

И.А. ЗАВАДСКАЯ  
I.A. ZAVADSKAIA

**ПРОБЛЕМЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ СЛОЕВ РАЗРУШЕНИЯ  
НА АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКАХ: О РОЛИ  
АРХЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ<sup>1</sup>  
PROBLEMS OF INTERPRETATION OF THE DESTRUCTION  
LAYERS AT ARCHAEOLOGICAL SITES: ABOUT THE ROLE  
OF ARCHAEOSEISMOLOGICAL INVESTIGATION**

При изучении слоев разрушения перед исследователями стоят задачи, связанные, прежде всего, с установлением времени и причин их образования. Данные слои могут быть результатом как разных природных явлений, так и действий, произведенных людьми. Сложность заключается в том, что последствия разрушений различного происхождения могут быть во многом схожи. Выяснение причин разрушений на древних памятниках входит в задачи относительно молодой, развивающейся науки – археосейсмологии, которая выявляет и изучает признаки древних, доинструментальных землетрясений на археологических объектах.

Древние землетрясения и их последствия, а также вопросы сейсмостойкости сооружений интересовали как зарубежных, так и отечественных исследователей с XIX и особенно с начала XX века [De Rossi, 1874; Lanciani, 1918; Agamennone, 1935; Башкиров, 1948; избранная библиография о крымских землетрясениях: Завадская, 2010, с. 480-483]. Одним из первых, кто связал археологический слой разрушения с сильным землетрясением, был Артур Эванс (A. Evans), проводивший раскопки Кносского дворца на Крите [Evans, 1928; Sintubin, 2009, p. 147; Rodriguez-Pascua et al., 2011, p. 21]. Однако ранний этап поиска и изучения сейсмических свидетельств характеризуется определенной легковесностью выводов и склонностью без критического разбора интерпретировать выявленные признаки в пользу древней сейсмичности. Со временем формируется более критичный подход к оценке таких признаков, которые могут быть последствиями разных событий, также приходит понимание необходимости соблюдать баланс между археологическими, историческими, антропо-географическими, а также геологическими, геоморфологическими и геотехническими данными [Karcza, Kafri, 1978].

С конца 1980–1990 годов изучение землетрясений прошлого становится особенно популярным и распространенным во всем мире. Результаты исследований, посвященных поиску сейсмических признаков на археологических объектах разных регионов Евразии и Америки, отражены в многочисленных публикациях, в основном в естественнонаучных изданиях [Stiros, 1988; Sbeinati et al., 1993; Christoskov et

---

<sup>1</sup> Работа выполнена в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки РФ № 2015/701-3 по теме «Этнокультурные процессы в Крыму в античности, средневековье и новое время».

## Боспорские исследования, вып. XXXIII

al., 1995; Никонов, 1996; 1998; Винокуров, Никонов, 1998; Винокуров, 2003; Stiros, 1998; Berberian, Yeats, 2001; Gallia, Galadini, 2001; Altunel et al., 2003; Kovach, 2004; Silva et al., 2005; Lunina et al., 2005; Erel, Adatepe, 2007; Marco, 2008; Kazmer, Major, 2010; Корженков, Мазор, 2013; и многие др.]. Большое внимание уделяется также разработке методологических основ формирующейся дисциплины – археосейсмологии. К числу наиболее ранних специальных работ по этой проблеме принадлежат статьи А.А. Никонова, в которых приведены показательные сейсмические признаки, сформулированы некоторые принципы и рекомендации по выявлению и изучению последствий древних землетрясений на исторических памятниках, а также отмечен междисциплинарный характер археосейсмологических исследований [Nikonov, 1988; Никонов, 1990]. Руководство по идентификации структурных повреждений от землетрясений на археологических объектах с их детальным описанием содержится также в статье С. Стироса (S. Stiros), опубликованной в первом специализированном сборнике «Archaeoseismology» под редакцией С. Стироса и Р. Джонса (R. Jons) [Stiros, 1996]. Авторы сборника подчеркивают, что для получения объективной оценки предполагаемых последствий древних землетрясений необходимо проведение многоотраслевых исследований. Необходимость сотрудничества археологов, историков, геологов, геофизиков, сейсмологов, инженеров и специалистов других дисциплин признают практически все современные исследователи в этой области. Хотя организация подобного взаимодействия является достаточно сложной проблемой. Еще одной важной, до конца не решенной задачей остается разработка стандартной методологии проведения археосейсмологических исследований. Тем не менее на этом пути достигнуты значительные результаты.

