

УДК 550.34

СЛЕДЫ СЕЙСМОГЕННЫХ РАЗРУШЕНИЙ ЧЕРЕПИЧНОЙ ПЕЧИ СРЕДНЕВЕКОВОГО ГОНЧАРНОГО ЦЕНТРА В БАЛКЕ руч. СУАТКАН (БАХЧИСАРАЙСКИЙ р-н, КРЫМ)

© 2018 г. Д.А. Моисеев¹, А.М. Корженков², А.Н. Овсяченко²

¹ Бахчисарайский историко-культурный и археологический музей-заповедник,
г. Бахчисарай, Республика Крым, Россия

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

Гончарный центр Суаткан расположен в Горном Крыму недалеко от одного из центров экономической и политической жизни средневекового времени в регионе, сформированного вокруг крепостей Мангуп и Эски-Кермен. Специализацией этого гончарного центра было производство строительной керамики – черепицы. На территории гончарного центра раскопано две гончарные печи, одна из которых (печь № 12) имеет ряд специфических деформаций, характерных для сейсмических воздействий. Так, во время раскопок были прослежены систематические завалы арочных конструкций обжигательной камеры печи в южном направлении и разворот части разделительной кладки топочной камеры. В результате выполненного комплекса исследований установлено, что печь № 12 была разрушена во время сильного землетрясения. Сейсмогенный характер разрушения печи подтверждает тот факт, что на других известных средневековых гончарных печах в Юго-Западном Крыму (в Херсонесе, на окраине средневековых крепостей Мангуп и Балка, в районе г. Судак) и на более ранней по времени гончарной печи № 10 Суаткана, обнаруженной ниже по склону и к моменту функционирования и разрушения печи № 12 уже полностью нивелированной в окружающем рельефе под мощными слоями разрушения, подобных деформаций не прослежено. Археологический контекст комплекса печи № 12, к сожалению, не может дать точной даты ее разрушения, а только диапазон – начало X – середина XIII в. Учитывая, что максимальные сейсмические колебания, приведшие к разрушению печи, по-видимому, распространялись с юг-юго-востока, со стороны Южно-Крымской сейсмогенерирующей зоны, наиболее вероятным землетрясением, приведшим к описанным повреждениям, может быть событие, произошедшее в начале XI в. Местная интенсивность сейсмических колебаний составляла $I = VII-VIII$ баллов по шкале МСК-64.

Ключевые слова: гончарная печь, черепица, гончарный центр Суаткан, Крым, землетрясение, сейсмические деформации, кинематические индикаторы, средневековье.

Введение. Орография, история и археология района исследований

Гончарный центр в балке руч. Суаткан располагался в районе водораздела Ай-Тодорской, Байдарской и Бельбекской долин Крымского полуострова (рис. 1), где в средние века находился крупный узел торговых путей. Такое стратегическое расположение позволяло попасть отсюда и в Херсонес, и в «пещерные города» Мангуп-Кале и Эски-Кермен, и на южный берег Крыма, и в крепости и поселения Бельбекской долины – одного из крупнейших и заселенных горных районов средневекового Крыма.

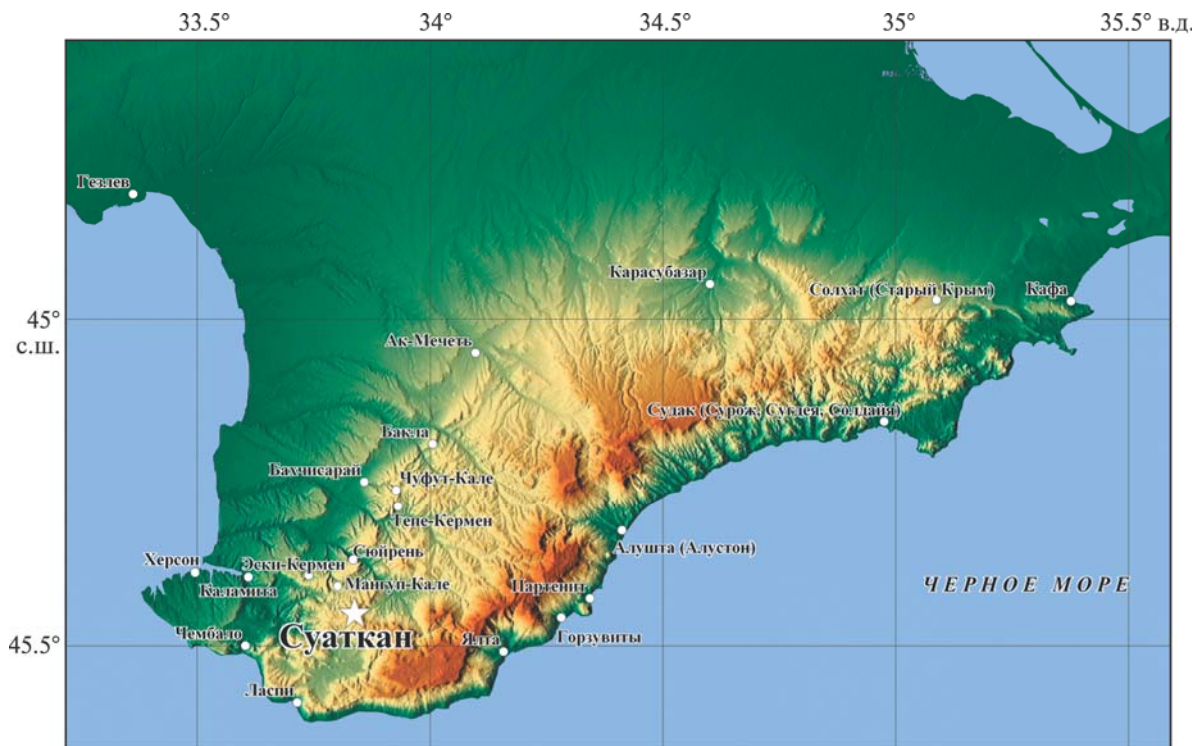


Рис. 1. Средневековые города и гончарный центр Суаткан на карте Крымского полуострова (цифровой рельеф SRTM)

Памятник расположен в относительно небольшой, изометричной котловине, представляющей собой водосборную воронку руч. Суаткан – результат относительно вялой (слабой?) эрозионной деятельности поверхностных вод (рис. 2). Котловина заложена на карбонатно-глинистых отложениях раннемелового возраста, тогда как обрамляющие ее пологие вершины сложены более прочными раннемеловыми известняками. Важно отметить, что ниже этой котловины ручей образует глубоко врезанную долину с V-образным поперечным профилем, где широко развиты обвально-оползневые процессы. В самой же котловине признаки крупных оползней по материалам дистанционного зондирования не наблюдаются.

Всего на территории гончарного центра геомагнитной разведкой было обнаружено как минимум 13 гончарных печей (рис. 3), две из которых были исследованы археологически. Одна из них – печь № 12 (рис. 4, 5) – предназначалась для производства керамид (плоских черепиц). Датировку этого производственного комплекса определить достаточно сложно, но по наличию аналогий на Эски-Керменском городище можно сказать, что керамиды, производившиеся печью, бытовали в X–XIII вв.

Бросается в глаза различная степень сохранности и различные виды повреждения несущих конструкций печи № 12 (рис. 6, 7) по сравнению с другими подобными комплексами. К примеру, печь № 10, исследованная в непосредственной близости от печи № 12, но имеющая иную датировку и полностью скрытая под мощными напластованиями грунта во время функционирования последней, в целом по своей сохранности достаточно близка другим печам, известным в Крыму [Якобсон, 1979], и, видимо, представляет вариант естественного запустения и разрушения. В то время как печь № 12 несет на себе явные следы одномоментного разрушения (в пользу этого говорит коллекция идентичных керамид из слоев ее разрушения). Выявление причин (возможно, сейсмического характера), повлиявших на необычное разрушение печи № 12, является целью настоящего исследования.

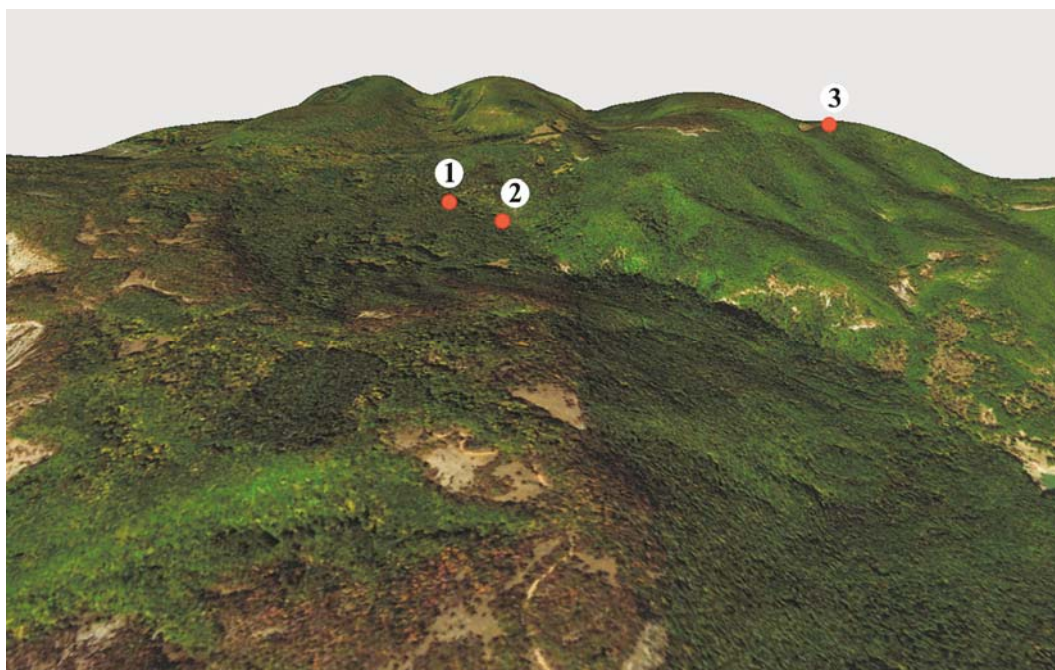


Рис. 2. Трехмерная модель рельефа верховьев балки Суаткан на основе космоснимка с разрешением 1 м (URL: http://server.arcgisonline.com/ArcGIS/rest/services/World_Imagery/MapServer/tile/) и цифровой модели рельефа SRTM

1–3 – гончарные центры: 1 – участок «Верхний Суаткан», гончарный центр Суаткан; 2 – участок «Нижний Суаткан», гончарный центр Суаткан; 3 – гончарный центр Илька

Методология исследований

Археосейсмологический метод – ключ к распознаванию исторических землетрясений в руинах древних городов

Важной особенностью Крыма является его богатая история. Изобилие и часто относительно хорошая сохранность многочисленных археологических памятников различных эпох, построенных за последние 2500 лет, создают благоприятные условия для применения археосейсмологического метода [Никонов, 2015]. Вместе тем в работе Л.И. Иогансон [2017] отмечается наличие проблем установления убедительных доказательств самого факта сильного землетрясения и его датировки при восстановлении сейсмической истории Крыма.

