконный проем был заложен. Все описанные события произошли во время 2-го строительного периода.

Эти наблюдения подтверждают изложенное ранее заключение о сейсмическом характере описанных деформаций и о субширотном направлении максимальных сейсмических колебаний как минимум одного землетрясения.

В церкви монастыря Св. Георгия деформированными оказались не только стрельчатые арки окон 2-го строительного периода, но и входных порталов (рис. 9). Так, в замковой части арки современного входа в церковь видно провисание каменных блоков, а также их последующий ремонт (рис. 9,1). Деформации этой арочной конструкции видны также и во внутренней части храма (рис. 9,2) в виде трещин, расшевеливающих некоторые замковые камни. Эти наблюдения подтверждают наше раннее заключение о распространении максимальных сейсмических колебаний вдоль субширотной оси.

Пристройка к храму имела все четыре стены (в т.ч. и южную, которая стояла вплотную к северной стене храма). В этой южной стене пристройки были сооружены глухие арки (рис. 10). Видимо, в дальнейшем предполагалось в этом месте пробить проход в наос храма. Замковые части арок также деформированы: у них провисли на первые сантиметры восточные камни замковых частей. Вверх от этих повреждений распространяются косые межблоковые трещины, образовавшиеся в связи с описанными деформациями. Они также укладываются в общую картину предполагаемого нами субширотного направления распространения максимальных сейсмических колебаний.

До сих пор в нашей работе мы описывали деформации арочных конструкций только в субширотных стенах церкви. Следует отметить, что имеется один случай повреждения надвходовой арки и ее последующего ремонта – перекладки в западной стене пристройки (рис. 11). Азимут простираения стены здесь 170° . Виден различный размер некоторых каменных блоков в северной и южной части арочной конструкции, а также значительная косая межблоковая открытая трещина над аркой, отремонтиро-

ванной впоследствии тонкой каменной плиткой. Возможно, что значительная часть пакета камней над арочной конструкцией развернулась вдоль этой трещины вокруг вертикальной оси на величину в первые градусы по часовой стрелке внутрь постройки.

Трещины

Практически все старинные здания покрыты сетью трещин. Эти разрывы в прочных строительных конструкциях возникают вследствие постепенных статических нагрузок от самого сооружения, просадок в подстилающих грунтах, военных операций (взрывов, действия таранов) и значительных сейсмических колебаний. И лишь трещины, пробивающие несколько строительных блоков подряд – joints, а также факт значительного числа трещин в стенах определенной ориентировки могут служить доказательством их сейсмогенного происхождения [Корженков и Мазор, 2013].

При нашем исследовании церкви было обнаружено значительное количество трещин. Наиболее впечатляющие из них – это структурный ансамбль ниже и выше оконного проема в северной стене пристройки (рис. 12). Хорошо видно, что образование структурного комплекса началось внизу стены, где она получила сильное динамическое воздействие от подстилающего грунта: именно здесь же имеется максимальное раскрытие между соседними бортами трещин. Важно отметить, что описываемые межблоковые трещины начинают ветвиться вверх, что означает «цветковую» структуру и сдвиговые напряжения, действовавшие перпендикулярно простиранию субширотной стены. Эти сдвиговые напряжения привели к 5⁰ повороту восточной части описываемой стены против часовой стрелки. «Цветковый» ансамбль трещин, раскрывающийся кверху – до самой крыши, имеется и над окном. Угрожающее состояние верхней части стены заставило верующих заблокировать оконный проем кирпичом.

Сквозные трещины (joints), пробивающие 2-3 каменных блока подряд, также встречены в церкви монастыря Св. Георгия. Они имеются в значительном количестве к югу и северу от аспиды в восточной стене 1-го строительного периода (рис. 2, 1; 13), имеющей простирание 170⁰. Ранее мы подробно писали о наличии ремонта в кладке этой стены и его следах в южной стене храма. В отличие от юго-восточного, на северо-восточном углу в кладке 1-го строительного периода подобного ярко выраженного ремонта не видно. Также необходимо отметить, что вывал юго-восточного угла, как и образование трещин, происходил «пакетом» под близким углом. Видимо, перед нами разные «эшелоны» одной деформации, где одни выразились в образовании сквозных трещин, а другие – в виде вывалившихся «пакетов» каменных блоков кладки. Закономерным также является усиление выраженности «пакетов» трещин снизу вверх и их затухание в месте примыкания к апсиде – естественному усилителю конструктивной части церкви. Сквозная межблоковая трещина наблюдается во внутренней кладке апсиды. Ее особенность – «цветковый» эффект, который она приобретает в верхней части конхи. Отметим, что фасадная часть апсиды такой деформации не имеет.

Сквозная трещина также встретилась в северной стене 1-го строительного периода (рис. 13,2) с азимутом простирания 80° . Однако она возникла недавно, так как эта часть стены 1-го строительного периода перекладывалась в начале 2-го строительного периода для монтажа стропильной системы кровли пристройки.

Западная стена храма, имеющая простирание 160° , пробита двумя сквозными трещинами на всю высоту строительной конструкции в 4-5 м. Наиболее наглядная открытая – южная трещина-разрыв (рис. 14). Ширина между ее разошедшимися бортами от 2 до 15 см. Ширина раскрытия увеличивается книзу, что говорит о просадочном характере разрыва. Однако его бифуркация кверху говорит также о небольшой сдвиговой деформации, приводящей к развитию цветковой структуры. Хотя время заложения трещины не известно, свежий облик трещины подразумевает ее современное развитие. Об этом же свидетельствует и деформация «маячков» (рис. 14), установленных на высоте около 3 м, и образование вдоль фронта разрыва особых структурных форм растяжения-сдвига – pull-apart'ов. Последние подразумевают небольшое (первые сантиметры) опускание вниз северной части стены согласно уклону местности. Цоколь здесь состоит из четырех рядов каменной кладки, выполненных в виде ступенек. Простирание верхней ступеньки – 155° . Простирание ступенек цоколя и западной стены не совпадают: в центральной части стены они выгнуты на запад.

Описанная выше современная деформация церкви, видимо, началась уже в XXI веке в связи со строительными работами на территории старого армянского кладбища, располагавшегося к западу и северу от храма. В их результате было утеряно равновесное состояние в грунтах, на которых построен храм. В связи с этим начался процесс раскрытия между южной (простирание $70^{\circ} - 75^{\circ}$) и северной (простирание 80°) стенами храма, достигший величины в первые десятки сантиметров.

Региональная сеймотектоника

За последние 150 лет (период относительно хорошо документированной сейсмической истории Крыма [Морозова, Шебалин, 1968; Пустовитенко и др., 2014; Никонов, Пономарева, 1991]) Феодосия неоднократно подвергалась воздействию умеренных по силе землетрясений. Лучше всего изучены Ялтинские землетрясения 26 июня и 11 сентября 1927 года с $M=6.0$ и $M=6.8$ соответственно. Сразу после этих событий в ноябре 1927 года в Феодосии появилась первая крымская сейсмическая станция. Механизм очага при первом толчке по макросейсмическим данным можно полагать преимущественно сдвиговым по плоскости северного – северо-западного простирания, а при основном ($M=6.8$) – вбросовым, при северо-восточной ориентировке [Никонов, 2012]. Очаги землетрясений привязываются к Южно-Крымской (Прикрымской) складчато-надвиговой зоны, которая протягивается в акватории Черного моря вдоль Южного берега Крыма. Первое землетрясение вызвало в Феодосии 5-балльный эффект, второе ощущалось с интенсивностью 6-7 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].

Кроме 1927 года, имеются сведения еще о трех землетрясениях, сопровождавшихся умеренными сейсмическими эффектами в Каффе-Феодосии 1615, 1869 и 1875 годов (рис. 16). Положение эпицентров перечисленных землетрясений определяется с очень большой ошибкой и может быть пересмотрено при появлении более определенных сведений о распределении сотрясений.

Сообщение о землетрясении 1615 года, 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 землетрясения был расположен в Черном море; его магнитуда $M=6.0\pm 0.5$; интенсивность сотрясений в Каффе в 7-8 баллов (MSK-64).

Землетрясение 11.10.1869 года ($M=6.0\pm 0.2$) сильнее всего ощущалось в Судаке (7баллов, MSK-64), где сопровождалось изменением уровня моря, вызвало серьезные повреждения старых сооружений, включая Генуэзскую крепость, и разрушение некоторых современных зданий [Никонов, Пономарева, 1991]. В Феодосии и Белогорске интенсивность сотрясений достигла 6 (возможно, 6-7) баллов (MSK-64).