Методологическим аспектам посвящено большое количество публикаций и проектов. В некоторых из них предпринимаются попытки предложить практические методики по некоторым дисциплинам. И если в более ранних методологических работах основное внимание было сосредоточено на подборке и описании качественных сейсмических признаков, в последнее десятилетие все большее развитие и приоритет получают количественные методы, которые призваны проверить, протестировать сейсмогенную природу выявленных повреждений [Sintubin et al., 2009; Sintubin, 2011].

Одним из наиболее масштабных проектов, направленных на развитие археосейсмологии, является проект «IGCP-567: Earthquake Archaeology. Archaeoseismology along the Alpine-Himalayan seismic zone» (Археология землетрясений. Археосейсмология вдоль Альпийско-Гималайской сейсмической зоны; <http://ees.kuleuven.be/igcp567/index.html>), который выполнялся в 2008-2012 гг. в рамках Программы международного геологического сотрудничества (International Geological Correlation Programme, IGCP). Данная программа – результат совместной инициативы ЮНЕСКО и Международного союза геологических наук (МСГН; International Union of Geological Sciences, IUGS). В проекте участвовало 239 специалистов из 37 стран. Одна из главных целей состояла в развитии практических

## Завадская И.А. Проблемы интерпретации слоев ...

археосейсмологических методологий и разработке стандартной методологии на базе объединения усилий ведущих специалистов смежных дисциплин. В рамках проекта подготовлено руководство по полевым исследованиям «Structural analysis of Earthquake Archaeological Effects (EAE): Baelo Claudia Examples (Cádiz, South Spain)» (Структурный анализ археологических эффектов землетрясений: примеры Баэло Клаудиа (Кадис, южная Испания)) под редакцией группы испанских и немецких ученых-геологов, опубликованное в материалах 1-го Международного семинара по археологии землетрясений и палеосейсмологии (сентябрь 2009 г., Баэло Клаудиа, Испания) [Giner-Robles et al., 2009]. Авторы руководства стремились создать методологию, которая позволила бы распознавать и измерять деформации, а также отличать действие косейсмических явлений от других энергетических процессов.

Отдельный раздел в этой работе посвящен классификации археологических эффектов землетрясений [Giner-Robles et al., 2009; кратко: Rodríguez-Pascua et al., 2009]. В 2011 г. эта классификация с некоторыми изменениями и дополнениями была опубликована в отдельной статье [Rodríguez-Pascua et al., 2011]. Авторы, учитывая опыт изучения последствий древних и современных землетрясений в разных регионах, в качестве наиболее яркого примера для демонстрации своей методологии использовали римский город Баэло Клаудиа на берегу Гибралтарского пролива, который дважды разрушался землетрясениями: в 40–60-х гг. н.э. и окончательно в 350–395 гг. В руинах города сохранилось большое количество и разнообразие разрушений и деформаций. Их сейсмический характер подтвержден результатами археосейсмологических исследований, которые стали первым в Испании опытом применения новых методов [Silva et al., 2005; Giner-Robles et al., 2009, p. 6].

В предложенной классификации выделены два блока: косейсмические (первичные) и постсейсмические (вторичные) эффекты землетрясений. К первичным отнесены геологические эффекты (Geological effects) и повреждения в структуре сооружений (Building fabric effects). Геологические эффекты описаны по Шкале сейсмической интенсивности на основании природных эффектов (Environmental Seismic Intensity 2007 (ESI-2007), Environmental Earthquake Effects) [Michetti et al., 2007; Guerrieri et al., 2011], которая разделяет их на первичные эффекты (в зоне разлома; on-fault) – сбросовые уступы, разрывы поверхности и тектонические поднятия/опускания, а также вторичные эффекты (вне разлома; off-fault) – разжижение, смещение почв, оползни, камнепады, трещины в грунте, цунами, гидрологические аномалии и т.д. Эффекты в структуре сооружений – это повреждения в постройках и полах, связанные с деформацией земной поверхности и/или сейсмическими волнами. К ним отнесены деформированные, волнообразно изогнутые и вспученные полы и вымостки, ориентированные трещины и выломанные острые углы в плитах вымосток, наклоненные, перемещенные и изогнутые стены, проникающие ориентированные трещины в кладках, отбитые углы в блоках кладок, упавшие в одном направлении колонны, повернутые и смещенные блоки в кладках и барабаны колонн, опустившиеся или выпавшие замковые камни в арках и перемычках окон и дверей,