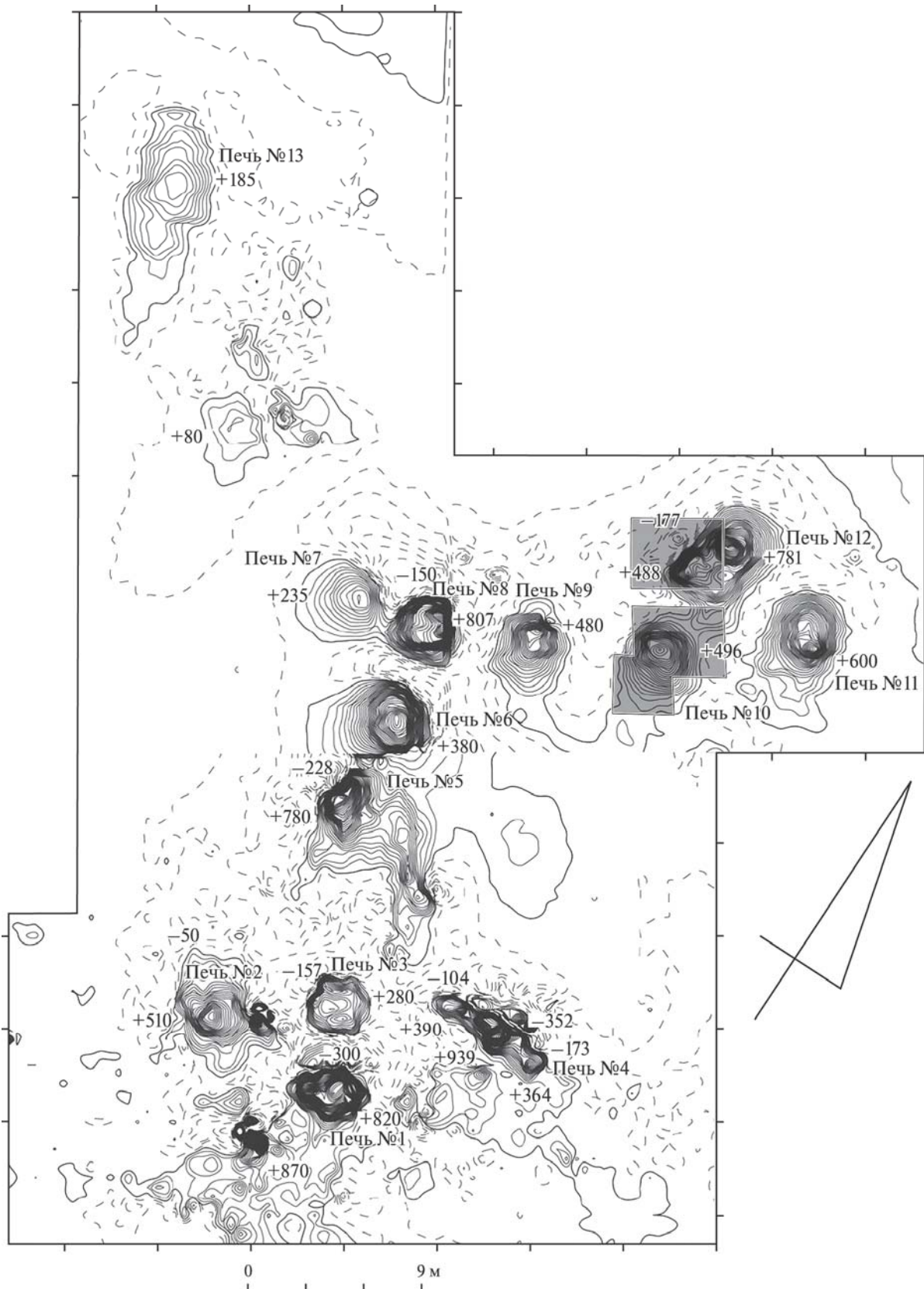


Рис. 3. Карта геомагнитных аномалий (нТл), выявленных на территории гончарного центра Суаткан (план геомагнитной разведки 2012 г. с нанесением квадратов археологических раскопов (серая заливка)). Геомагнитная съемка и интерпретация выполнены Т.Н. Смекаловой и А.В. Чудиным

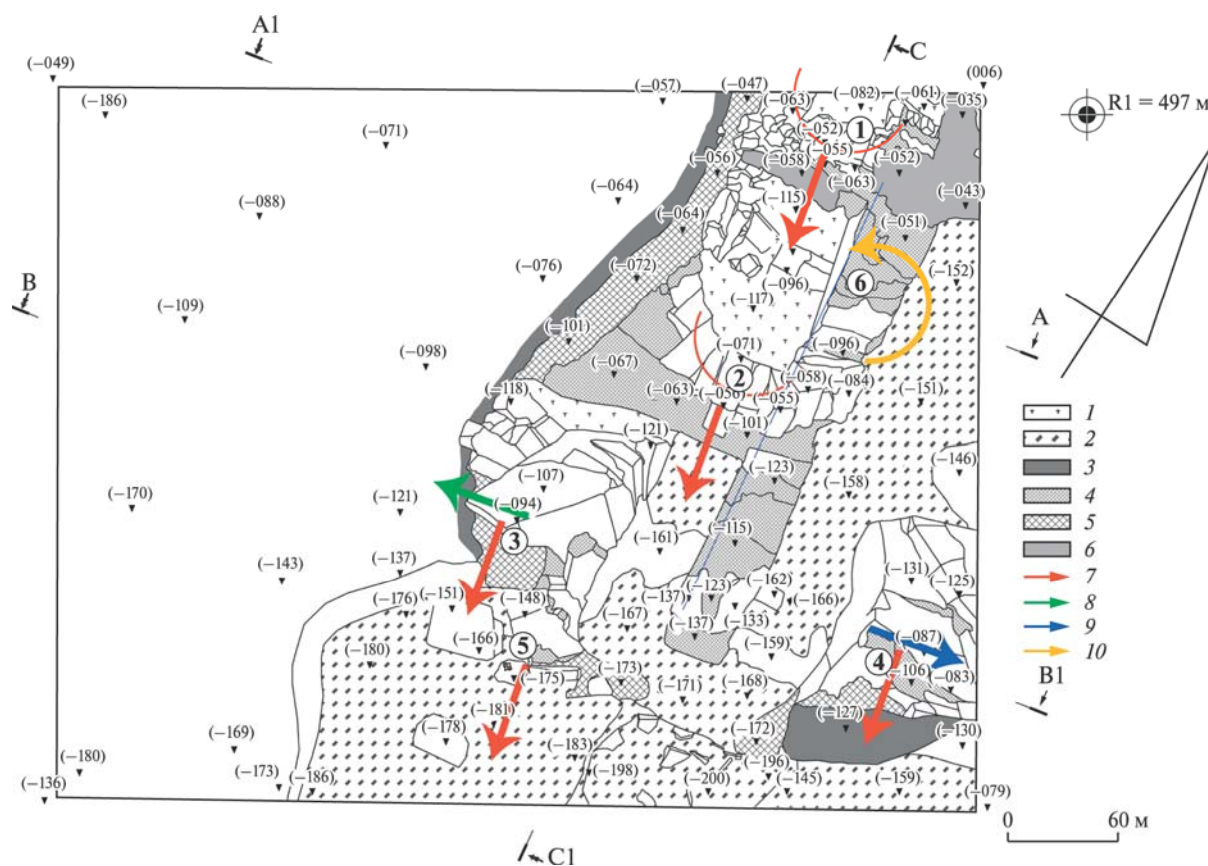


Рис. 4. Гончарный центр Суаткан. Печь № 12. План. Высотные отметки нанесены относительно репера R1 (497 м)

1 – слой разрушения печи № 12; 2 – слой функционирования печи № 12; 3 – прокаленная материковая глина по периметру печи № 12; 4 – деструктурированные конструктивные элементы печи № 12; 5 – глиняный раствор; 6 – под печи № 12. Стрелки – направления завала конструкций: 7 – в южном направлении; 8 – в западном направлении; 9 – в восточном направлении; 10 – разворот против часовой стрелки. Цифры в кружках: 1 – 4-я арка западного топочного канала; 2 – 3-я арка западного топочного канала; 3 – 2-я арка западного топочного канала; 4 – 2-я арка восточного топочного канала; 5 – 1-я арка западного топочного канала; 6 – кирпичная разделительная кладка топочной камеры

Сейсмические повреждения и разрушения – это постоянная угроза, которую следует иметь в виду при строительстве и планировании населенных пунктов. Период инструментальных сейсмологических наблюдений составляет немногим более сотни лет. Однако для достоверной оценки сейсмической опасности территории или ответственных инженерных сооружений (например, мест строительства атомных электростанций) необходима информация о сильных землетрясениях региона за последние 10 000 лет.

Для решения этой задачи в 1980-е – 1990-е годы сложилось новое научное направление – археосейсмология [Archaeoseismology, 1996]. По величине и направлению смещения строительных элементов сооружений прошлого можно определить кинематические характеристики сейсмического события и рассчитать их численные параметры. Время события определяется по возрасту археологических артефактов и/или по данным физических методов определения абсолютного возраста. Таким образом, сравнительно легко находятся ответы на три главных вопроса сейсмологической науки: где, какой силы и когда.

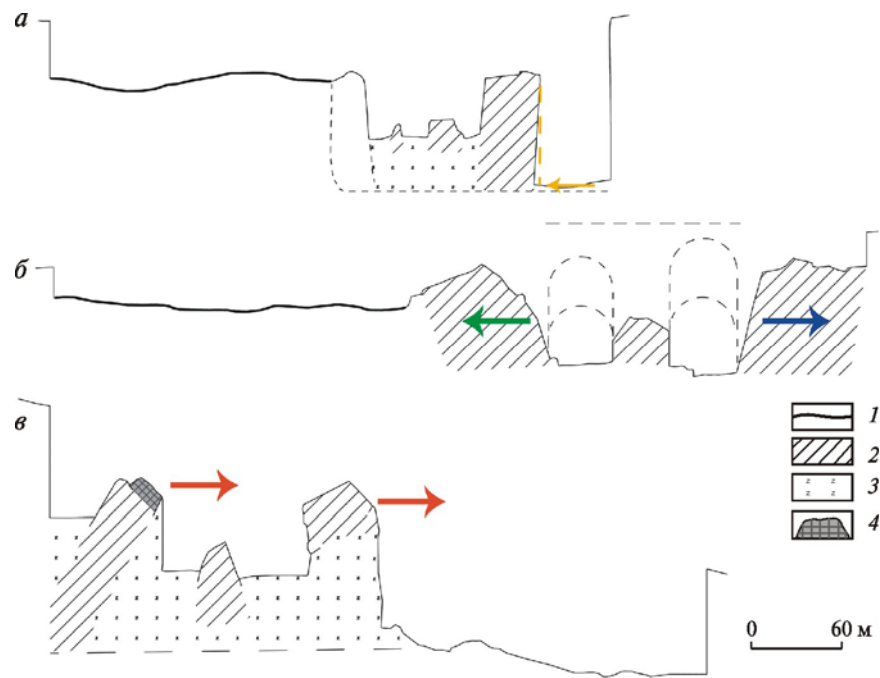


Рис. 5. Гончарный центр Суаткан. Печь № 12

a – разрез А–А1; пунктиром показано первоначальное положение разделительной кладки топочной камеры печи № 12 в северной части печи, стрелкой – направление разворота кладки; *б* – разрез В–В1; слева стрелкой показано разрушение (завал) 2-й арки в западном канале в западном направлении, справа – 2-й арки в восточном канале в восточном направлении; *в* – разрез С–С1; стрелками показано направление завала арочных конструкций печи № 12. Положение разрезов см. на рис. 4. 1 – материк; 2 – конструктивные элементы печи № 12; 3 – слой разрушения печи № 12; 4 – под печи № 12