Землетрясение 8.8.1875 года ($M=4.7\pm 0.3$), очаг которого располагался к востоку от Феодосии, вызвало в этом городе сотрясения интенсивностью 6-7 баллов [Никонов, Пономарева, 1991]. Этому землетрясению предшествовал слабый форшок 1.8.1875 года ($M=4.1\pm 0.3$). Примечательно, что 8.8.1875 года, помимо Феодосии, ещё одна локальная область максимальных сотрясений (6-7 баллов) была расположена в 30 км к северо-западу от г. Старый Крым, в селах Азамат (Малиновка) и Азамат Русский (Васильевка). При этом уже в 12 км к юго-западу от них, в Карасу базаре (Белогорск), интенсивность сотрясений составила 4 балла. Таким образом, параметры этого землетрясения остались до конца не ясными, оставив ряд вопросов о положении очага, количестве событий и распределении сотрясений.

Кроме этого, не вызывает сомнений наличие землетрясения 1423 года, которое было прослежено при археологических исследованиях крепости Фуна [Мыц, 2009]. Наличие сейсмогенных повреждений этого времени в постройках крепости было подтверждено специальным археосейсмологическим исследованием [Моисеев и др, 2019, с. 43-44]. Отметим, что и В.Л. Мыц, и В.П. Кирилко, исследователи крепости Фуны, полагали, что эпицентр землетрясения располагался в море южнее Крымского побережья [Кирилко, 2005; Мыц, 2009].

Новейшие археосейсмологические исследования церкви Архангелов Гавриила и Михаила позволили проследить в ее стенах следы минимум четырех землетрясений. Видимо, они относятся к 1423 году (Южно-Крымская сейсмогенерирующая зона; $I_L = 8-9$ баллов, MSK-64), концу XVII века (Южно-Азовский активный разлом; $I_L = 7-8$ баллов, MSK-64), 2-й половине XVIII века (Южно-Крымская сейсмогенерирующая зона; $I_L = 7-8$ баллов, MSK-64) и 1875 года ($I_L = 6-7$ баллов, MSK-64)[Моисеев и др, 2021, с. 145-146].

Обсуждение результатов и заключение

Выявленные систематические повреждения строительных конструкций в

армянской церкви монастыря Св. Георгия в Каффе-Феодосии (Юго-Восточный Крым) позволили прийти к выводу 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.

Для того чтобы датировать описанные сейсмодислокации и систематизировать их по разным событиям, рассмотрим таблицу 1.

Описанные повреждения храма можно уверенно свести минимум к двум эпизодам деформаций: событиям А и В. К событию А отнесём все деформации, для которых было характерно распространение максимальных сейсмических колебаний вдоль субширотной оси. К ним можно отнести деформации арок в стенах с субширотным простираем и межблоковые трещины с «цветковым» эффектом (табл. 1, 1, 3, 7–10, 12), межблоковые трещины с разворотом части конструкции по часовой стрелке (табл. 1, 11), наклоны значительных частей конструкций (табл. 1, 1–2), блокировки окон и входов (табл. 1, 1, 5, 8), выдвижение фундамента на восточной стене (табл. 1, 6) и сквозные трещины в пристройке (табл. 1, 14). Все названные деформации прослежены в стенах с субширотным простираем, преимущественно в поздних строительных конструкциях. Это говорит о том, что максимальные сейсмические колебания пришли с запада, куда наклонилась часть конструкций (табл. 1, 1–2). Также фундаменты зданий вместе с подстилающими грунтами обычно выдвигаются в сторону, противоположную эпицентру землетрясения (табл. 1, 6). Вызывает некоторое сомнение то, что событие А повредило арку восточного входа на северной стене, которая относится к стене 1-го строительного периода (табл. 1, 3). Однако без зондажа перекрывающей проход кладки с забором образцов строительного раствора ответить на вопрос: не более ли древнее событие С перед нами или нет? – на данный момент нельзя. Таким образом, землетрясение, соответствующее событию А, произошло после 1858 года, местная интенсивность сейсмических колебаний составила $I_1 = VII - VIII$ баллов (MSK-64). Возможно, перед нами последствия землетрясения с эпицентром к северо-западу от Феодосии 8.8.1875 года. Последствия землетрясения этого же дня, но к востоку от города, скорее всего, закамуфлированы более ярко выраженными повреждениями и завалами названного события. Оцениваемая нами интенсивность события А аналогична повреждениям, предположительно оставленным этим же землетрясением в стенах феодосийской церкви Архангелов Гавриила и Михаила [Моисеев и др, 2021, с. 145].

Событие В оставило меньше следов (вернее, они хуже сохранились), т.к. деформации повредили строительные конструкции 1-го строительного периода, которые сохранились плохо. К этим деформациям относятся сквозные трещины, пробивающие 3 блока подряд, в восточной стене храма к югу от апсиды (табл. 1, 1). Только их наличие даёт возможность интерпретировать ремонт юго-восточного угла церкви

(табл. 1, 4) как преодоление последствий этого землетрясения. Его сейсмические колебания распространялись вдоль субмеридианальной оси, а эпицентральная зона, видимо, располагалась вдоль одного из сегментов Южно-Крымской сейсмогенерирующей зоны. Судя по всему, местная сейсмическая интенсивность составляла $I_{\geq 7}$ баллов (MSK-64).

На данный момент теоретически можно предположить, что повреждения могли быть оставлены следующими землетрясениями:

- 1423 год, $I_L = 8-9$ баллов, MSK-64;
- 1615 год, $I_L = 7-8$ баллов, MSK-64;
- 2-я половина XVIII века, $I_L = 7-8$ баллов, MSK-64.

Землетрясение 1423 года изучается достаточно давно, главным образом археологически [Кирилко, 2005, с. 49 – 51]. В последнее время к его описанию добавились археосейсмологические работы [Моисеев и др., 2019, с. 43-44; 2021, с. 141-142]. В результате этих исследований удалось предварительно локализовать эпицентральную зону события 1423 г. Очевидно, однако, что эта работа еще далека от завершения.

Сейсмодислокации в стенах церкви могут быть замаскированы или искажены во время длительной истории функционирования памятника. Теоретически последствия катастрофического землетрясения 1423 года должны быть хорошо проявлены в стенах церкви и было бы логично соотнести их с событием В. Вместе с тем его сейсмические деформации можно интерпретировать как последствия землетрясения 1615 года (оценка А.А. Никонова может быть уточнена). Но на сегодня нам неизвестны четко датированные и локализованные его последствия на памятниках Каффы. К примеру, археосейсмологическое изучение церкви Архангелов Гавриила и Михаила не дало возможности выявить их следы [Моисеев и др., 2021]. С другой стороны, данные, собранные в церкви, пока не полные: изучены только южный, западный и северный фасады памятника [Моисеев и др., 2021, с. 131 – 140]. Кроме того, деформации единичного здания не могут служить достаточным источником информации о сильном землетрясении. Здесь могут вмешаться последствия статической нагрузки со временем, архитектурных особенностей здания, свойства подстилающих грунтов, военные действия. Лишь комплексное исследование нескольких (как можно большего числа) древних зданий может дать достоверную статистическую оценку направления прихода сейсмических подвижек и местной сейсмической интенсивности.

Другим землетрясением, которое теоретически могло оставить повреждения события В, является землетрясение 2-й половины XVIII века, описанное на сейсмогенных деформациях церкви Архангелов Гавриила и Михаила [Моисеев и др., 2021]. Очевидно, что единственным весомым аргументом, который склоняет нас к более ранней датировке, является вывал и последующий ремонт юго-восточного угла здания. Этот вывал дает основания предполагать, что максимальные сейсмические колебания должны были действовать по отношению к церкви монастыря

Св. Георгия с юга – часть стены во время прохождения максимальных сейсмических колебаний вывалилась по направлению к эпицентру землетрясения. В пользу этого говорит и то, что максимальный вывал кладки сформировался именно на южной стене, а в восточной образовались сквозные трещины. Вместе с тем меньший вывал кладки наблюдается и в восточной стене. Здесь, видимо, имеет место свидетельство того, что максимальные сейсмические колебания действовали не совсем параллельно простирацию восточной стены, а под некоторым углом.