волнообразная деформация и смещение ступеней лестниц и бордюра, следы от падения блоков на вымостках, полах, разрушенные стены, под которыми обнаружены останки людей, обломки посуды, инструменты и т.д. В классификации отдельным блоком выделены вторичные, косвенные последствия землетрясений: пожары, наводнения, внезапное запустение поселения. Авторы относят также к возможным вторичным доказательствам прошлых землетрясений ремонт и усиление поврежденных конструкций, использование антисейсмических строительных методов, которые, впрочем, могли быть результатом заимствования из других культур, пострадавших от землетрясения.

Авторы классификации, так же как и другие исследователи сейсмических эффектов, отмечают, что большинство из указанных признаков могут быть производными и несейсмических деструктивных природных или техногенных процессов, а часто и их суммированием. В числе возможных причин может быть неравномерная просадка или асейсмичное гравитационное скольжение грунта, действие корней деревьев, оползневое почвенное сползание, нагрузка более поздних отложений и слоев, а также плохие характеристики здания; причиной внезапного разрушения могут быть военные действия и т.д. [Galadini et al., 2006, p. 400–403]. Поэтому одна из главных задач археосейсмологии состоит в том, чтобы проверить все выявленные эффекты и деформации с точки зрения альтернативных причин их появления. Чтобы стать надежными доказательствами сейсмической катастрофы, они должны пройти через многочисленные «фильтры» и процедуру исключения всех других возможных разрушительных событий [Galadini et al., 2006, p. 399, 411; Giner-Robles et al., 2009, p. 6-7]. Землетрясение может считаться причиной разрушений и деформаций лишь в том случае, если другие причины полностью исключены.

Авторы полевого учебного курса важную роль в археосейсмологических исследованиях отводят изучению исторической и современной геологии и геоморфологии региона, истории памятника как до, так и после его гибели (процесс образования слоев, погребения, запустения, исследования), оценке качества конструкций (размеры блоков, кладки стен и фундаментов, растворы и др.). Неотъемлемой составляющей таких исследований является датирование выявленных эффектов, т.к. лишь в случае их принадлежности к единому геoarхеологическому горизонту они могут предположительно связываться с одним сейсмическим событием [Giner-Robles et al., 2009, p. 13-15; Rodríguez-Pascua et al., 2011, p. 23–27].

Основной акцент в предложенной методике сделан на ориентации зафиксированных деформаций. Авторы исходят из того, что сейсмические волны производят ориентированный импульс, следовательно, вызванные им деформации, как правило, имеют характерное расположение [Giner-Robles et al., 2009, p. 6]. Применение классических методов геологического структурного анализа позволяет вычислить параметры эллипсоида каждой деформации, т.е. каждого выявленного предположительно сейсмического эффекта на территории всего памятника. Если они являются результатом одного сейсмического источника, направление осей деформаций разных струк-

## *Завадская И.А.* Проблемы интерпретации слоев ...

тур и разных типов эффектов должно быть одинаковым. Количественный анализ ориентации этих деформаций позволит получить последовательный теоретический эллипсоид деформаций для всего памятника. Если же «отдельные эллипсы деформаций из разных типов эффектов, или даже из одного типа, демонстрируют случайные геометрии, направленность движения грунта не может считаться главной причиной для рассматриваемых повреждений» [Rodríguez-Pascua et al., 2011, p. 28-29]. На завершающем этапе археосейсмологического структурного анализа проводится статистический анализ всех полученных данных о сейсмических деформациях с целью установить основные параметры колебания грунта и определить потенциально активные тектонические структуры. Хотя, как признают исследователи, надежное определение параметров источника древних землетрясений по-прежнему остается проблемой [Rodríguez-Pascua et al., 2011, p. 28]. Авторы методики археосейсмологического структурного анализа считают, что его применение должно стать стандартной процедурой при выявлении и изучении возможных сейсмических деформаций на археологических памятниках [Giner-Robles et al., 2009, p. 36; Rodríguez-Pascua et al., 2009, p. 116; Rodríguez-Pascua et al., 2011, p. 29].