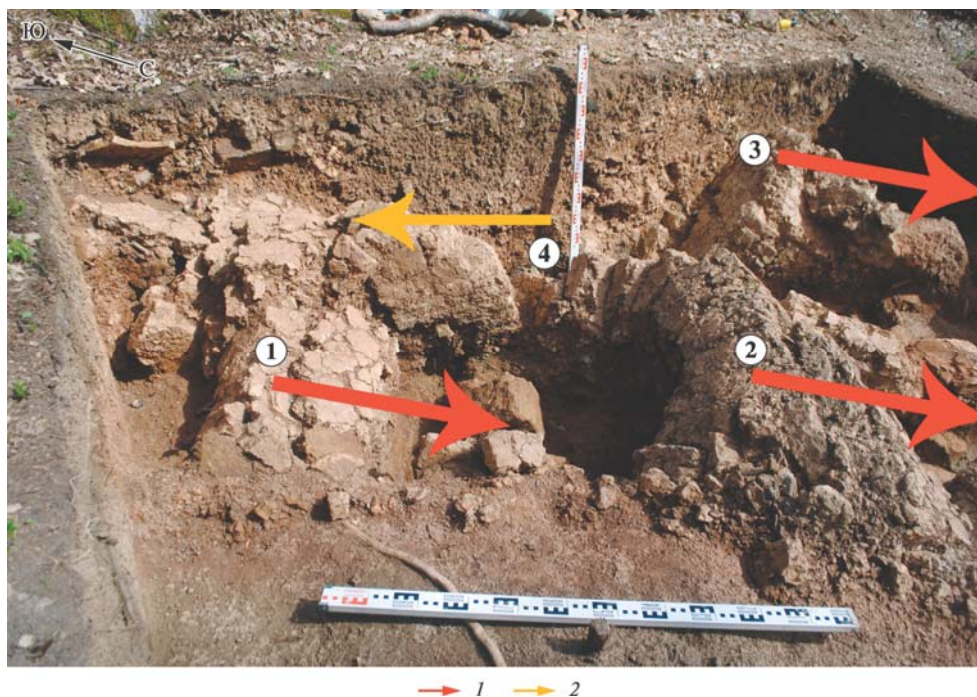


Рис. 6. Гончарный центр Суаткан. Печь № 12

Стрелки – направления завала конструкций: 1 – в южном направлении; 2 – в северном направлении. Цифры в кружках: 1 – 4-я арка западного топочного канала; 2 – 3-я арка западного топочного канала; 3 – 2-я арка восточного канала; 4 – разделительная кладка топочной камеры в северной части печи

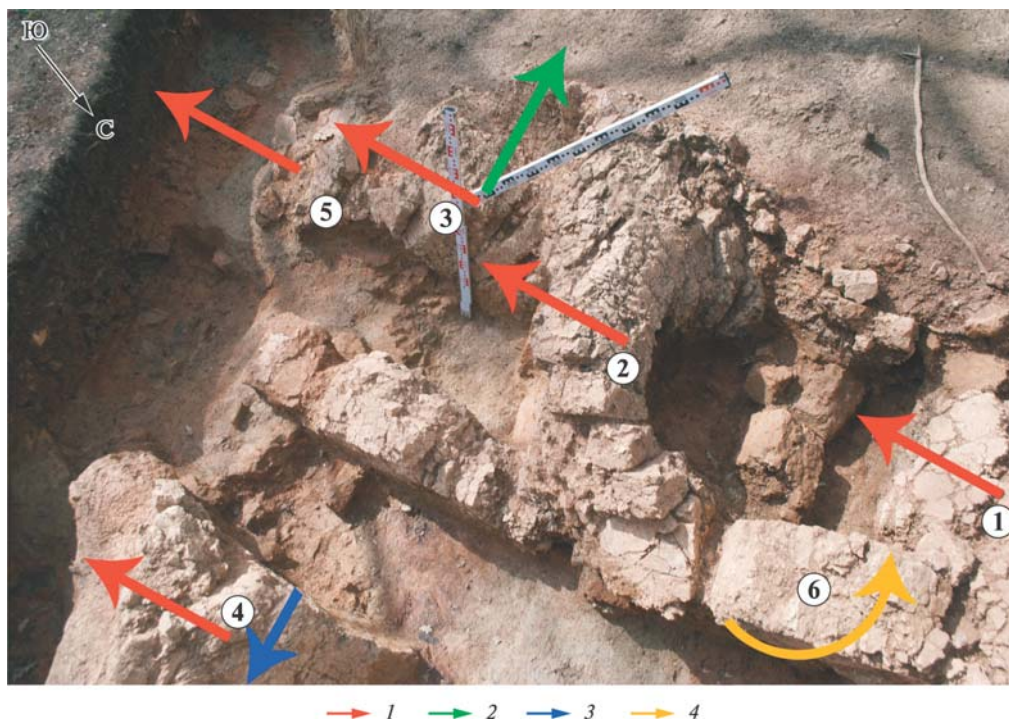


Рис. 7. Гончарный центр Суаткан. Печь № 12

Стрелки – направления завала конструкций: 1 – в южном направлении; 2 – в западном направлении; 3 – в восточном направлении; 4 – в северном направлении. Цифры в кружках: 1 – 4-я арка западного топочного канала; 2 – 3-я арка западного топочного канала; 3 – 2-я арка западного топочного канала; 4 – 2-я арка восточного топочного канала; 5 – разделительная кладка топочной камеры в южной части печи; 6 – разделительная кладка топочной камеры в северной части печи

Из наиболее важных работ по этой тематике, опубликованных в последнее время, отметим статьи [Galadini et al., 2006; Similox-Tohon, 2006; Similox-Tohon et al., 2006; Caputo, Helly, 2008; Karakhanyan et al., 2008; Sintubin, Stewart, 2008; Giner-Robles et al., 2009; Silva et al., 2009; Eppelbaum, 2010; Eppelbaum et al., 2010; Kázmér, Major, 2010, 2015; Caputo et al., 2011; Karakhanyan, Avagyan, 2011; Kázmér et al., 2011; Rodríguez-Pascua et al., 2011; Schreiberer et al., 2012; Peláez et al., 2013; Kázmér, 2014] и др.

В отдельных случаях очаги сильных землетрясений достигают поверхности, разрывая и смещая строительные конструкции [Klinger et al., 2000; Rukieh et al., 2005; Korjenkov et al., 2006], например городские стены или акведуки в вертикальном и/или горизонтальном направлении. Такие деформации маркируют эпицентральные зоны.

Однако подобные случаи выхода сейсмических очагов в пределах древних городов крайне редки. Чаще всего археологи имеют дело с многочисленными деформациями и разрушениями в строительных конструкциях, которые они традиционно приписывают нашествию иноземных армий или добровольному оставлению населенных пунктов местными жителями вследствие, например, изменения местного гидрологического режима и последующего обрушения брошенных зданий со временем. «Обычный» археолог не может отличить деформации и обрушения зданий вследствие военных действий или статической («мертвой») нагрузки с течением времени и возникших под воздействием колебаний от сейсмических очагов, расположенных неподалеку.

Авторами накоплен богатый опыт исследований палеоземлетрясений, в частности в Киргизии [Корженков и др., 2013; 2014; Родкин и др., 2015; Смекалин и др., 2015].

Имеющиеся инструментальные данные и материалы полевых эпицентральных обследований современных землетрясений, произошедших в последние годы в Киргизии, обеспечили базу для идентификации особенностей сейсмических повреждений [Богачкин и др., 1997; Ghose et al., 1997; Korzhenkov, Mazor, 1999a–c; Корженков, Лемзин, 2000; Корженков и др., 2006; и др.]. Эти обследования дали также обширный материал к проведению археосейсмологических исследований [Корженков и др., 2015a, 2016a, б] и обеспечили базу для идентификации типов сейсмогенных повреждений, выявленных в древних городах и их интерпретации в терминах сейсмической интенсивности и направления прихода сейсмических волн [Korzhenkov, Mazor, 1999a–c, 2003, 2005, 2014; Mazor, Korjenkov, 2001; Korjenkov, Erickson-Gini, 2003; Korjenkov et al., 2003, 2006; Al-Tarazi, Korjenkov, 2007; Korjenkov, Schmidt, 2009; Корженков и др., 2009, 2012, 2013, 2014, 2015a].

В последнее время появился ряд наших статей по Западному Кавказу и Крымскому полуострову [Винокуров и др., 2015; Овсяченко и др., 2015, 2016, 2017a, б; Белик и др., 2016; Корженков и др., 2016в, 2017; Хапаев и др., 2016; и др.]. Изложенные в них материалы подтвердили высокую эффективность археосейсмологического метода исследований.

Систематика сейсмогенных повреждений, выявленных в древних городах

Здания, стены и другие конструкции, построенные из обработанных каменных блоков, составляют сеть геометрических линий, составляющих прямоугольники, что позволяет исследователям идентифицировать тип и величину деформаций с точностью в пределах нескольких градусов и сантиметров.

Приведенный далее список типов сейсмических разрушений основывается на результатах наших исследований на Ближнем Востоке [Korjenkov, Mazor, 1999a, b, 2003, 2005, 2013, 2014; Mazor, Korjenkov, 2001; Korjenkov, Erickson-Gini, 2003; Al-Tarazi, Korjenkov, 2007; Korjenkov, Schmidt, 2009] и в Средней Азии [Korjenkov et al., 2003, 2006, 2009, 2012, 2014; Корженков, 2006].

Систематические направленные наклоны и обрушения стен, колонн, а также горизонтальное смещение (выдвижения) верхних частей строительных конструкций является результатом сильных землетрясений. В таких случаях нижняя часть строительной конструкции смещается вместе с грунтом в направлении соответствующих сейсмических подвижек, в то время как верхние части остаются на месте вследствие инерции.

Расположение обрушившихся обломков на значительном расстоянии от их первоначального положения является критерием высокой интенсивности землетрясения. В случаях несейсмических разрушений обрушившиеся обломки обычно отлетают на расстояние не более 1/3 первоначальной высоты строительной конструкции. При сильных землетрясениях это расстояние значительно больше. Так, например, в развалинах древней Шивты (Израиль) камни, слагающие сельскохозяйственные стены высотой до 1 м, были отброшены на расстояние до 8 м.

Провисшие замковые камни в арочных конструкциях. Смещение арочного замкового камня отражает событие – мгновение кратковременного растяжения, во время которого камень успевает немного проскользнуть вниз. Это кратковременное растяжение сменяется затем обычным состоянием сжатия, которое фиксирует замковый камень в его новом положении. Кратковременное состояние растяжения связано с прибытием сейсмического удара, воздействующего на арочную опору, что вызывает моментальный наклон ее верхней части.

Деформация и обрушение арочных конструкций. Обычно в археологических развалинах обнаруживают два типа упавших арочных конструкций: 1) обрушение блоков, слагающих арку, прямо вниз и 2) ориентированное их обрушение. Первый случай имеет место, когда максимальное суммарное сейсмическое воздействие приложено по азимуту, параллельному простиранию арки. При этом обрушение арочных блоков произойдет прямо на пол. Наоборот, максимальные сейсмические колебания, действующие перпендикулярно к простиранию арки, вызовут ориентированное обрушение, которое может быть опознано смещением упавших плит на грунт относительно их первоначальной позиции

Вращения отдельных каменных блоков или частей стен вокруг вертикальной оси по часовой стрелке или против часовой стрелки является обычным результатом землетрясения. Они вызываются сейсмическими движениями, действующими под углом (в плане) к стене соответствующего направления. Вращения строительных элементов вокруг горизонтальной оси также могут наблюдаться в поврежденных зданиях. Они могут быть вызваны высвобождением неравномерных напряжений, накопившихся в стенах.

Трещины, пробивающие насквозь несколько соседних строительных блоков или даже целую стену, свидетельствуют о сильном землетрясении, так как трещине для преодоления пространства между соседними блоками необходима значительная энергия. Конечно, подобные трещины образуются также при взрывах и воздействии таранов, но практически никогда со временем при статической нагрузке.

Трещины в дверных порогах, подоконниках, а также в дверных и оконных перекрытиях вызываются сейсмическими движениями, действующими параллельно упомянутым строительным элементам.

Разрушение углов зданий при землетрясениях происходит в результате различных направлений колебаний перпендикулярно соединенных стен.

Лучшая сохранность стен определенной ориентировки указывает на аналогичное направление сейсмических движений.

Следы ремонта и стены контрфорсы – обычные доказательства событий сейсмических повреждений.

Свидетельства разрушительного землетрясения в исследуемом археологическом комплексе становятся тем более очевидными, чем больше выявляется типов и количества сейсмических повреждений. Возраст выявленных сейсмических деформаций моложе возраста самих строительных конструкций, но старше возраста последующего ремонта или перекрывающих сооружений.