Если природа обрушения все-таки не была сейсмогенной, то следует подробнее остановиться на поздней версии датировки события В. Строительная периодизация памятника и ее общая историческая логика, однако, не говорят в пользу такой хронологии. Значительная перестройка церкви была предпринята Г. Айвазовским в 1858 году. В это время западная половина церкви и все другие строения монастыря, видимо, были утрачены [Халпахчян, 2019, с. 297, 299]. В целом предпринятая кардинальная перестройка комплекса говорит о плачевном состоянии его строений. Наличие сейсмогенных деформаций в старом заложенном входе в храм в северной стене (рис. 6), которые были «исправлены» во время ремонта в 1858 году, дают возможность предположить, что значительное ухудшение технического состояния церкви в 1-й половине XIX века были вызваны последствиями землетрясения. К неоспоримым свидетельствам сейсмогенного повреждения церкви можно отнести межблоковую трещину с «цветковым» эффектом на внутреннем фесе кладки апсиды и ее конхи. Очевидно, что к таким повреждениям должна была привести катастрофа 2-й половины XVIII века, возможно, усилившая и развившая повреждения землетрясений 1615 года и конца XVII века.

Вне зависимости от того, является ли вывал юго-восточного угла церкви сейсмогенным, его связь с явно сейсмогенными сквозными трещинами не вызывает сомнений. Таким образом, можно предположить, что ремонт разрушенной кладки юго-восточного угла церкви прошел после события В. В свою очередь, перестройка 1858 года, которая явно ликвидировала последствия (даже отложенные во времени) землетрясений турецкого времени, показывает несколько иную историческую ситуацию. После этих землетрясений ремонтов не было и церковь с монастырем хотя и продолжали использоваться, но постепенно ветшали и руинировали. Исходя из этого, можно уверенно отнести событие В ко времени до 2-й половины XVIII века. Наиболее вероятная хронология представляется в 1423 году.

Таким образом, в результате археосейсмологического исследования церкви монастыря Св. Георгия удалось получить ценные сведения о сейсмической истории Каффа-Феодосии. Становится совершенно ясно, что сейсмический фактор играл важную роль в истории города, формируя важные вехи в его строительной периодизации и, несомненно, археологии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Блаватский В.Д.* Землетрясение 63 года до н.э. на Керченском полуострове // Природа.М. «Наука». 1977. № 8. С. 55–59.
- Кирилко В.П.* Крепостной ансамбль Фуны (1423–1475 гг.). Киев. «Стилос». 2005. 269 с.
- Корженков А.М., Мазор Э.* Структурная реконструкция сейсмических событий: Руины древних городов как окаменевшие сейсмографы // Известия МОН РК, НАН РК. Алматы. «Илим». 2001. № 1. С. 108–125.
- Корженков А.М., Мазор Э.* Признаки сейсмических повреждений в руинах древних городов в пустыне Негев // Геотектоника. М. «ИКИЦ «Академкнига». 2013. №1. С. 59 – 73.
- Корженков А.М., Минчев А., Тенекеджиев В., Овсюченко А.Н., Димитров О., Ларьков А.С., Рогожин Е.А., Рангелов Б., Стрельников А.А.* Сейсмические деформации в раннехристианском монастыре в местности Джанавара (Варна, Болгария). Часть 1: Методы исследований // Вопросы инженерной сейсмологии. М. «ИФЗ РАН». 2020. Т. 47, № 4. С. 72–91.
- Моисеев Д.А., Корженков А.М., Овсюченко А.Н., Ларьков А.С.* Крымское разрушительное землетрясение второй половины XV в. // Вопросы инженерной сейсмологии. М. «ИФЗ РАН». 2019. Т. 46, № 2. С. 37 – 53.
- Моисеев Д.А., Корженков А.М., Овсюченко А.Н., Ларьков А.С.* Сейсмические деформации в церкви Архангелов Гавриила и Михаила // Вопросы инженерной сейсмологии. М. «ИФЗ РАН». 2021. С. 131 – 148.
- Морозова Р.М., Шебалин Н.В.* О землетрясениях Крыма 1800 –1967 гг. (опыт критического каталога). // Геофизический сборник АН УССР. Киев. «Наукова думка».1968. Вып. 26. С. 13 – 41.
- Мыц В.Л.* Каффа и Феодоро в XV веке. Контакты и конфликты. Симферополь. «Универсум». 2009. 528 с.
- Никонов А.А.* Землетрясения XVII века в Восточном Крыму. // Известия АН СССР. Физика Земли. М. «Наука».1986. № 6. С. 79 – 85.
- Никонов А.А.* Уточненные решения макросейсмического поля и механизма очагов Крымских землетрясений 1927 г. // Геофизические исследования. М. «ИФЗ РАН». 2012. Т. 13, № 1. С. 50 – 78.
- Никонов А.А., Пономарева О.Н.* Сильные землетрясения Крыма во второй половине XIX в. // Вопросы инженерной сейсмологии. М. «ИФЗ РАН».1991. Вып. 32. С. 59–76.
- Пустовитенко Б.Г., Луцик А.В., Боборыкина О.А., Кульчицкий В.Е., Можжерина А.В., Насонкин В.А., Панков Ф. Н., Поречнова Е. И., Пустовитенко 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 НАН Украины». 2000. С. 90 – 119.
- Халтахчян О.Х.* Архитектура крымских армян. Симферополь. ГАУ РК «Медиацентр имени И. Гаспринского». 2019. 380 с.
- Ханаев В.В.* Письменные источники по истории Крымских землетрясений античного и средневекового периодов. // Ученые записки Таврического национального университета. Серия «История». Симферополь. 2008. Т. 21 (60). № 1. С. 3–8.
- Черноморские землетрясения и судьбы Крыма. Симферополь, «Крымиздат». 1928. 113 с.
- Korzhenkov A.M., Mazor E.* Structural reconstruction of seismic events: Ruins of ancient buildings

as fossil seismographs // Science and New Technology. Bishkek. «Ministry of education and science of the Kyrgyz Republic». 1999. No.1. P. 62–74.

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.

REFERENCES

- Blavatskij V.D. Zemletrjasenie 63 goda do n.je. na Kerchenskom poluostruve // Priroda. M. «Nauka». 1977. № 8. S. 55 – 59.
- Kirilko V.P. Krepstonoj ansambl' Funy (1423–1475 gg.). Kiev. «Stilos». 2005. 269 s.
- Korzhenkov A.M., Mazor Je. Strukturnaja rekonstrukcija sejsmicheskikh sobytij: Ruiny drevnih gorodov kak okamenevshie sejsmografy // Izvestija MON RK, NAN RK. Almaty. «Ilim». 2001. № 1. S. 108 – 125.
- Korzhenkov A.M., Mazor Je. Priznaki sejsmicheskikh povrezhdenij v ruinah drevnih gorodov v pustyne Negev // Geotektonika. M. «IKC «Akademkniga». 2013. №1. S. 59 – 73.
- Korzhenkov A.M., Minchev A., Tenedezhiev V., Ovsjuchenko A.N., Dimitrov O., Lar'kov A.S., Rogozhin E.A., Rangelov B., Strel'nikov A.A. Sejsmicheskie deformacii v rannehristianskom monastyre v mestnosti Džhanavara (Varna, Bolgarija). Chast' 1: Metody issledovanij // Voprosy inženernoj sejsmologii. M. «IFZ RAN». 2020. T. 47, № 4. S. 72 – 91.
- Moiseev D.A., Korzhenkov A.M., Ovsjuchenko A.N., Lar'kov A.S. Krymskoe razrushitel'noe zemletrjasenie vtoroj poloviny XV v. // Voprosy inženernoj sejsmologii. M. «IFZ RAN». 2019. T.46, №2. S. 37 – 53.
- Moiseev D.A., Korzhenkov A.M., Ovsjuchenko A.N., Lar'kov A.S. Sejsmicheskie deformacii v cerkvi Arhangelov Gavriila i Mihaila // Voprosy inženernoj sejsmologii. M. «IFZ RAN». 2021. S.131 – 148.
- Morozova R.M., Shebalin N.V. O zemletrjasenijah Kryma 1800-1967 gg. (opyt kriticheskogo kataloga). // Geofizicheskij sbornik AN USSR. Kiev. «Naukova dumka». 1968. Vyp. 26. S.13 – 41.
- Myc V.L. Kaffa i Feodoro v XV veke. Kontakty i konflikty. Simferopol'. «Universum». 2009. 528 s.
- Nikonov A.A. Zemletrjasenija XVII veka v Vostochnom Krymu. // Izvestija AN SSSR. Fizika Zemli. M. «Nauka». 1986. № 6. S. 79 – 85.
- Nikonov A.A. Utochnennye reshenija makrosejsmicheskogo polja i mehanizma ochagov Krymskikh zemletrjasenij 1927 g. // Geofizicheskie issledovanija. M. «IFZ RAN». 2012. T. 13, № 1. S.50 – 78.
- Nikonov A.A., Ponomareva O.N. Sil'nye zemletrjasenija Kryma vo vtoroj polovine XIX v. // Voprosy inženernoj sejsmologii. M. «IFZ RAN». 1991. Vyp. 32. S. 59 – 76.
- Pustovitenko B.G., Lushhik A.V., Boborykina O.A., Kul'chickij V.E., Mozhzherina A.V., Nasonkin V.A., Pankov F. N., Porechnova E. I., Pustovitenko A. A., Tihonenkov Je.P., Shvyrljo N.I. Monitoring sejsmicheskikh processov v Krymsko-Chernomorskom regione. Sevastopol'. «NPC «JeKOSI–Gidrofizika». 2014. 364 s.
- Sklyar A.M., Knjazeva V.S., Korolev V.A. Makrosejsmicheskij jeffekt zemletrjasenij 26 ijunja i 11 sentjabrja 1927 g. v Krymu // Sejsmologicheskij bjulleten' Ukrainy za 1998 g. Simferopol'. «IG NAN Ukrainy». 2000. S. 90 – 119.