Классификация археологических эффектов землетрясения (Earthquake Archaeological Effects, EAE) используется при изучении последствий как древних землетрясений [примеры: Klaus, 2014; Rodríguez-Pascua et al., 2011a], так и современных сейсмических событий [Pérez-López et al., 2011; Giner-Robles et al., 2012a; Martín-González et al., 2014]. Анализ повреждений, вызванных недавними инструментальными землетрясениями (например, в г. Лорка, на юге Испании, 11 мая 2011 г.), дает информацию о кинематике разрушительных процессов и о фокусных параметрах землетрясения, что позволяет откалибровать разработанную методологию и установить пределы погрешности при расчете параметров деформаций на археологических объектах.

Опыт археосейсмологического изучения и анализа повреждений в сооружениях, вызванных древними и современными землетрясениями в одном регионе, а именно в пустыне Негев в Израиле, изложен в статье А.М. Корженкова и Э. Мазор [Корженков, Мазор, 2013]. В статье дана обобщающая характеристика типов сейсмических повреждений, объясняются причины и механизм их образования, а также определяется направление сейсмических волн и их интенсивность. Кроме уже описанных признаков, авторы отмечают еще один критерий высокой интенсивности землетрясения – значительное расстояние обрушившихся обломков от первоначального положения (в несколько раз превышающее первоначальную высоту сооружения) [Корженков, Мазор, 2013, с. 60].

Методологическим аспектам и количественным методам в археосейсмологии посвящены работы многих других исследователей. Основные направления и развернутую блок-схему археосейсмологических исследований предложили Ф. Галадини, К. Хинзен и С. Стирос [Galadini et al., 2006, p. 395-414, fig. 4]. Для подтверждения археосейсмической гипотезы, по мнению авторов, необходимы качественная интер-

претация и количественный анализ предполагаемых следов прошлых землетрясений. Согласно предложенной методике, для проверки возможных природных причин катастрофы должна быть изучена местная геологическая и геоморфологическая ситуация, проведены палеосейсмологические исследования. Для выяснения причин повреждения или разрушения сооружений необходимы геотехнические данные о грунте, на котором построено здание, детальное описание и структурный анализ деформаций. Важное место отведено реконструкции археологической стратиграфии и установлению датировки слоя разрушения, а также реконструкции архитектурной истории (стратиграфии) памятника. В этот блок включено также исследование седиментологических особенностей слоя разрушения, которые могут пролить свет на его происхождение, в частности определить, произошло ли разрушение мгновенно или было медленным процессом [пример геоархеологического анализа: Galadini, 2009]. Для проверки сейсмической гипотезы рекомендуется применять «территориальный» подход, цель которого выявить и указать соотношение синхронных археосейсмических эффектов в регионе и определить протяженность сейсмической зоны [Galadini et al., 2006, p. 407-408; Galadini, 2009, p. 81]. Данный подход основан на том, что сильное землетрясение вызывает характерные деформации и разрушения на гораздо более обширной территории, чем любой другой природный катаклизм или разрушительные действия людей. Большую роль в тестировании гипотезы о землетрясении отводят количественному анализу, который подразумевает исследование характеристик сейсмического источника, движения грунта и динамического поведения зданий с помощью создания количественных моделей. Непременным условием достоверного моделирования является наличие надежных археологических данных и достаточных геофизических входных параметров [Galadini et al., 2006, p. 406-407].

Схему количественных методов моделирования в археосейсмологических исследованиях разработал К. Хинзен вместе с другими немецкими учеными, сопроводив ее описание множеством примеров применения этих методов при изучении памятников в разных странах [Hinzen et al., 2009. P. 50-51, fig. 1; Hinzen, 2010, fig. 2; Hinzen et al., 2011, p. 31-41, fig. 2, tabl. 1]. Первый блок предложенной ими схемы направлен на получение точной документации о поврежденных структурах, в частности, их детальное описание (инвентаризацию) и точное измерение, что является базой для виртуальной реконструкции и моделирования. В качестве дополнения к традиционным археологическим методам фиксации рекомендуется применение современных методов фотограмметрии и 3D лазерного сканирования, которые позволяют провести подробный анализ и реконструкцию повреждений. Определение параметров движения грунта и сейсмического источника входит в задачи следующего блока количественных исследований, который включает в себя создание сейсмологических и геотехнических моделей, а также моделирование движения грунта. Все это позволяет охарактеризовать местные условия сейсмического колебания грунта, оценить статическую и динамическую устойчивость рельефа, рассчитать синтетические сейсмограммы для очага землетрясения. Наряду с