Полученные результаты. Анализ строительных остатков

Печь № 12 при археологических исследованиях была открыта не полностью (см. рис. 6, 7). Она была прямоугольной формы (< 4.0×3.2 м) и имела двухкамерное и двухканальное строение. Каналы (ширина – 0.4 м, высота неизвестна) были вытянуты по оси север–юг (простирание 175°). Вход в топочную камеру располагался с юга. Обжигательную и топочную камеры разделял под. От обжигательной камеры практически не сохранилось никаких частей. Топочная камера была представлена двумя топочными каналами, выполненными в форме арок, служивших основой для укладки пода. Всего в топочной камере печи № 12 удалось проследить четыре ряда арок с простиранием 79°: четыре ряда в западном канале и два ряда в восточном. Толщина арок, судя по сохранившимся блокам, равнялась 0.30–0.34 м. Восточный и западный топочные каналы раз-

граничивались разделительной кладкой топочной камеры, которая была сложена из глиняных блоков различных размеров и формы. Во время археологических работ прерывание или разрыв кладки не прослежены. Вход в топочную камеру оформляло устье шириной 1 м, ведущее в припечное пространство. Там фиксируются два уровня: основной – ниже уровня «пола» топочной камеры на 0.2 м и верхний уровень, расположенный с западной стороны на уровне «пола» топочной камеры.

Во время археологических работ на печи № 12 были зафиксированы особенности залегания ее конструктивных элементов, которые дают сведения о причинах разрушения.

Следы этих разрушений фиксируются в двух топочных каналах и в стенах топочной камеры в целом. Конструктивно топочная камера печи № 12 была выполнена как два прохода-канала. Каждый канал представлял собой галерею из минимум четырех арок (их нумерация идет от юга к северу). Восточный топочный канал сохранился хуже западного, поэтому начнем описания с последнего.

В западном топочном канале выявлены систематические наклоны всех арок по азимуту 174° . Сохранили перекрытие только 3-я и 4-я арки с азимутами наклонов 153° для 3-й арки (см. рис. 4, 2; рис. 5, 3; рис. 6, 2; рис. 7, 2; рис. 8, 1) и 120.8° для 4-й арки (см. рис. 4, 1; рис. 5, 3; рис. 6, 1; рис. 7, 1; рис. 8, 2). Арки имеют деформации, характерные для сейсмических колебаний, действующих под некоторым углом или перпендикулярно арке (см. рис. 7, 2; рис. 8). 1-я и 2-я арки рухнули на пол топочного канала и в припечное пространство полностью. 1-я арка руинировалась полностью (см. рис. 4–5), 2-я лежала по азимуту 142.2° (см. рис. 4, 3; рис. 6, 3; рис. 9).



Рис. 8. Гончарный центр Суаткан. Печь № 12

Стрелки – направление завала конструкций (в южном направлении). Цифры в кружках: 1 – 3-я арка западного топочного канала; 2 – 4-я арка западного топочного канала



Рис. 9. Гончарный центр Суаткан. Печь № 12. 2-я арка западного топочного канала
Стрелкой показано направление завала конструкций в южном направлении

В восточном канале следов 3-й арки не было зафиксировано, 2-я и 1-я арки лежали в том же состоянии и по тому же азимуту наклона (см. рис. 6, 4; рис. 7, 3; рис. 10), что и аналогичные ряды в западном канале по азимуту 174° .

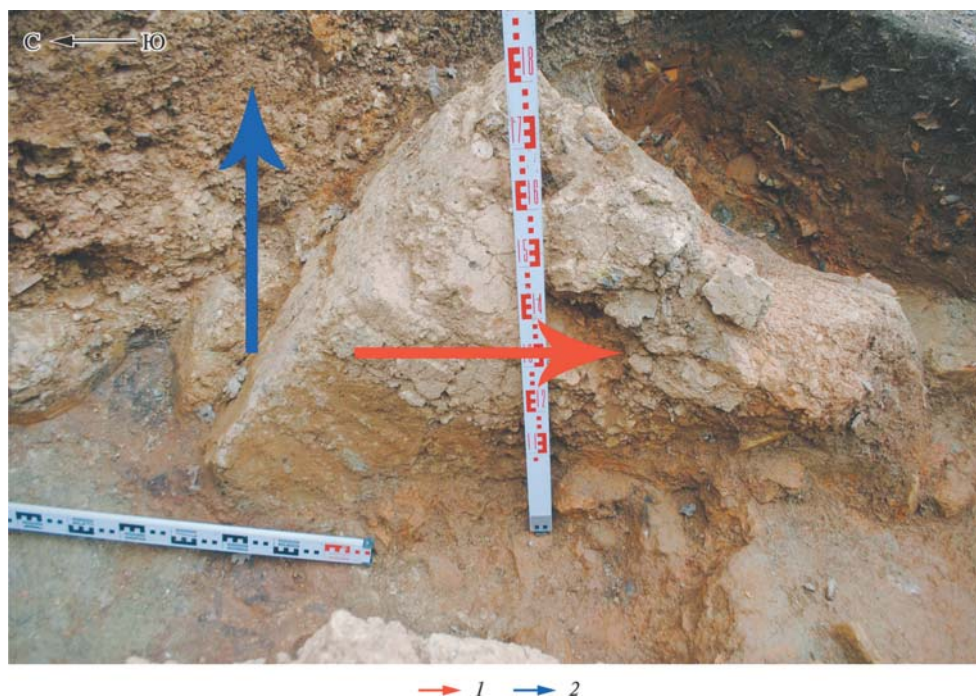


Рис. 10. Гончарный центр Суаткан. Печь № 12. 2-я арка восточного топочного канала
Стрелки – направления завала конструкций топочной камеры печи: 1 – в южном направлении; 2 – в восточном направлении

Кроме повреждений арочной системы топочных каналов по азимуту 174° , также фиксируются отклонения стен и арок перпендикулярно простиранию описанных выше конструкций. Эти отклонения удалось зафиксировать во 2-м ряду арок. Центральная разделительная кладка топочной камеры сохранилась без повреждений между 1-й–2-й и 2-й–3-й арками (см. рис. 4). Западная половина 2-й арки западного топочного канала имеет отклонение 74° , а восточная половина – 104° (см. рис. 5, 2). Описанное повреждение характерно для растяжения, во время которого замковый блок и большая часть перекрытия арки, разомкнувшись, обрушились вниз, а стены, на которые они опирались, так и не смогли прийти в первоначальное состояние.

Между 3-й и 4-й арками центральная разделительная кладка топочной камеры имеет наклон в восточную сторону по азимуту 93° (см. рис. 4, 6; рис. 5, 1, 2; рис. 9) и завал в северном направлении на 115° (см. рис. 4, 6; рис. 10). В целом описанные повреждения характерны для вращения элементов построек против часовой стрелки (рис. 11). В кладке печи вращение зафиксировано на 7° по отношению к общему направлению каналов топочной камеры.

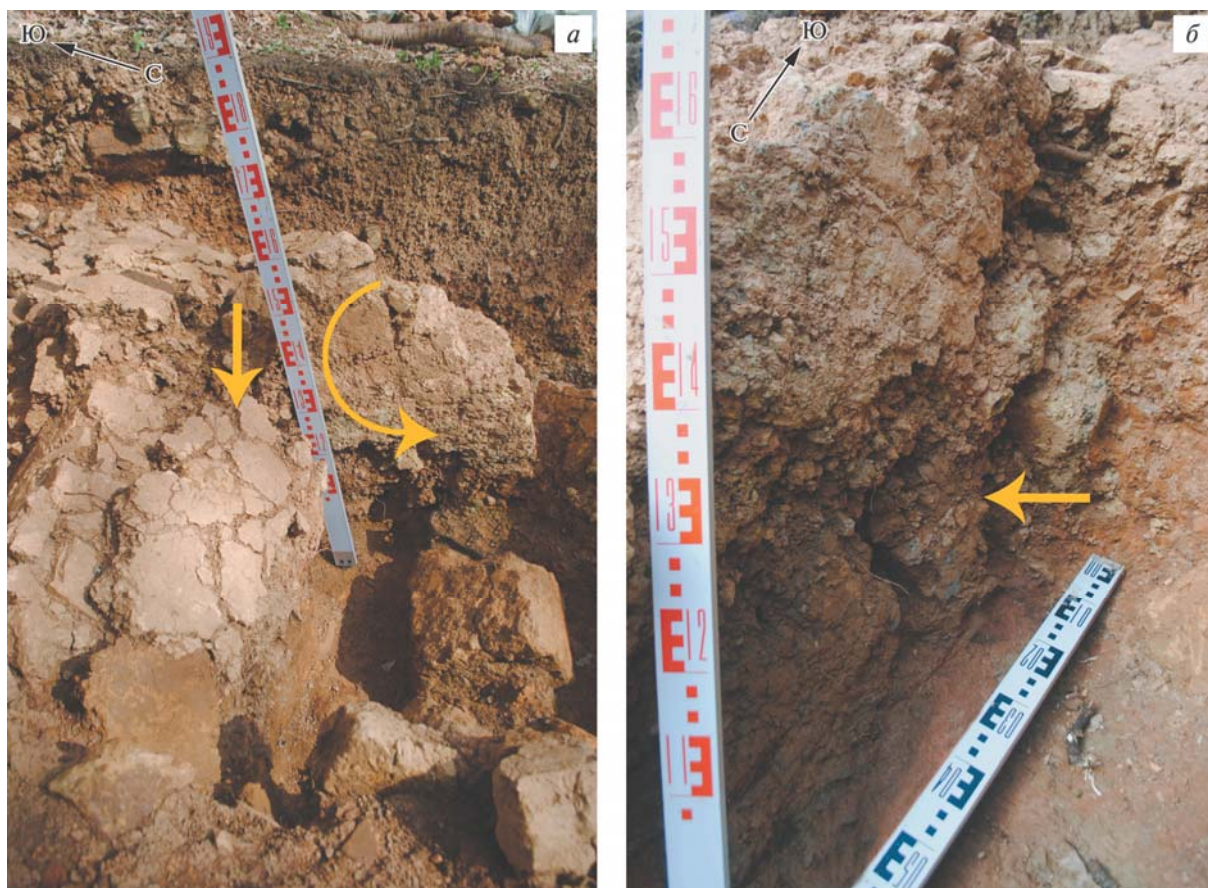


Рис. 11. Гончарный центр Суаткан. Печь № 12. Разделительная кладка топочной камеры в северной части печи

а – вид с запада из западного канала. Стрелкой показано направление просадки «пода» из-за разворота разделительной кладки, полукруглой стрелкой – разворот части разделительной кладки топочной камеры печи № 12;

б – вид с юго-востока из восточного канала. Стрелкой показано направление смещения разделительной кладки в результате разворота против часовой стрелки

Обыкновенно у разрушенных печей фиксируются следующие повреждения: обрушение пода и разрушение топочной камеры в районе ее устья. В этом отношении являются типичными повреждения другой печи, расположенной в 3 м ниже по склону, – печи № 10 (рис. 12, 13). Этот комплекс во время существования и разрушения печи № 12 уже был погребен под массивным слоем грунта.