- Halpahch'jan O.H.* Arhitektura krymskih armjan. Simferopol'. «GAU RK «Mediacentr im. I. Gasprinskogo». 2019. 380 s.
- Нараев V.V.* Pis'mennye istochniki po istorii Krymskih zemletrjasenij antichnogo i srednevekovogo periodov. // Uchenye zapiski Tavricheskogo nacional'nogo universiteta. Serija «Istorija». Simferopol'. 2008. T. 21 (60). № 1. S. 3 – 8.
- Chernomorskie zemletrjasenija i sud'by Kryma. Simferopol'. «Krymizdat». 1928. 113 s.
- Korzhenkov A.M., Mazor E.* Structural reconstruction of seismic events: Ruins of ancient buildings as fossil seismographs // Science and New Technology. Bishkek. «Ministry of education and science of the Kyrgyz Republic». 1999. No. 1. P. 62 – 74.
- 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.

Резюме

Статья посвящена изучению систематических сейсмогенных деформаций в стенах средневековой церкви монастыря Св. Георгия в Каффе-Феодосии. Благодаря использованию археосейсмологического метода в настоящей работе удалось проследить не менее двух фаз значительных повреждений церкви во время землетрясений, в т.ч. сильных и разрушительных. Сопоставительный анализ архитектурных особенностей памятника, его строительной периодизации дал возможность датировать эти землетрясения, во-первых, 1423 годом (событие В) с субмеридианальным распространением максимальных сейсмических колебаний. Его эпицентральная зона, по всей видимости, находилась в Южно-Крымской сейсмогенерирующей зоне. Местная интенсивность по деформациям церкви монастыря Св. Георгия $I_l \geq 7$ баллов (MSK-64). Второе землетрясение (событие А) датируется 8.8.1875 года. Его эпицентральная зона находилась к западу от г. Феодосия, местная интенсивность по деформациям церкви монастыря Св. Георгия определяется как $I_l = 7-8$ баллов (MSK-64).

Ключевые слова: сейсмические деформации, кинематические индикаторы, сильные землетрясения, церковь, Средневековье, Каффа, Феодосия, Крым.

Summary

The article is about the study of systematic seismogenic deformations in walls of the medieval church of St. George monastery in Kaffa. Archeoseismological method used in this work provided the possibility to trace two significant stages of damages of the church during earthquakes, incl. strong and destructive. A comparative analysis of architectural features of the monument, its building periodization made it possible to date these earthquakes. The epicentral area of the first earthquake dated 1423 (event B), was located submeridially, to the South of the site, in the South Crimean Seismogenic Zone. The local intensity according to deformations of the church of St. George monastery is determined $I_l \geq 7$ points (MSK-64). The second earthquake (event A) is dated 8/8/1875. Its epicentral zone was located to the west of the city of Feodosia, the local intensity according to the deformations of the church is determined as $I_l = 7-8$ points (MSK-64)

Key words: seismic deformations, kinematic indicators, strong earthquakes, church, the Middle Ages, Kaffa, Feodosia, Crimea.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Корженков Андрей Михайлович, д.г.-м.н.,
заведующий лабораторией палеосейсмологии
и палеогеодинамики,
Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН,
(г. Москва, РФ).
korzhenkov@ifz.ru

Larkov Alexander S., ph.d.,
Head of the Laboratory of Methods
of the Earth-quake prediction
Schmidt Institute of Physics of the Earth,
Russian Academy of Sciences.
(Moscow, Russia).
las119@yandex.ru

Моисеев Дмитрий Анатольевич, к.и.н.,
специалист в области археологии,
ООО «Цитадель» (г. Симферополь, РФ).
ohota_d@ukr.net

Овсяченко Александр Николаевич, к.г.-м.н.,
заведующий лабораторией сейсмотектоники
и сейсмического микрорайонирования,
Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН,
(г. Москва, РФ).
ovs@ifz.ru

Ларьков Александр Сергеевич, к.г.-м.н.,
заведующий лабораторией методов
прогноза землетрясений,
Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН,
(г. Москва, РФ).
las119@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Korzhenkov Andrey M., Dr.Sc.,
Head of Laboratory of Paleoseismology
and Paleogeodynamics
Schmidt Institute of Physics of the Earth,
Russian Academy of Sciences
(Moscow, Russia).
korzhenkov@ifz.ru

Moiseiev Dmitri A., ph.d.,
specialist in archaeology,
LLC «Citadel».
(Russia, Simferopol).
ohota_d@ukr.net

Ovsyuchenko Alexander N., ph.d.,
Head of Laboratory of the Seismotectonic and
Seismic microzonation
Schmidt Institute of Physics of the Earth,
Russian Academy of Sciences
(Moscow, Russia).
ovs@ifz.ru

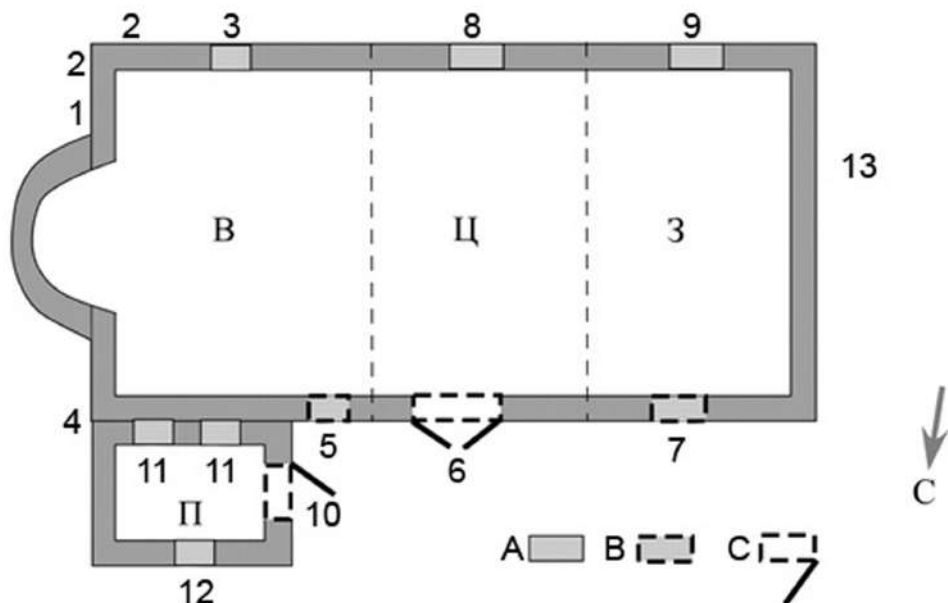


Рис. 1. Схематическая немасштабная зарисовка плана церкви монастыря Св. Георгия. Части церкви: В – восточная (XIV век), Ц – центральная, З – западная, П – пристройка, построенные в XIX веке. 1 – заложенные камнем оконные ниши, 2 – входы в церковь, заблокированные каменными блоками, 3 – используемые в настоящее время входы в храм. Цифры в прямоугольниках означают номера рисунков в данной статье.