## *Завадская И.А.* Проблемы интерпретации слоев ...

моделированием сейсмического движения грунта в рассматриваемую схему включено обязательное тестирование всех других возможных причин разрушения, связанных с действием природных и антропогенных сил. Блок моделирования поврежденных структур предполагает создание конечно-элементных и дискретно-элементных моделей, которые дают представление о статическом и динамическом поведении целого здания или его части и позволяют определить его строительный потенциал. Авторы методики количественных исследований в археосейсмологии признают, что из-за сложности поставленных проблем, неопределенности входных параметров и недостатков самих количественных моделей они не всегда могут дать однозначные результаты. Более того, в тех случаях, когда поврежденные структуры впоследствии претерпели ремонт или другие изменения, установление точной причины разрушения может оказаться невозможным.

Тем не менее дальнейшее развитие археосейсмологии многие специалисты связывают именно с количественными методами, которые постоянно совершенствуются [Hinzen, 2010]. Разработка стандартной общепринятой методики археосейсмологических исследований по-прежнему остается актуальной проблемой. Однако методологическая основа таких исследований – междисциплинарность признается всеми учеными. Лишь тесное сотрудничество специалистов разных научных отраслей – археологов, геологов, геоморфологов, геофизиков, сейсмологов, архитекторов, инженеров и историков – может обеспечить научный комплексный подход к решению проблем, связанных с интерпретацией слоев разрушения и различного рода деформаций на археологических объектах. Задачи археосейсмологии не ограничиваются изучением и анализом разных повреждений, и проверкой гипотез о древних землетрясениях. Методы по изучению состояния и моделированию поведения исторических сооружений служат также для разработки мер, направленных на повышение устойчивости этих сооружений, и в конечном счете на их сохранение [примеры таких методов: Polymenakos et al., 2005; Mistler et al., 2006]. Кроме того, археосейсмологические исследования играют большую роль при оценке сейсмической опасности региона в целом, что значительно увеличивает их значимость и повышает ответственность специалистов за качество проведенных исследований и сделанные на основании их результатов выводы.

Необходимость проведения комплексных междисциплинарных археосейсмологических исследований особенно актуальна для Крымского полуострова, который признан сейсмоопасным регионом. Оценка его сейсмического потенциала имеет тенденцию повышаться, о чем свидетельствуют карты сейсмического районирования СССР 1978 г., Крыма 1998 г. и Украины 2004 г. [Пустовитенко и др., 2006]. Значительное влияние на это оказывают различные списки и каталоги крымских землетрясений, в том числе древних. Однако информация о некоторых из них, не отраженных в письменных источниках, нуждается в детальной проверке. В частности, это касается землетрясений, которые якобы происходили в Севастопольской очаговой области и имели разрушительные последствия для Херсонеса/Херсона в

## Боспорские исследования, вып. XXXIII

III в., в конце V в. и в XI в. [Никонов, 2000; Антонова, Никонов, 2009; критика: Завадская, 2010].

Особую популярность приобрела гипотеза о землетрясении XI в. Ее защитники пытаются собрать доказательную базу исключительно из отчетных материалов археологических раскопок некоторых оборонительных, культовых и хозяйственных сооружений, а также некрополя города [Романчук, 1989; Антонова, Никонов, 2009; Хапаев, 2008; 2012]. Однако далеко не все собранные «доказательства» могут быть синхронизированы и связаны с одним событием, поскольку они относятся к разным эпохам либо их датировка точно не определена. Другая важная проблема состоит в определении характера повреждений. В одновременных слоях разрушения, открытых в северном и западном районах города, не выявлены первичные признаки именно сейсмического воздействия. Таким образом, сейсмическая природа выявленных разрушений не доказана и, следовательно, гибель городских кварталов могла быть вызвана другой причиной, в частности военными действиями. Не зафиксированы косейсмические эффекты, которые можно было бы датировать XI в., и на других объектах города и округа [Завадская, 2010].