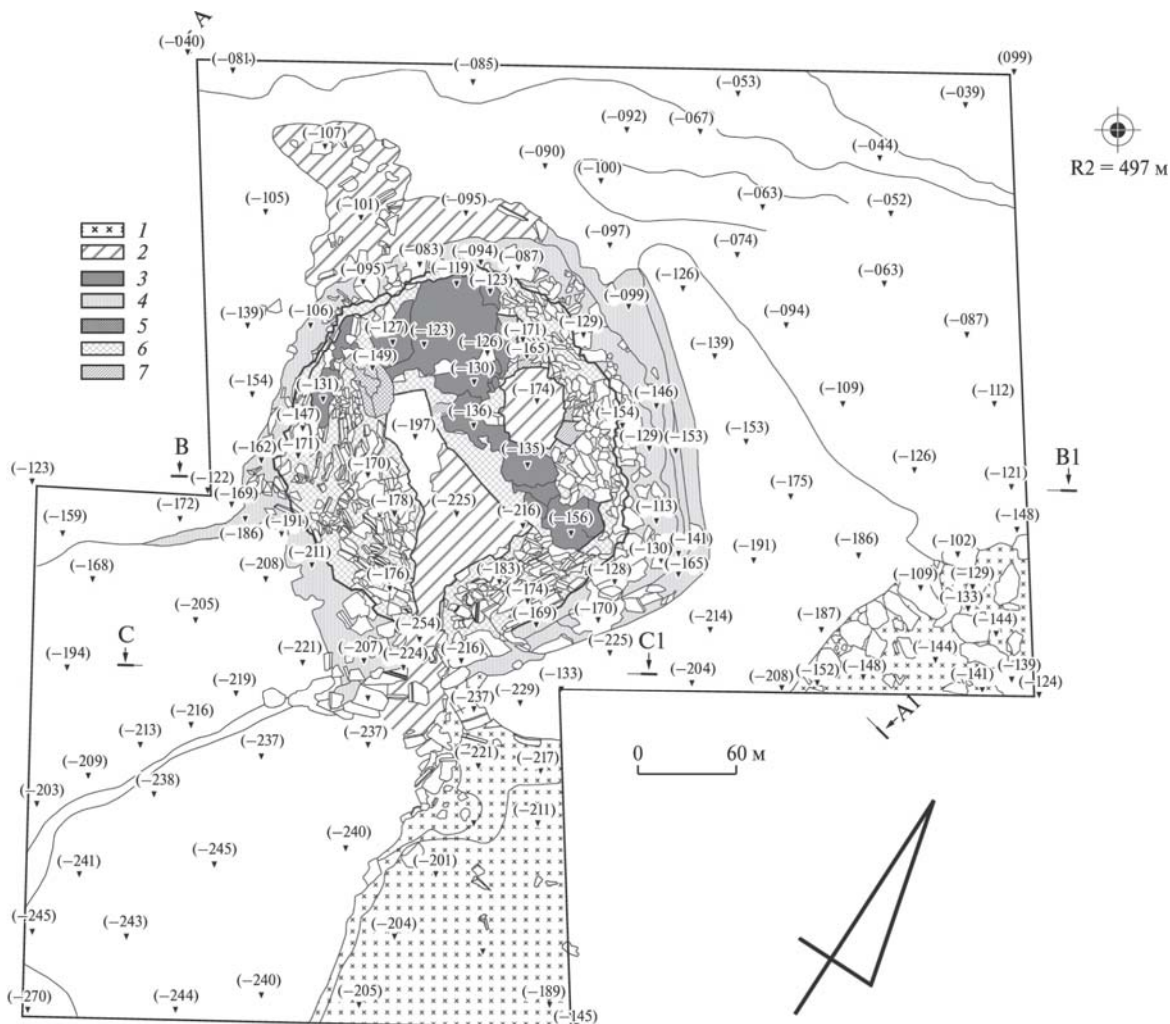


Рис. 12. Гончарный центр Суаткан. Печь № 10. План. Высотные отметки нанесены относительно репера R2 (497 м)

1 – слой функционирования предполагаемой печи № 13; 2 – слой функционирования печи № 10; 3 – под печи № 10; 4 – прокаленная глина вокруг печи № 10; 5 – известковый раствор; 6 – глиняный раствор; 7 – конструктивные элементы топочной камеры печи № 10

Печь № 10 имела иную конструкцию, нежели печь № 12, так как предназначалась для производства калиптеров¹. Основные повреждения печи пришлось на ее южную часть и устье. В результате неких событий вся несущая конструкция топочной камеры в центральной части и около устья рухнули (рис. 14, 15). При этом в центре печи частично сохранился поврежденный под. Наибольшее его проседание фиксируется в центральной части, незначительно уменьшаясь по азимуту 110° до соединения с юго-восточным

¹ Калиптер – элемент черепичной кровли древних сооружений, прикрывающий стыки керамических прямоугольных пластин (керамид).

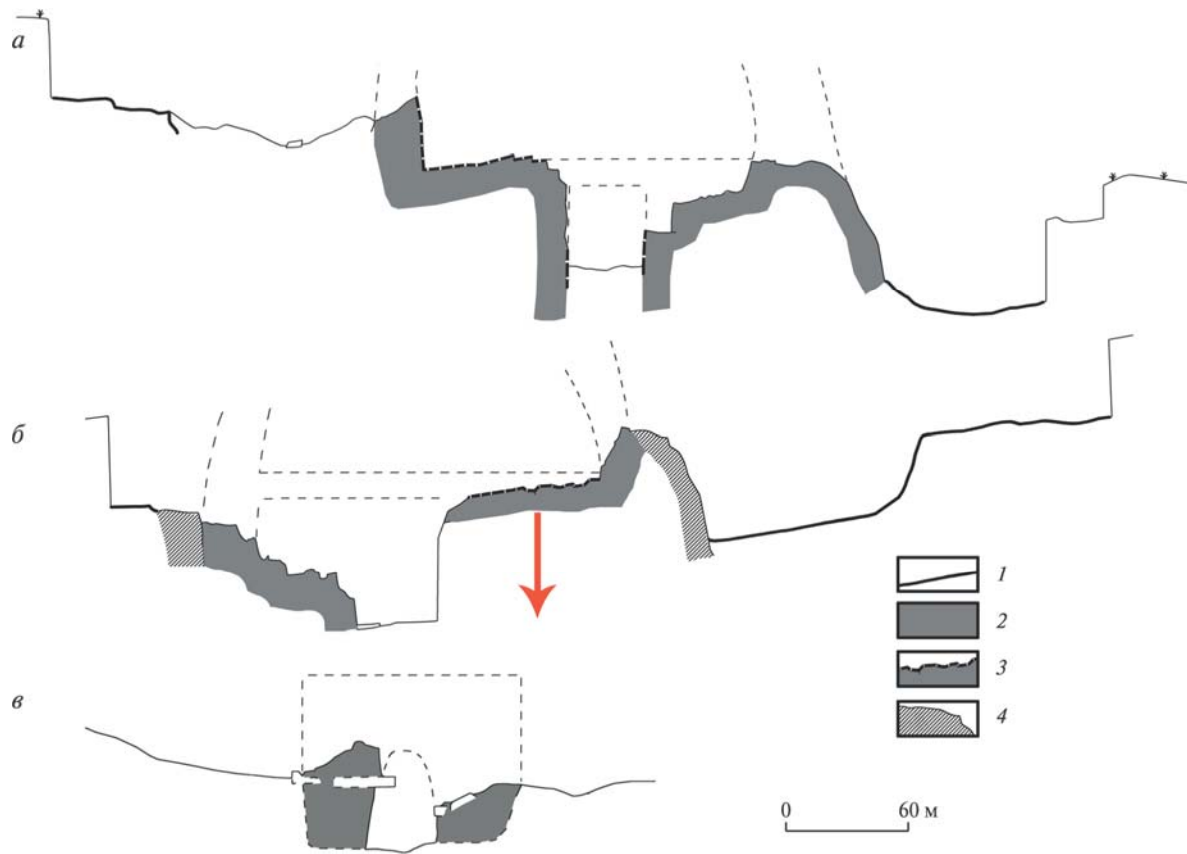


Рис. 13. Гончарный центр Суаткан. Печь № 10

a – разрез А–А1; *б* – разрез В–В1, стрелкой показано проседание пола; *в* – разрез С–С1. Положение разрезов см. на рис. 12. 1 – материк; 2 – конструктивные элементы печи № 10; 3 – под печи № 10; 4 – прокаленная материковая глина вокруг печи № 10



Рис. 14. Гончарный центр Суаткан. Печь № 10. Вид сверху на разрушенную топочную камеру и под



Рис. 15. Гончарный центр Суаткан. Печь № 10

Пунктиром показан уровень пода *in situ*; стрелками отмечен провал пода и несущих конструкций печи в центральной части топочной камеры

краем печи, и по азимуту 293° до соединения с сохранившейся частью пода в северо-западной части печи. По южному краю поврежденного участка пода хорошо заметен наклон его фрагментов (азимут 194°). При этом боковые стены печи № 10, обрамляющие поврежденный участок, сохранились достаточно хорошо. Отметим, что подобные повреждения – разрушение обжигательной камеры до пода и проседание последнего в большей или меньшей степени от устья к центру печи – характерны для большинства гончарных печей Юго-Западного Крыма (см., к примеру, печь № 4 из раскопок гончарного центра Трудолюбовка [Якобсон, 1979] или печь № 10 гончарного центра Илька [Моисеев, 2014а, б]).

Также необходимо отметить, что «эпицентр» повреждений такого рода находится в части печи, воспринимавшей максимальную нагрузку и имевшую минимальную прочность, что позволяет связать их с технологическим процессом или его нарушением (перегрузка обжигательной камеры, превышение температуры обжига, повлекшие за собой разрушение несущих керамических блоков, и т.д.).

Обсуждение полученных результатов

Комплекс повреждений печи № 12 и их атипичность для гончарных комплексов Горного Крыма, видимо, имеет сейсмогенную природу. В пользу одновременности разрушения с осуществлением производственного цикла говорит однотипность керамид комплекса – крупные части черепиц (правая и нижняя половины), вариант которых составляет 67.32 % находок из слоя разрушения. Эти керамиды были изготовлены из одного теста в однотипных деревянных матрицах, которые не могли существовать продолжительное время. Против техногенного характера разрушений свидетельствует отсутствие находок керамид бракованного теста. Такая структура керамического комплекса говорит о том, что мастера не допустили превышения температурного режима,

которое могло бы привести к «взрыву» и разрушению печи. Судя по направлению завала арочных конструкций и развороту части разделительной кладки топочной камеры, удар пришел с юг–юго-восточного направления и составлял не менее VII–VIII баллов по шкале МСК-64.

В целом историю участка по результатам археологических, геомагнитных и археосейсмических исследований можно реконструировать следующим образом. Видимо, в относительно позднее время, не ранее VII–VIII вв., в балке р. Суаткан на месте торгового пути, существовавшего с позднеантичного времени [Герцен, Манаев, 2005; Шрег, 2009], возникает гончарный центр [Моисеев, 2017]. На данный момент не известна очередность и система закладки новых печей, но не ранее рубежа VIII–IX вв. на окраине уже освоенного участка закладывается печь № 10. Некоторое время она производит калиптеры, характерные слоям разрушения конца IX – начала X в. Во время своего функционирования комплекс подвергается ремонтам. Но в конце концов его забрасывают, постепенно он приходит в запустение, разрушается и наконец скрывается под мощным слоем (до 1.4 м) собственных деструктурированных элементов и натечного грунта. Не ранее X в., но не позднее XIII в., выше по склону над бывшим местом расположения печи № 10 древние мастера закладывают котлован для нового производственного комплекса (печь № 12) и отвалами от этих работ окончательно нивелируют склон, скрывая последние следы печи № 10 в рельефе. Печь № 12 функционирует непродолжительное время, производит керамику из одного типа деревянных матриц, которые не могли существовать продолжительное время, и не подвергается никаким фиксируемым ремонтам. Вероятно, во время производственного цикла (или сразу после него) происходит разрушение печи № 12, при этом в слое разрушения оказываются достаточно крупные и частично целые керамики. Наиболее вероятной причиной разрушения является землетрясение. Дальнейшее изучение активности Южно-Крымской сейсмогенерирующей зоны может сузить хронологию печи № 12.

Отметим, что нам неизвестно, были ли после этого происшествия в X–XIII вв. возобновлены работы на участке и были ли там сооружены новые печи, но уверенно можно говорить, что к середине XIII в. производственный комплекс перемещается вниз по течению ручья примерно на 500 м и там производят черепицу, известную в крышах «пещерного города» Эски-Кермен² середины–конца XIII в. [Завадская, 2008].