Рис. 2. Церковь монастыря Св. Георгия. 1) Восточный фасад с центральной апсидой (1-й строительный период) и пристройкой с севера, справа (2-й строительный период), вид на запад – северо-запад. 2) Южная стена церкви, кладки 1-го (слева) от 2-го (справа) строительных периодов. Белая штриховая линия показывает границу раздела. Наклонные стрелки указывают на закладку окон камнем в связи с сильной деформацией оконных арок и пространства стены над ними. Вид на северо-запад. Рост молодого человека (А.С. Ларьков), позирующего для масштаба на этом и на следующих фотографиях, – 190 см. Черной штриховой линией показана граница переложенной кладки стены. Здесь и далее наши фотографии 2015 года.



Рис. 3. Южная стена церкви. Заложенное окно I-го строительного периода в западной части южной стены церкви, а также вторичное использование в кладке фрагмента архитектурной детали с розеткой. Вид на север.

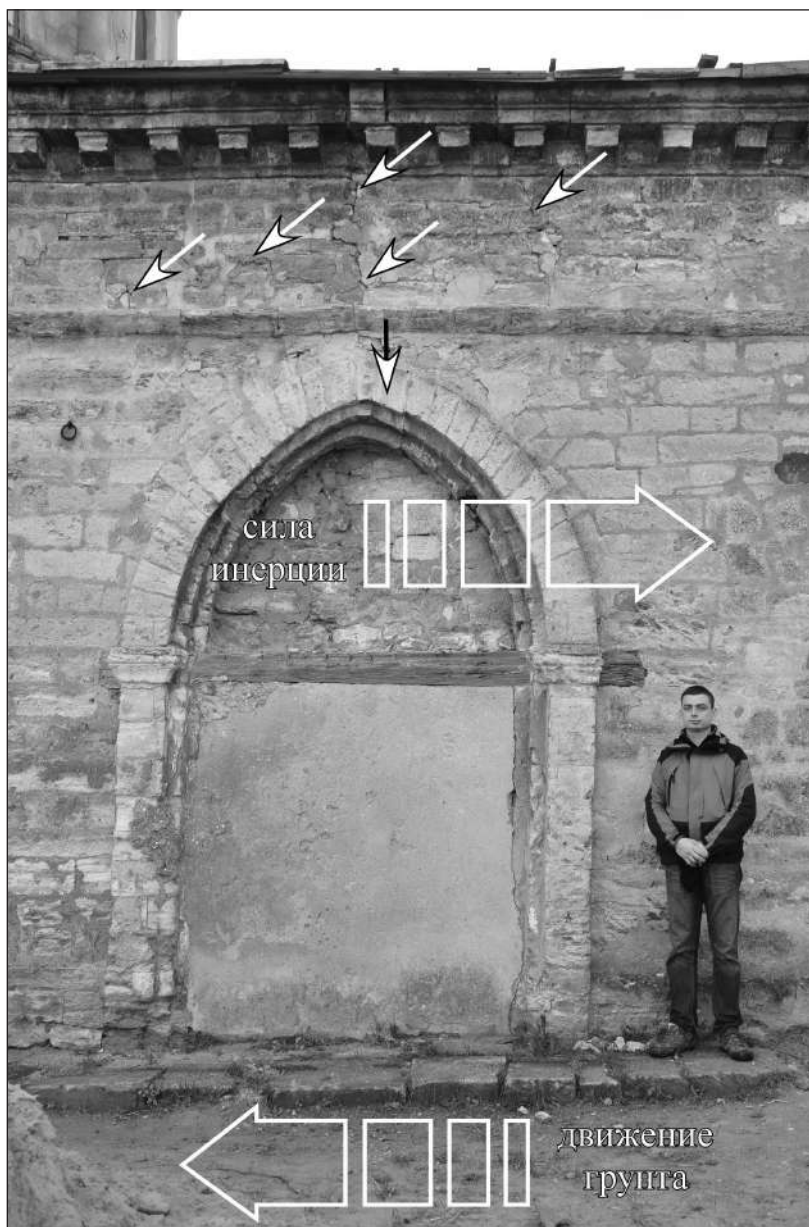


Рис. 4. Заблокированный западный портал (вход) в северной стене храма. Блокировка была произведена в связи с деформацией замковой части арки, которая возникла вследствие перекоса каменного обклада дверного проема. Вид на юг. Вертикальная стрелка указывает на провисшие камни арки, наклонные – ансамбль трещин, расходящихся от них вверх по стене.



Рис. 5. Разрыв (показан наклонными стрелками) между параллельными восточными стенами старой части храма (слева), построенной в XIV веке, и пристройки (справа), построенной в XIX веке. Стена пристройки наклонилась на запад – от зрителя (значок, показывающий оперение стрелы). Горизонтальные стрелки показывают сквозные трещины, пробивающие два каменных блока. Вид на запад – северо-запад.



Рис. 6. Граница раздела между восточной – старой частью церкви монастыря Св. Георгия (слева от штриховой линии), построенной в XIV веке, и средней частью (справа от штриховой линии), построенной в XIX веке в северной стене церкви. Храм несколько раз перестраивался, о чем свидетельствует заложенный вход в старой части здания. Дверь справа – современный вход в церковь, дверь слева – вход в северо-восточную пристройку. Вид на юг.

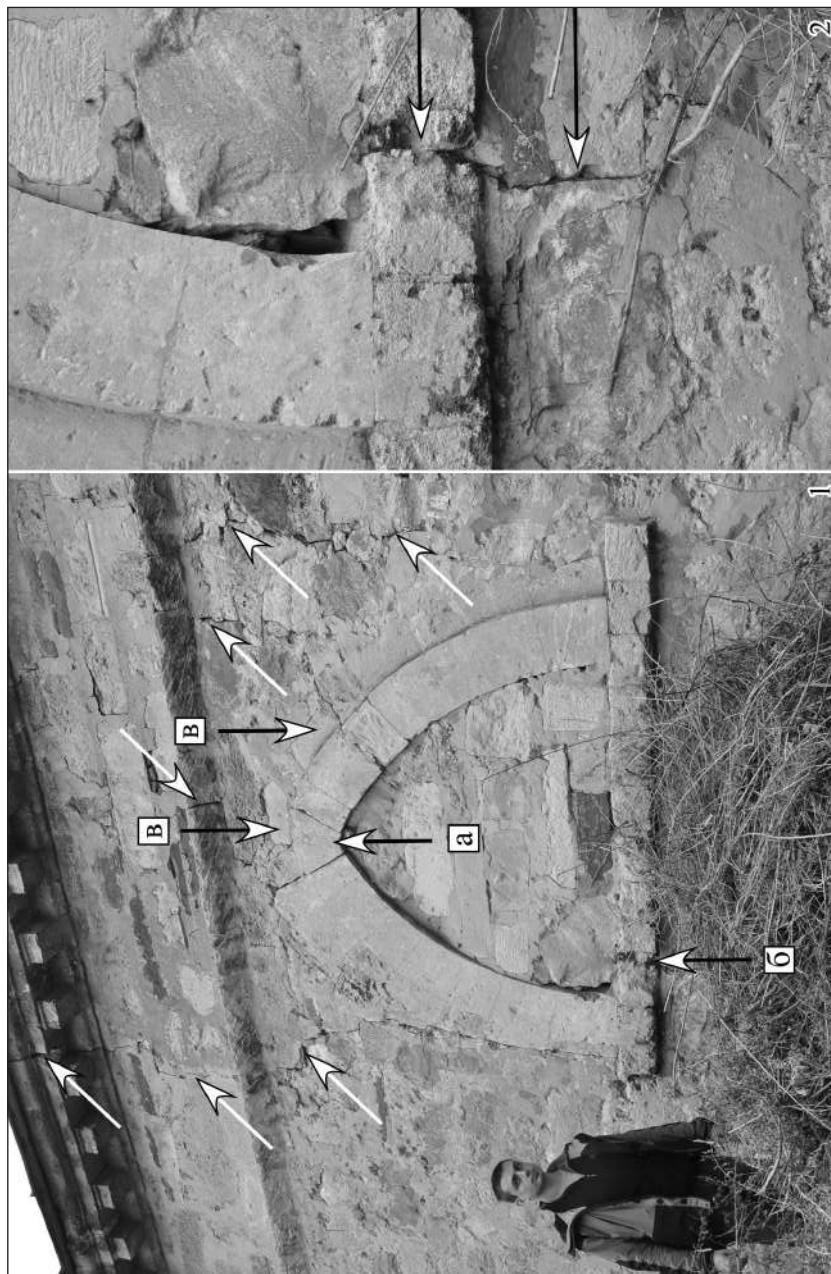


Рис. 7. Заблокированное каменной кладкой юго-восточное окно церкви монастыря Св. Георгия.