Итак, мы получили новое свидетельство, касающееся древних сейсмических катастроф Крыма. Попробуем разобраться, с каким из известных сейсмических событий были связаны обсуждаемые разрушения и какая сейсмогенерирующая структура породила это землетрясение. Инструментальные, палеосейсмологические, историко- и археосейсмологические данные [Пустовитенко и др., 1989; Борисенко и др., 1999; Никонов, 2000; Хапаев, 2008; Корженков и др., 2016в; Хапаев и др., 2016] были систематизированы с выделением нескольких основных сейсмогенерирующих структур (рис. 16).

Несомненна сейсмогенерирующая роль Южно-Крымской складчато-надвиговой зоны в акватории Черного моря. В 1927 г. в Южно-Крымской зоне произошли Ялтинские землетрясения с $M = 6.0$ и $M = 6.8$, вызвавшие сотрясения интенсивностью до 8 баллов. Сюда же привязывается очаг землетрясения 1423 г. [Кирилло, 2005; Мыц, 2009], параметры которого А.А. Никонов [2000] определил следующим образом: максимальная интенсивность $I_0 = 9 \pm 0.5$ баллов; $M = 7.5 \pm 0.3$; глубина очага $h = 25$ км. Из рассматриваемого периода (классическое средневековье) письменные источники древности сохранили надежные сведения о землетрясении 1292 г. в районе Судака, которое не было

² Авторы выражают благодарность А.И. Айбабину и И.А. Завадской за возможность ознакомиться с коллекцией из раскопок «пещерного города» Эски-Кермен.

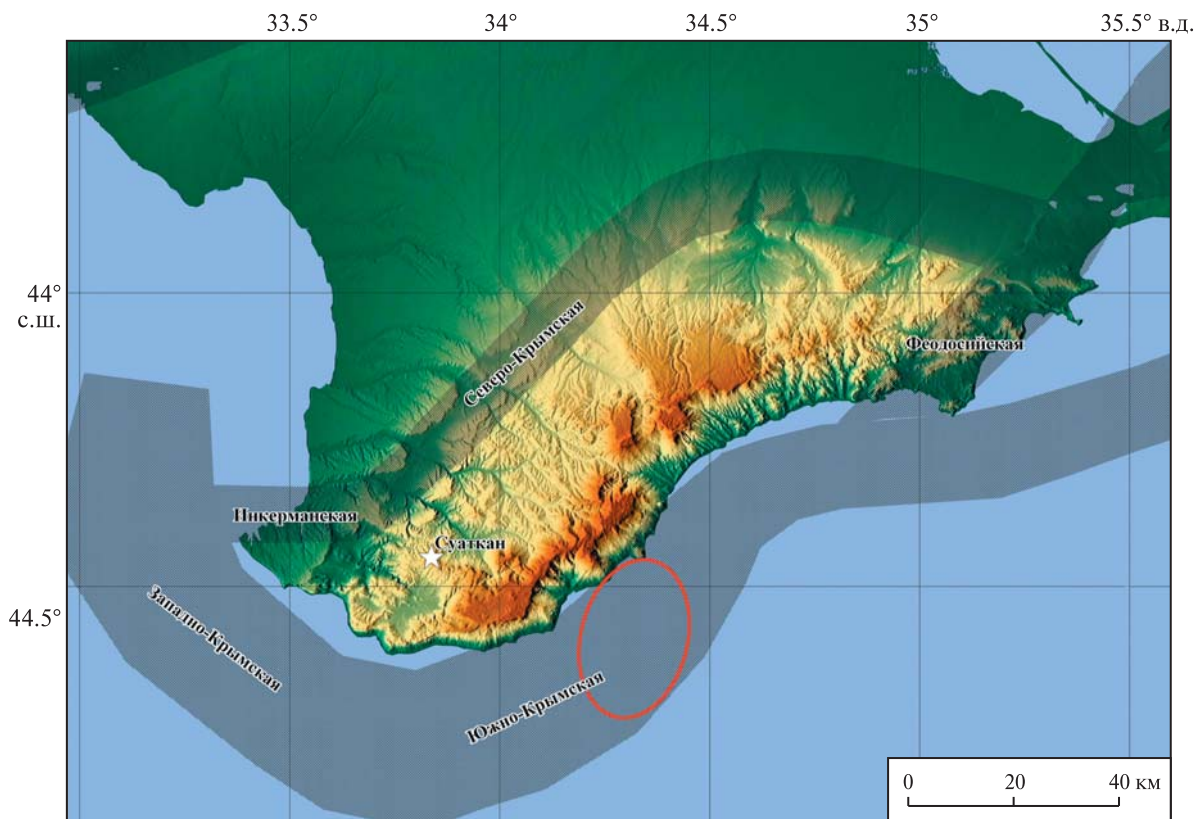


Рис. 16. Сейсмогенерирующие зоны (выделенные области) района Горного Крыма по инструментальным, археосейсмологическим и палеосейсмологическим данным

разрушительным и вряд ли распространилось на весь Горный Крым [Ханаев, 2008]. Еще одно землетрясение у южных берегов Крыма восстанавливается А.А. Никоновым на основе текста «Слова о полку Игореве» и краткого сообщения из трактата «Terra tremante» («Земля сотрясающаяся») во второй половине XII в. [Никонов, 1997]. Надо сказать, что археологических свидетельств это землетрясение (пока?) не имеет.

Вдоль западного берега Крыма выделяется субмеридиональная Западно-Крымская зона. Она предположительно представляет собой крупнейший сдвиг, строение которого изучено слабо, преимущественно геофизическими методами [Строение..., 1992]. В этой зоне землетрясения средней силы происходили в 1875 ($M = 5.2$) и 1957 г. ($M = 5.5$). Более сильное землетрясение 1698 г. восстанавливается по характеру разрушений, обнаруженных в Бахчисарае и древней столице крымских ханов – Салачике, где оно вызвало сотрясения интенсивностью 8–9 баллов по шкале MSK-64 [Корженков и др., 2016в]. К этой же зоне привязывается очаг сильного землетрясения, условно датированного 1650 г., с интенсивностью 9.0 ± 0.5 баллов [Никонов, 2000].

По косвенным данным о глубинном строении и распределении сейсмогравитационных образований выделяется Северо-Крымская зона, где трассируется глубинный разлом, разделяющий Скифскую плиту и альпийское сооружение Горного Крыма [Юдин, 2011]. Вдоль упомянутого глубинного разлома вытянута широкая полоса сейсмогенных обвалов и гигантских оползней [Борисенко и др., 1999]. Они приурочены к высоким обрывам прочных пород куэстовой моноклинали Горного Крыма и обусловлены благоприятными геоморфологическими и литологическими условиями. В районе Севастополя, где изучен Инкерманский активный разлом с яркими признаками молодых сейсмо-

тектонических подвижек [Борисенко и др., 1995], выделяется расположенный на суше и в Севастопольской бухте субширотный отрезок Северо-Крымской сейсмогенерирующей зоны.

В последнее время В.В. Хапаевым [2016] были детально проанализированы археологические данные и на новом уровне всесторонне рассмотрена выдвинутая ранее А.И. Романчук [2007], А.И. Антоновой и А.А. Никоновым [2009] гипотеза о катастрофическом землетрясении XI в. в Херсонесе. Выявленная В.В. Хапаевым тесная связь характера специфических разрушений с грунтовыми условиями размещения фундаментов и другие характерные признаки свидетельствуют о сейсмической природе разрушений в первом десятилетии XI в. Интенсивность сотрясений могла достигать 9 баллов по шкале MSK-64. Кроме того, автор приводит опубликованные результаты археологических исследований на других памятниках Южного и Юго-Западного Крыма (Мангуп, Партенит, Горзувиты), где были обнаружены следы разрушений X в. или рубежа X–XI вв., которые можно гипотетически объяснить землетрясением. Все это позволило привязать очаг к Южно-Крымской сейсмогенерирующей структуре, а точнее – очаговой области разрушительных землетрясений 1423 и 1927 г. (Ялтинской очаговой зоне).

Таким образом, несмотря на огромную отдаленность рассматриваемого периода от начала инструментальных сейсмологических наблюдений (сразу после Ялтинских землетрясений 1927 г.) и появления систематических сведений о землетрясениях (середина XIX в.), исследования последних 20–30 лет дали возможность составить представление об основных вехах сейсмической истории классического средневековья Крыма. Исходя из относительной датировки печи № 12, хронологически подходят землетрясения начала XI в. и 1185 г. При этом в пользу более раннего события говорит анализ хронологических типов (подгрупп) керамического теста, производившихся гончарным центром Суаткан (подробнее о методике выделения и относительной хронологии керамического теста строительной керамики (см. [Моисеев, 2014а]). На данный момент для гончарного центра определено всего семь подгрупп: четыре для участка, рассматриваемого в настоящей статье (Верхний Суаткан), и три – для второго участка (Нижний Суаткан). Верхний Суаткан относится к более раннему времени, чем Нижний. Три его подгруппы относятся к VIII–X вв. и подгруппа 6, изготовлявшаяся печью № 12, является наиболее поздней. На Нижнем Суаткане наиболее поздняя подгруппа относится ко второй половине XIII в. Судя по известной хронологии подгрупп теста гончарных центров Суаткан и Илька [Моисеев, 2014а, б], каждый такой вид керамического теста мог бытовать от полувека до полутора столетий. Таким образом, наиболее вероятным временем функционирования подгруппы 6 является промежуток от начала X до XII в. (не позднее середины столетия). Соответственно разрушительное землетрясение, уничтожившее печь № 12, наиболее вероятно относится к началу XI в. и удар пришел с юг–юго-восточного направления.

Заключение

В результате археологических раскопок гончарного центра Суаткан в Горном Крыму и исследования там двух разновременных черепичных печей было установлено, что минимум один производственный комплекс (печь № 12) имеет ряд деформаций, которые можно объяснить сейсмическим происхождением. К ним относятся систематические завалы арочных конструкций в одном направлении, выпадение замковых камней из арок и разворот части разделительной кладки топочной камеры. Комплексный

анализ позволил сделать вывод, что печь № 12 была разрушена в результате сильного землетрясения в начале XI в.

Максимальные сейсмические колебания, приведшие к разрушению печи, распространялись с юг–юго-востока, со стороны Южно-Крымской сейсмогенерирующей зоны. Местная интенсивность сейсмических колебаний составляла $I = VII$ – $VIII$ баллов по шкале МСК-64.

Приведенные в статье данные позволяют уточнить существующие оценки повторяемости сильных землетрясений и сейсмической опасности Южного Крыма.

Литература

- Антонова И.А., Никонов А.А. Следы разрушительных землетрясений в Херсонесе и окрестностях в римское время и в раннее средневековье // Очерки по истории христианского Херсонеса. СПб.: Алетейя, 2009. С. 14–51. (Херсонес христианский. Т. 1, вып. 1).
- Белик Ю.Л., Корженков А.М., Куликов А.В., Ларьков А.С., Мараханов А.Н., Овсяченко А.Н., Рогожин Е.А. Сейсмогенные деформации в стенах позднесредневековой крепости Ени-Кале в Восточном Крыму // Вопросы инженерной сейсмологии. 2016. Т. 43, № 2. С. 17–35.
- Богачкин Б.М., Корженков А.М., Мамыров Э., Нечаев Ю.В., Омуралиев М., Петросян А.Э., Плетнев К.Г., Рогожин Е.А., Чаримов Т.А. Структура очага Сусамырского землетрясения 1992 г. на основании анализа его геологических и сейсмологических проявлений // Физика Земли. 1997. № 11. С. 3–18
- Борисенко Л.С., Никонов А.А., Останин А.М., Пустовойтов К.Е., Сергеев А.П. Сейсмодислокации в Юго-Западном Крыму (район г. Севастополь) // Докл. РАН. 1995. Т. 343, № 6. С. 791–794.
- Борисенко Л.С., Пустовитенко Б.Г., Дублянский В.Н., Вахрушев Б.А., Клюкин А.А., Ена А.В., Китин М.А. Сейсмодислокации и палеосейсмичность Крыма // Сейсмол. бюл. Украины за 1997 год. Симферополь: Изд-во ИГ НАНУ, 1999. С. 101–132.
- Винокуров Н.И., Корженков А.М., Родкин М.В. К оценке сейсмической опасности района Керченского пролива по данным археосейсмологии // Вопросы инженерной сейсмологии. 2015. Т. 42, № 2. С. 51–66.
- Герцен А.Г., Манаев А.Ю. Демир-Капу в системе оборонительных сооружений Мангупа // МАИЭТ. Симферополь, 2005. Вып. XI. С. 314–345.
- Завадская И.А. Серии черепиц с ремесленными знаками из Эски-Кермена (по материалам раскопок 2003–2005 гг.) // МАИЭТ. 2008. Вып. XIV. С. 291–315.
- Йогансон Л.И. К анализу исторических источников о землетрясениях в Крыму // Вопросы инженерной сейсмологии. 2017. Т. 44, № 3. С. 25–40. DOI 10.21455/VIS2017.3-2.
- Кирилко В.П. Крепостной ансамбль Фуны (1423–1475 гг.). Киев: Стилос, 2005. 269 с.
- Корженков А.М. Сейсмогеология Тянь-Шаня (в пределах территории Кыргызстана и прилегающих районов). Бишкек: Илим, 2006. 290 с.
- Корженков А.М., Лемзин И.Н. Макросейсмическое обследование и геологические условия Кочкор-Атинского (1992 г., $M_{LH} = 6.2$) землетрясения в Южном Кыргызстане // Наука и новые технологии. 2000. № 3. С. 14–21.
- Корженков А.М., Муралиев А.М., Ормуков Ч.О., Сейталиев М.М., Джумабаева А.Б., Гребенникова В.В. Макросейсмическое обследование Кочкорского землетрясения 26 декабря 2006 года ($M = 5.5$, $K = 14$, $I_0 = 7$) в Северном Кыргызстане // Наука и новые технологии. 2006. № 3–4. С. 219–225.
- Корженков А.М., Табалдиев К.Ш., Бобровский Ал.В., Бобровский Ар.В., Мамыров Э.М., Орлова Л.А. Макросейсмические исследования Талды-Сайского караван-сарая (долина реки Кара-Бура, Таласская область, Киргизия) // Геология и геофизика. 2009. Т. 50, № 1. С. 79–87.

- Корженков А.М., Кольченко В.А., Ротт Ф.Г., Абдиева С.В. О сильном средневековом землетрясении в Чуйской впадине, Кыргызстан // Геотектоника. 2012. № 4. С. 62–74.
- Корженков А.М., Абдиева С.В., Белоусов Т.П., Раст Д., Тибальди А. Возраст скальных оползней и палеоземлетрясений в долине р. Карасу (Таласо-Ферганский разлом, Кыргызстан) // Вопросы инженерной сейсмологии. 2013. Т. 40, № 1. С. 33–46.
- Корженков А.М., Абдиева С.В., Мажейка Й., Муралиев А.М., Фортуна А.Б., Чаримов Т.А., Юдахин А.С. О неизвестных сильных голоценовых землетрясениях на юге Иссык-Кульской котловины, Тянь-Шань // Вопросы инженерной сейсмологии. 2014. Т. 41, № 2. С. 37–47.
- Корженков А.М., Аванесян М.А., Варданян А.А., Вирджино А. О следах землетрясений IX в. в развалинах Двина – древней столицы Армении // Вопросы инженерной сейсмологии. 2015а. Т. 42, № 1. С. 5–18.
- Корженков А.М., Кольченко В.А., Лужанский Д.В., Рогожин Е.А., Казмер М., Мажейка Й.В., Деев Е.В., Фортуна А.Б., Шен Д., Юдахин А.С., Абдиева С.В., Родина С.Н. Археосейсмологическое исследование Курментинского средневекового городища (Северо-Восточное Прииссыккулье, Кыргызстан) // Вопросы инженерной сейсмологии. 2015б. Т. 42, № 1. С. 70–81.
- Корженков А.М., Лужанский Д.В., Абдиева С.В., Деев Е.В., Павлис Т.Л., Рогожин Е.А., Турова И.В., Юдахин А.С. О следах сильного землетрясения в стенах средневековых городищ Сары-Бурун на Великом шелковом пути (Западное Прииссыккулье, Северный Тянь-Шань) // Вопросы инженерной сейсмологии. 2016а. Т. 43, № 4. С. 5–20. DOI 10.21455/VIS2016.4-1.
- Корженков А.М., Деев Е.В., Лужанский Д.В., Абдиева С.В., Агатова А.Р., Мажейка Й.В., Меньшиков М.Ю., Рогожин Е.А., Родина С.Н., Родкин М.В., Сорокин А.А., Фортуна А.Б., Чаримов Т.А., Шен Д., Юдахин А.С. Сильное средневековое землетрясение в Северном Прииссыккулье (Тянь-Шань): Результаты палеосейсмологических и археосейсмологических исследований // Геофизические процессы и биосфера. 2016б. Т. 15, № 4. С. 43–63. DOI 10.21455/gpb2016.4-4.
- Корженков А.М., Моисеев Д.А., Овсяченко А.Н., Ларьков А.С., Мараханов А.Н., Рогожин Е.А., Эмруллаев Ш.А. Археосейсмологические исследования в древней столице крымских ханов Салачике // Вопросы инженерной сейсмологии. 2016в. Т. 43, № 3. С. 30–47. DOI 10.21455/VIS2016.3-3.
- Корженков А.М., Ломакин Д.А., Овсяченко А.Н., Ларьков А.С., Мараханов А.В., Рогожин Е.А. О следах сильных позднесредневековых землетрясений в комплексе Медресе-мечеть Узбека (г. Старый Крым) // Геофизические процессы и биосфера. 2017. Т. 16, № 3. С. 5–28. DOI 10.21455/GPB2017.3-1.
- Моисеев Д.А. Керамиды «хазарского» и «фемного» времени из раскопок Илькинского производственного центра // Степи Европы в эпоху средневековья. 2014а. Т. 12. Хазарское время. С. 277–318.
- Моисеев Д.А. Комплекс строительной керамики XIV в. из раскопок христианского храма в округе горы Илька // МАИЭТ. 2014б. Вып. XIII. С. 278–310.
- Моисеев Д.А. Культурные и экономические связи Юго-Западного Крыма и Таманского полуострова в IX–X вв. на примере археологического изучения центра по производству строительной керамики в балке ручья Суаткан (Крым). Симферополь, 2017. 208 с.
- Мыц В.Л. Кафа и Феодоро в XV в.: Контакты и конфликты. Симферополь: Универсум, 2009. 528 с.
- Никонов А.А. Стукну земля // Знание – сила. 1997. № 11. С. 63–69.
- Никонов А.А. Сейсмический потенциал Крымского региона: Сравнение региональных карт и параметров выявленных событий // Физика Земли. 2000. № 7. С. 53–62.

- Никонов А.А. Древние разрушительные землетрясения в Херсонесе и их значение в оценке долговременной сейсмической опасности Юго-Западного Крыма // Вопросы инженерной сейсмологии. 2015. Т. 42, № 2. С. 17–50.
- Овсяченко А.Н., Шварев С.В., Ларьков А.С., Мараханов А.В. Следы сильных землетрясений Керченско-Таманского региона по геологическим данным // Вопросы инженерной сейсмологии. 2015. Т. 42, № 3. С. 33–54.
- Овсяченко А.Н., Меньшиков М.Ю., Рогожин Е.А., Корженков А.М. Циклы сейсмической активности во второй половине голоцена на Западном Кавказе и их связь с этапами цивилизационного развития (на примере верховьев р. Мзымта) // Геофизические процессы и биосфера. 2016. Т. 15, № 2. С. 5–38.
- Овсяченко А.Н., Корженков А.М., Ларьков А.С., Мараханов А.Н., Рогожин Е.А. Новые сведения об очагах сильных землетрясений в районе Керченского полуострова // Докл. РАН. 2017а. Т. 472, № 1. С. 89–92.
- Овсяченко А.Н., Корженков А.М., Ларьков А.С., Рогожин Е.А., Мараханов А.В. Оценка сейсмической опасности низкоактивных областей на примере Керченско-Таманского региона // Наука и технологические разработки. 2017б. Т. 96, № 1. С. 5–18
- Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Горячун А.В. Землетрясения Крымско-Черноморского региона. Киев: Наук. думка, 1989. 190 с.
- Родкин М.В., Корженков А.М., Орунбаев С.Ж. Опыт оценки максимальных массовых скоростей в очаговых зонах сильных землетрясений по смещениям скальных отдельностей на примере некоторых районов Киргизии // Вопросы инженерной сейсмологии. 2015, Т. 42. № 4. С. 25–36.
- Романчук А.И. Исследование Херсонеса-Херсона: Раскопки. Гипотезы. Проблемы. Ч. 2. Византийский город. Екатеринбург: УрГУ; НПМП «Волот», 2007. 664 с.
- Смекалин О.П., Имаев В.С., Корженков А.М., Чипизубов А.В. Палеосейсмологические исследования в плейстоценовой области Беловодского землетрясения 1885 г. ($M = 7$, $I_0 = IX$) в Северном Тянь-Шане // Вопросы инженерной сейсмологии. 2015. Т. 42, № 3. С. 20–32.
- Строение и эволюция земной коры Черного моря / Б.С. Вольвовский, В.Б. Соллогуб, И. Финетти и др. М.: Наука, 1992. 88 с.
- Хапаев В.В. Письменные источники по истории Крымских землетрясений античного и средневекового периодов // Уч. зап. Тавр. нац. ун-та. Сер. «История». 2008. Т. 21 (60), № 1. С. 3–8.
- Хапаев В.В. Византийский Херсон на рубеже тысячелетий. Симферополь, 2016. 568 с.
- Хапаев В.В., Корженков А.М., Овсяченко А.Н., Ларьков А.С., Мараханов А.В. Археосейсмологические исследования в древнем городе Херсонесе (г. Севастополь, Крым) // Геология и геофизика юга России. 2016. № 3. С. 119–128.
- Шрег Р. К вопросу изучения освоения округа Мангупа и Эски-Кермена в эпоху Великого переселения народов и средние века с точки зрения археологии поселения и окружающей среды // Материалы по археологии, истории и этнографии Таврии. 2009. Вып. 15. С. 174–195.
- Юдин В.В. Геодинамика Крыма. Симферополь: ДИАИПИ, 2011. 336 с.
- Якобсон А.Л. Керамика и керамическое производство средневековой Таврики. М., 1979. 164 с.
- Al-Tarazi E., Korjenkov A.M. Archaeoseismological investigation of the ancient Ayla site in the city of Aqaba, Jordan // Natural Hazards. 2007. V. 42, N 1. P. 47–66.
- Archaeoseismology / Eds S. Stiros, R.E. Jones. Athens: Publ. House of Brit. Archaeol. School, 1996. 268 p.
- Caputo R., Helly B. The use of distinct disciplines to investigate past earthquakes // Tectonophysics. 2008. V. 4. P. 7–19.