1) Общий вид. Наклонные стрелки показывают трещины, восходящие вверх в виде цветковой структуры. Вертикальные стрелки указывают: а – «расщепленный» замковый камень, б – треснувший строительный блок в пакете каменной подоконника, в – следы ремонта и перекладки замковой части арки. Вид на север – северо-восток. 2) Межблоковая трещина, разрывающая пакет оконных камней. Вид на север.



Рис. 8. Деформация арки центрального окна южной стены церкви. Западная часть арки просела относительно восточной до 5 см. Вид на север – северо-запад.



Рис. 9. Поврежденные замковые части навходных арок церкви монастыря Св. Георгия: 1) Северный фас северной стены. Замена выпавших арочных камней (показаны стрелками). Вид на юг; 2) Вид на эту же замковую часть изнутри храма. Вид на север. Стрелками показаны «расшевеленные» замковые камни.

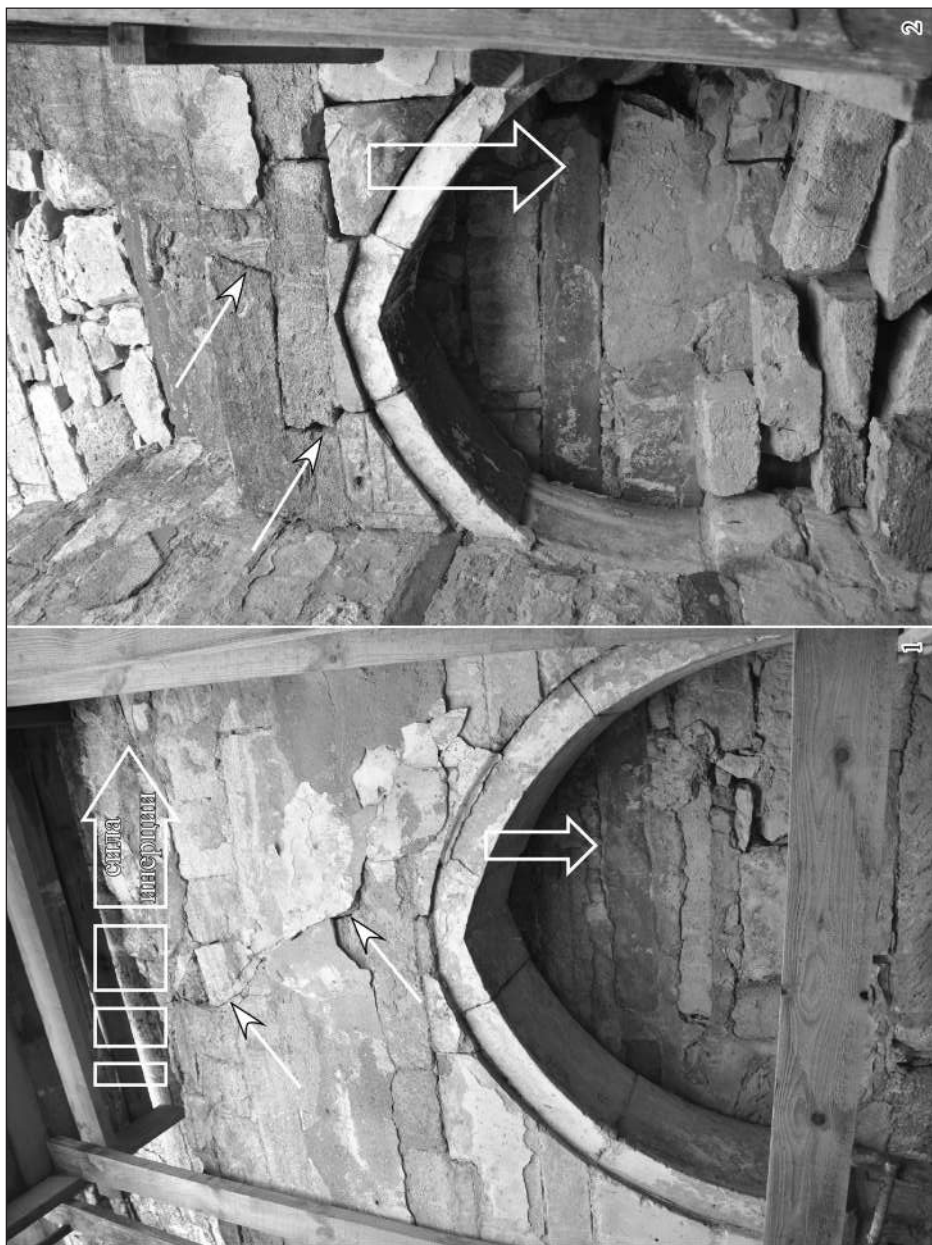


Рис. 10. Деформации замковых частей оконных арок в северной стене северо-восточной пристройки. Тонкие стрелки показывают межблоковые трещины, уходящие вверх от поврежденных строительных конструкций. Толстые стрелки указывают на провисание каменных блоков, возникшее в результате кратковременного действия растягивающих усилий.