- Caputo R., Hinzen K.-G., Liberatore D., Schreiber S., Helly B., Tziafalias A. Quantitative archaeoseismological investigation of the Great Theatre of Larissa, Greece // Bull. Earthq. Eng. April 2011. V. 9, is. 2. P. 347–366.
- Eppelbaum L.V. Archaeological geophysics in Israel: Past, present and future // Advances in Geoph. 2010. V. 24. P. 45–68.
- Eppelbaum L.V., Khesin B.E., Itkis S.E. Archaeological geophysics in arid environments: Examples from Israel // J. of Arid Environments. 2010. V. 74. P. 849–860.
- Galadini F., Hinzen K.-G., Stiros S. Archaeoseismology: Methodological issues and procedures // J. Seismol. 2006. V. 10. P. 395–414.
- Ghose S., Mellors R.J., Korjenkov A.M., Hamburger M.W., Pavlis T.L., Pavlis G.L., Omuraliev M., Mamyrov E., Muraliev A.R. The $M_S = 7.3$ 1992 Suusamy, Kyrgyzstan earthquake in the Tien Shan: 2. Aftershock focal mechanisms and surface deformation // Bull. Seismol. Soc. Amer. 1997. V. 87, N 1. P. 23–38.
- Giner-Robles J.L., Rodríguez-Pascua M.A., Pérez-López R., Silva P.G., Bardají T., Grützner C., Reichert K. Structural analysis of earthquake archaeological effects (EAE): Baelo Claudia examples (Cádiz, South Spain) // 1st INQUA-IGCP 567 Intern. workshop on earthquake archaeology and palaeoseismology, Sept. 2009: Proc. Cádiz, South Spain, 2009. V. 2. P. 7–13.
- Karakhanyan A.S., Avagyan A. Archaeoseismological investigations in the temple of Amenhotep II and the impact of an early earthquake // Fifth report on excavation and conservation work at Kom El-Hettan from 9th to 2th seasons (2007–2010) by the Colossi of Memnon and Amenhotep II Temple Conservation Project. Pt I: The Colossi of Memnon and Amenhotep and archaeoseismology. ASAE. 2011. V. 85. P. 277–305.
- Karakhanyan A.S., Trifinov V.G., Ivanova T.P., Avagyan A., Rukieh M., Mimini H., Dodonov A.E., Bachmanov D.M. Seismic deformation in the St. Simeon Monasteries (Qal'at Sim'an), Northwestern Syria // Tectonophysics. 2008. V. 453. P. 122–147.
- Kázmér M. Damage to ancient buildings from earthquakes // Encyclopedia of earthquake engineering. 2014. P. 1–7.
- Kázmér M., Major B. Distinguishing damages from two earthquakes: Archaeoseismology of a Crusader castle (Al-Marqab citadel, Syria) // Geol. Soc. of Amer. Spec. Publ. 2010. V. 471. P. 185–198.
- Kázmér M., Major B. Sāfītā castle and rockfalls in the «dead villages» of coastal Syria: An archaeoseismological study // C.R. Geosci. 2015. P. 37–47.
- Kázmér M., Kamol Sanittham, Punya Charusiri, Santi Pailoplee. Archaeoseismology of the AD 1545 earthquake in Chiang Mai, Northern Thailand // 2nd INQUA-IGCP-567 Intern. workshop on active tectonics, earthquake geology, archaeology and engineering, Corinth, Greece. 2011. P. 102–105.
- Klinger Y., Avouac J.P., Dorbath L., Abou Karaki N., Tisnerat N. Seismic behaviour of the Dead Sea fault along Araba valley, Jordan // Geophys. J. Int. 2000. V. 142, N 3. P. 769–782.
- Korjenkov A.M., Ericson-Gini T. The seismic origin of the destruction of the Nabataean Forts of Ein Erga and Ein Rahel, Arava Valley, Israel // Archaeologischer Anzeiger. 2003. N 2. P. 39–50.
- Korjenkov A.M., Mazor E. Earthquake characteristics reconstructed from archeological damage patterns: Shivta, the Negev Desert, Israel // Isr. J. Earth Sci. 1999a. V. 48. P. 265–282.
- Korjenkov A.M., Mazor E. Seismogenic origin of the ancient Avdat ruins, Negev desert, Israel // Natural Hazards. 1999b. V. 18, N 3. P. 193–226.
- Korzenkov A.M., Mazor E. Structural reconstruction of seismic events: Ruins of ancient buildings as fossil seismographs // Sci. and New Technol. 1999c. N 1. P. 62–74.
- Korjenkov A.M., Mazor E. Archeoseimology in Mamshit (Southern Israel): Cracking a millennia code of earthquakes preserved in ancient ruins // Archaeologischer Anzeiger. 2003. N 2. P. 51–82.

- Korjenkov A.M., Mazor E.* Diversity of earthquakes destruction patterns: The Roman-Byzantine ruins of Haluza, Negev desert, Israel // *Archaeologischer Anzeiger*. 2005. N 2. P. 1–15.
- Korjenkov A.M., Mazor E.* The features of the earthquake damage patterns of ancient city ruins in the Negev desert, Israel // *Geotectonics*. 2013. N 1. P. 52–65.
- Korzhenkov A.M., Mazor E.* Archaeoseismological damage pattern at the ancient ruins of Rehovot-ba-Negev, Israel // *Archaeologischer Anzeiger*. 2014. N 1. P. 75–92.
- Korjenkov A.M., Schmidt K.* An archaeoseismological study at Tall Hujayrāt al-Ghuzlān: Seismic destruction of Chalcolithic and Early Bronze age structures // *Prehistoric Aqaba I / Deutsches Archäologisches Institut. Orient-Abteilung. Orient-Archäologie*. Randen, Westf.: Verlag Marie Leidorf GmbH., 2009. Bd. 23. P. 79–97.
- Korjenkov A.M., Kol'chenko V.A., Rott Ph.G., Abdieva S.V.* Strong mediaeval earthquake in the Chuy Basin, Kyrgyzstan // *Geotectonics*. 2012. V. 46, N 4. P. 303–314.
- Korjenkov A.M., Abdieva S.V., Belousov T.P., Rust D., Tibaldi A.* An age of rockslides and palaeoearthquakes in the Karasu River valley (Talas-Fergana fault, Kyrgyzstan) // *Seismic Instruments*. 2014. V. 50, N 2. P. 97–108.
- Korjenkov A.M., Arrowsmith J.R., Crosby C., Mamyrov E., Orlova L.A., Povolotskaya I.E., Tabaldiev K.* Seismogenic destruction of the Kamenka medieval fortress, northern Issyk-Kul region, Tien Shan (Kyrgyzstan) // *J. Seismol.* 2006. N 10. P. 431–442.
- Korjenkov A.M., Baypakov K.M., Chang C., Peshkov Yu., Savelieva T.* Traces of ancient earthquakes in Medieval cities along the Great Silk Route, Northern Tien Shan and Dzhungaria // *Turkish J. of Earth Sci.* 2003. V. 12. P. 241–261.
- Mazor E., Korjenkov A.M.* Applied archeoseismology: Decoding earthquake parameters recorded in archeological ruins // *Geological and ecological studies in the desert region of Israel*. Sofia; Moscow: Pensoft Rress, 2001. P. 123–153.
- Peláez J.A., Castillo J.C., Gómez Cabera F., Sánchez Gómez M., Martínez Solarez J.M., López Casado C.* A review of the 1170 Andújar (Jaén, South Spain) earthquake, including the first likely archeological evidence // *Earthq. Res. and Analysis: New Advances in Seismology*. 2013. P. 1–20.
- Rodríguez-Pascua M.A., Pérez-López R., Giner-Robles J.L., Silva P.G., Garduño-Monroy V.H., Reicherter K.* A comprehensive classification of Earthquake Archaeological Effects (EAE) in archaeoseismology: Application to ancient remains of Roman and Mesoamerican cultures // *Quaternary Intern.* 2011. V. 242. P. 20–30.
- Rukieh M., Trifonov V.G., Dodonov A.E., Minini H., Ammar O., Ivanova T.P., Zaza T., Yusef A., Al-Shara M., Jobaili Y.* Neotectonic map of Syria and some aspects of Late Cenozoic evolution of the northwestern boundary zone of the Arabian plate // *J. Geodyn.* 2005. V. 40. P. 235–256.
- Schreiber S., Hinzen K.-G., Fleischer C., Schütte S.* Excavation-parallel laser scanning of a medieval cesspit in the archaeological zone Cologne, Germany // *ACM J. Comput. Cult. Herit.* 2012. V. 5, N 3. Article 12 (Oct. 2012). 22 p.
- Silva P.G., Reicherter K., Crützner C., Baradaji T., Lario J., Goy J.L., Zazo C., Becker-Heidmann P.* Surface and subsurface palaeoseismic records at the ancient Roman city of Baelo Claudia and the Bolonia Bay area, Cádiz (South Spain) // *Geol. Soc., London. Spec. Publ.* 2009. V. 316. P. 93–121.
- Similox-Tohon D.* An integrated geological and archaeoseismological approach of the seismicity in the territory of Sagalassos (SW Turkey): Towards the identification of active faults in the Burdur-Isparta region: Ph.D. Thesis. Katholieke Univ. Leuven, Belgium, 2006. 322 p.
- Similox-Tohon D., Sintubin M., Muches P., Verhaert G., Vanneste K., Fernandez M., Vandycke S., Vanhaverbeke H., Waelkens M.* The identification of the active fault by a multidisciplinary study at the archeological site of Sagalassos (SW Turkey) // *Tectonophysics*. 2006. 420. P. 371–387.

Sintubin M., Stewart S. A logical methodology for archaeoseismology: A proof of concept at the archaeological site of Sagalassos, Southwest Turkey // Bull. Seismol. Soc. Amer. 2008. V. 98, N 5. P. 2209–2230.

Сведения об авторах

МОИСЕЕВ Дмитрий Анатольевич – заведующий, Бахчисарайский историко-культурный и археологический музей-заповедник. 285405, Республика Крым, г. Бахчисарай, ул. Речная, д. 133. Тел.: +7 (36554) 4-28-81. E-mail: ohota_d@ukr.net

КОРЖЕНКОВ Андрей Михайлович – доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. 123242, г. Москва, ул. Большая Грузинская, д. 10, стр. 1. Тел: +7 (916) 226-90-92. E-mail: korzhenkov@ifz.ru

ОВСЮЧЕНКО Александр Николаевич – кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. 123242, г. Москва, ул. Большая Грузинская, д. 10, стр. 1. Тел.: +7 (499) 254-90-15. E-mail: ovs@ifz.ru

SEISMIC DESTRUCTION TRACES OF THE TILE KILN OF THE MEDIEVAL POTTERY PRODUCTION CENTER IN THE SUATKAN SPRING GULLY (Bakchisaray district, Crimea)

D.A. Moiseev¹, A.M. Korzhenkov², A.N. Ovsyuchenko²

¹ Bakhchisaray Historical, Cultural and Archaeological Museum-Reserve, Bakhchisaray,
Republic of Crimea, Russia

² Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Abstract. Pottery center Suatkan is placed in the Mountain region of the Crimea not far from one of economical and political medieval centers in this region, formed around Mangup and Eski-Kermen fortresses. The specialization of this center was production the building ceramic – roof tiles. Archeological excavations of the pottery production center Suatkan has discovered several tile production kilns. At least one of them (kiln 12) has specific deformations caused by seismic destructions. They are: systematic collapse of arc constructions to the South and rotations of parts of the furnace division wall. As a result of the investigation we can say that the kiln 12 was destructed by the strong earthquake. The damages and destructions of other medieval kilns from the South-Western Crimea (in Chersonesos, on the outskirts of Mangup and Bakla towns, near Sudak) and of an earlier kiln 10 from Suatkan center (in time of functioning of kiln 12 it was destructed and buried under rubbish and soil) differ from damages and destructions of kiln 12 from Suatkan. Thus, we can ascertain that kiln 12 was destroyed by a powerful earthquake in the beginning of the XI c. Apparently, the maximum earthquake vibrations, that destructed kiln 12, came from the South–South-East from South Crimean seismogenic zone. Local intensity of seismic vibrations was $I = VII–VIII$ by the MCK-64 scale.

Keywords: pottery production kiln, roof tile, pottery production center Suatkan, Crimea, earthquake, seismic deformations, kinematic indicators, Medieval times.

About the authors

MOISEEV Dmitry A. – director, Bakhchisaray Historical, Cultural and Archaeological Museum-Reserve. Bakhchisaray, Republic of Crimea, Russia. Tel.: +7 (36554) 4-28-81. E-mail: ohota_d@ukr.net

KORZHENKOV Andrey M. – Ph. D. (geol.-min.), head of laboratory, Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences. Moscow, Russia. Tel.: +7 (916) 226-90-92. E-mail: korzhenkov@ifz.ru

OVSYUCHENKO Alexander N. – Ph. D. (geol.-min.), head of laboratory, Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences. Moscow, Russia. Tel.: +7 (499) 254-90-15. E-mail: ovs@ifz.ru