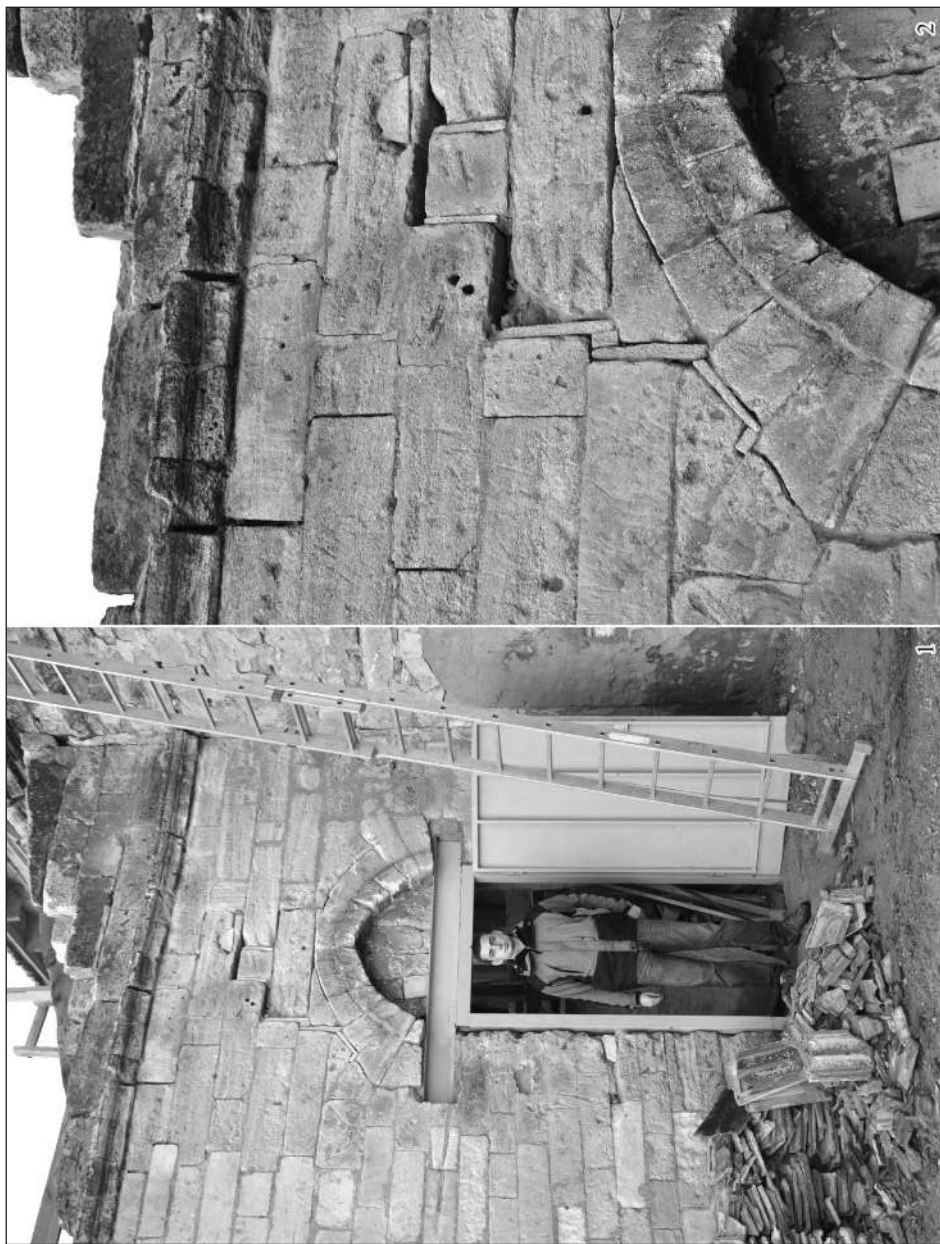


Рис. 11. Наклонная межблоковая трещина над аркой входа в северо-восточную пристройку храма. 1) Внешний фас восточной стены пристройки. Вид на восток – юго-восток. 2) Деталь предыдущего снимка, детально показывающая отремонтированную трещину. Вид на восток.

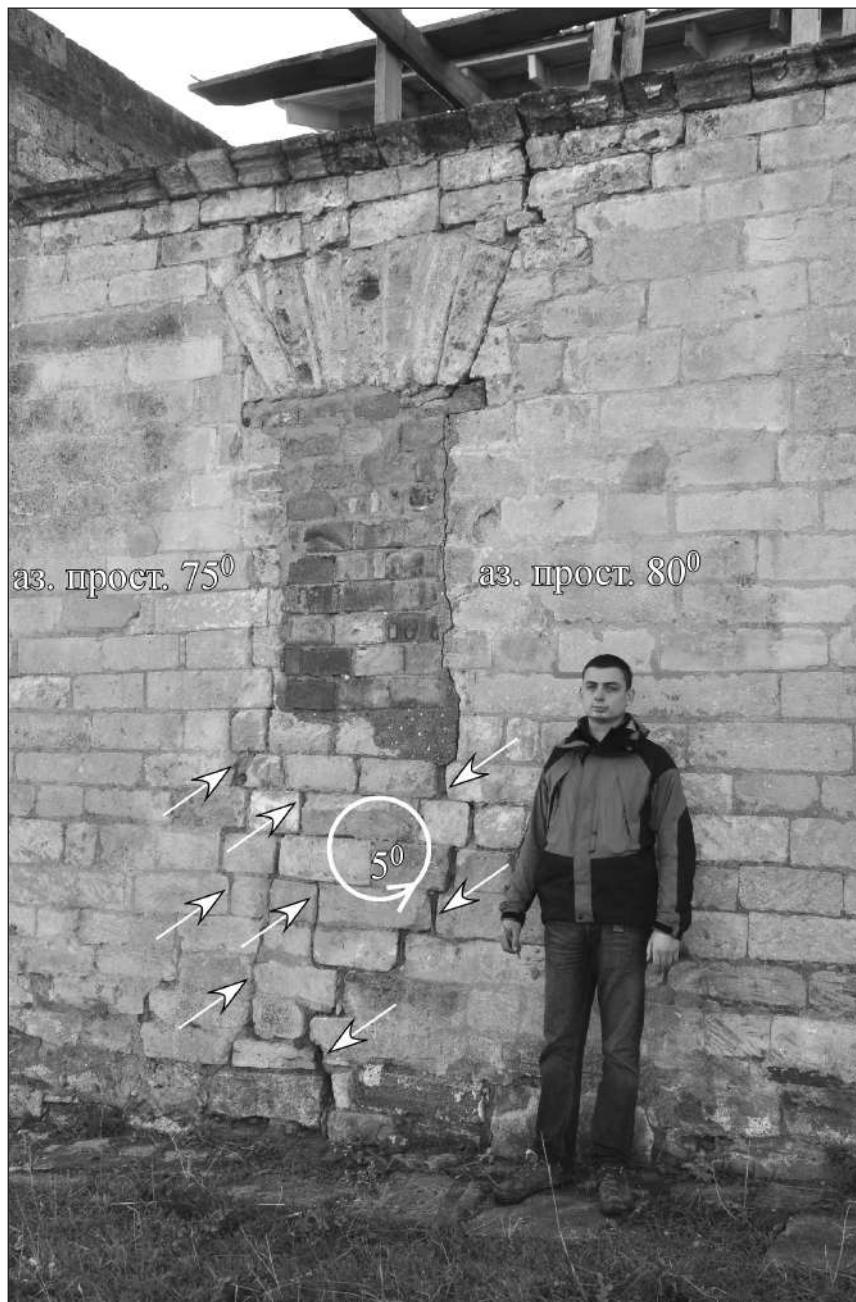


Рис. 12. Комплекс значительных деформаций северного фасада северной стены северо-восточной пристройки. Сейсмотектоническая цветковая структура (показана стрелками) с поворотом против часовой стрелки пакета каменных блоков под оконной нишей. «Расшевеленная» каменная кладка-перекрытие над окном, от которой вверх уходят межблоковые трещины.



Рис. 13. Сквозные трещины (показаны стрелками), пробивающие 2-3 каменных блока подряд:

1) в нижней части внешнего фаса восточной стены храма близ аспиды – свидетельство сильных сейсмических воздействий, исходящих из подстилающих грунтов; 2) в верхней части северного фаса северной стены церкви. Это старинная часть храма, но перестроенная в XIX веке пилеными каменными блоками. Штриховая линия показывает «расшевеленную» каменную кладку в смежной – южной стене северо-восточной пристройки. Деформации в верхней части здания свидетельствуют о так называемом «эффекте небоскреба».

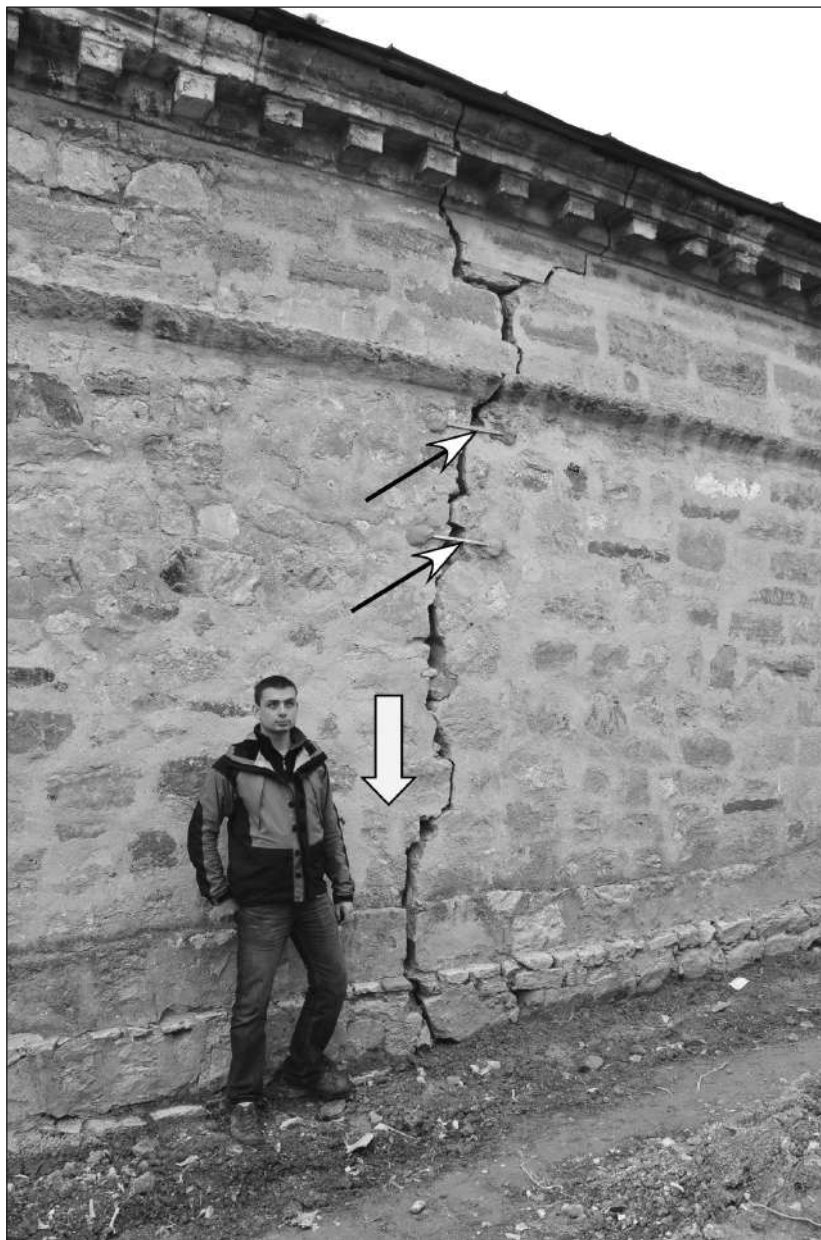


Рис. 14. Современная трещина в западной стене церкви. Потревоженные «маячки» (показаны наклонными стрелками) и особенности раскрытия разрыва в стене (pull-apart'ы) свидетельствуют о продолжающемся движении вниз (просадке) северной части стены согласно уклону местности.

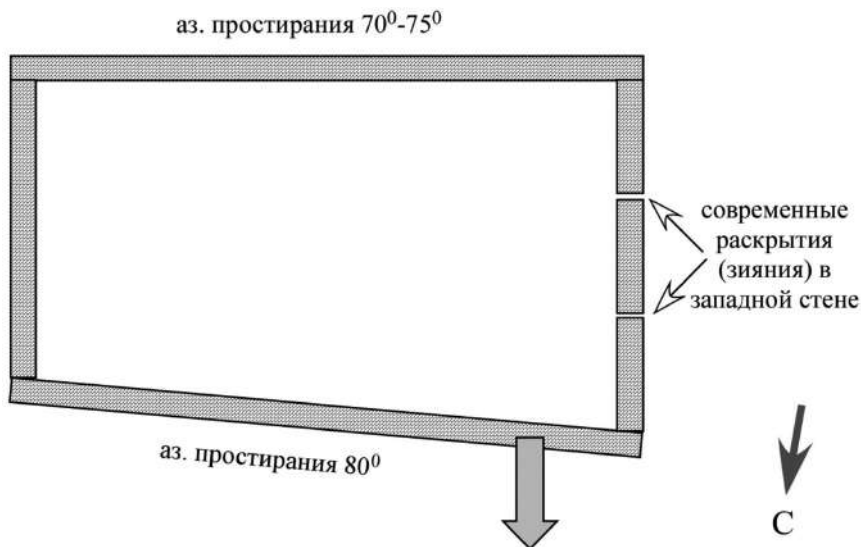


Рис. 15. Схематическая внесмасштабная модель церкви монастыря Св. Георгия. План. Современная деформация западной части церкви, приводящая к раскрытию открытых трещин (зияний) в западной стене храма. Серая стрелка показывает направление раскрытия и местный уклон рельефа.

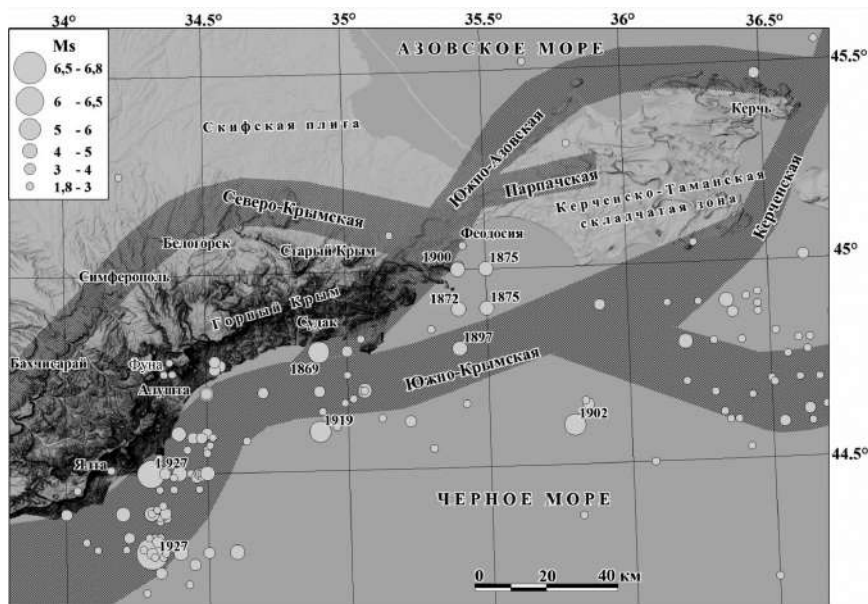


Рис. 16. Сейсмогенерирующие зоны (заштрихованные области) Восточного Крыма по инструментальным, археосейсмологическим и палеосейсмологическим данным. Кружками показаны эпицентры землетрясений по инструментальным и макросейсмическим данным за период с 1800 до 2014 года. [Пустовитенко и др., 2014; Shebalin, Leydecker, 1997; ЕГС РАН], с указанием года для сильнейших событий.

Таблица 1. Сейсмодислокации в стенах церкви монастыря Св. Георгия в Каффе-Феодосии.

№ п/п, рис.	Описание сейсмодислокации	Расположение эпицентральной зоны землетрясения относительно храма Св. Георгия	Расположение в стенах 1-го или 2-го строительного периодов
1, рис. 4	Перекося дверного наличника, деформация арки с провисанием замковых камней западного входа; межблоковые трещины в виде цветковой структуры, расходящиеся вверх от провисших блоков; блокировка прохода	Запад с незначительным отклонением на юг	2
2, рис. 5	Разнонаправленный наклон северо-восточного угла храма (2°-3° на восток) и юго-восточного угла пристройки (2°-3° на запад) при общем простирании стен 170°; латеральное несовадение до 5 – 7 см в верхней части конструкции	Восток для северо-восточного угла храма; запад для юго-восточного угла пристройки	1 / 2
3, рис. 6	Провисшая замковая часть арки восточного портала в северной стене храма; блокировка прохода	Восток или запад	1
4, рис. 2; 3	Разрушение юго-восточного угла храма с последующим его восстановлением с использованием резного дверного наличника, с сооружением нового восточного окна в южной стене	Юг, юго-восток	1
5, рис. 2; 2; 3	Блокировка восточного окна в южной стене храма	Восток или запад	1
6	Выдвижение фундамента восточной стены (к югу от апсиды) до 13 см на юго-восточном углу церкви	Восток или запад	1
7, рис. 7	Деформация («расшелвеливание») замкового камня в арке западного окна южной стены; разбитый подоконник; межблоковые трещины в виде цветковой структуры, расходящиеся вверх от деформированного замкового камня; блокировка окна	Запад с незначительным отклонением на юг	2
8, рис. 8	Деформация (провисание до 5 см) в арке центральной окна южной стены; блокировка окна	Восток или запад	2
9, рис. 9	Провисание замковых камней в арке центрального входа в северной стене, их последующий ремонт; трещины, расшелвеливающие замковые камни с внутренней стороны арки	Восток или запад	2
10, рис. 10	Провисание замковых камней в 2-х арках южной стены пристройки; межблоковые трещины, расходящиеся вверх от провисших блоков	Восток или запад	2
11, рис. 11	Наклонная межблоковая трещина над аркой входа в пристройку с разворотом вдоль этой трещины вокруг вертикальной оси на величину в первые градусы по часовой стрелке внутрь постройки, последующий ремонт трещины	Юго-запад	2
12, рис. 12	Межблоковая трещина «цветковой» структуры в северной стене пристройки; поворот против часовой стрелки пакета каменных блоков под оконной нишей; «расшелвеливание» клинчатой арки окна, от которой вверх уходят межблоковые трещины; блокировка окна	Восток или запад	2
13, рис. 13, а	Сквозные трещины, пробивающие 2-3 каменных блока подряд в нижней части внешнего фаса восточной стены храма к югу от апсиды	Север или юг	1
14, рис. 13, б	Сквозные трещины, пробивающие 2-3 каменных блока подряд в верхней части северной стены церкви в районе пристройки	Восток или запад	2
15	Сквозная межблоковая трещина во внутреннем панцире апсиды с «цветковой» структурой в верхней части конхи	Север или юг	1