В последнее время предпринята попытка найти свидетельства разрушительного землетрясения в отчетах о раскопках загородных и внутригородских некрополей Херсонеса [Хапаев, 2012]. С массовыми жертвами такого землетрясения В.В. Хапаев пытается связать многоярусные захоронения в некоторых загородных склепах и гробницах на территории ранневизантийских базилик. Как известно, на южном и западном некрополях открыто не менее 70 коллективных усыпальниц, в которых находились кости от нескольких десятков до нескольких сотен погребенных [Якобсон, 1959, с. 260-267; Сорочан, 2005, с. 1061; и др.]. Судя по находкам, главным образом, монетам, эти сооружения использовали с поздней античности / ранневизантийского времени до VIII–IX/X вв. и более позднего времени (монеты с монограммой «ро» XI–XIII вв.). Использовать их прекратили, скорее всего, также в разное время: во многих склепах самыми поздними были монеты Василия I (867–886), в других – пряжки VII–VIII вв. Хронология многих из этих памятников нуждается в уточнении. Поэтому считать погребения в них следствием одного события нет никаких оснований. Также не выдерживает критики попытка связать появление внутригородских некрополей вокруг базилик с «тотальным разрушением города в начале XI в., сопровождавшимся массовой гибелью людей и необходимостью санитарной очистки города» [Хапаев, 2012, с. 83]. Могилы в нартексах базилик 1935 и 1932 гг., в которых, по мнению В.В. Хапаева, были погребены погибшие в катастрофе, являются, согласно археологическим и стратиграфическим данным, самыми ранними; они появились, когда базилики еще функционировали (т.е. до их разрушения) [Белов, 1938, с. 129; Белов, 1941, с. 236–240]. Захоронения в них совершались на протяжении длительного времени, а не одномоментно. На территории комплекса базилики на холме также открыт некрополь с многочисленными могилами (около 150). С.А. Беляев синхронизирует его с верхней базиликой данного комплекса, построенной на месте разру-





## Боспорские исследования, вып. XXXIII

- Никонов А.А.* Обрушение навесов и ниш: опыт исследований в Крыму // Геоморфология. 1996. № 4. С. 65–74.
- Никонов А.А.* Сейсмический потенциал Крымского региона: сравнение региональных карт и параметров выявленных событий // Физика Земли. 2000. № 7. С. 53–62.
- Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Пустовитенко А.А.* Новые карты общего сейсмического районирования территории Украины. Особенности модели долговременной сейсмической опасности // Геофизический журнал. 2006. Т. 28. № 3. С. 54–77.
- Романчук А.И.* «Слои разрушения X в.» в Херсонесе (к вопросу о последствиях корсунского похода Владимира) // ВВ. 1989. Т. 50. С. 380–386.
- Сорочан С.Б.* Византийский Херсон (вторая половина VI – первая половина X вв.). Очерки истории и культуры. Харьков: Майдан, 2005. Ч. 2. 1644 с.
- Хапаев В.В.* Разрушение Херсонеса на рубеже X–XI веков: к изучению причин // Бахчисарайский историко-археологический сборник. Симферополь, 2008. Вып. 3. С. 143–160.
- Хапаев В.В.* Некрополи средневекового Херсона как источник по истории города в начале XI века // Материалы по археологии и истории античного и средневекового Крыма. 2012. Вып. IV. С. 77–84.
- Якобсон А.Л.* Раннесредневековый Херсонес. Очерки истории материальной культуры // МИА. 1959. № 63. 364 с.
- Agamennone G.* Come e quando rovinò il tempio di Venere Genitrice // Bollettino della Società Sismologica Italiana. Roma, 1935. Vol. XXXIII. P.109–118.
- Altunell E., Stewart I.S., Barka A., Piccardi L.* Earthquake Faulting at Ancient Cnidus, SW Turkey // Turkish Journal of Earth Sciences. 2003. Vol. 12. P. 137–151.
- Berberian M., Yeats R.S.* Contribution of archaeological data to studies of earthquake history in the Iranian Plateau // Journal of Structural Geology. 2001. Vol. 23 (2–3). P. 563–584.
- Bottari C., Barbano M.S., Pirrotta C., Azzaro R., Ristuccia G., Gueli A.* Archaeological evidence for a possible first century AD earthquake in the necropolis of Abakainon (NE Sicily) // Quaternary International. 2013. XXX. P. 1–10.
- Christoskov L., Gergova D., Iliev I., Rizzo V.* Traces of seismic effects on archaeological sites in Bulgaria // Annali di Geofisica. 1995. Vol. XXXVIII. № 5–6. P. 907–918.
- De Rossi M.S.* La antica basilica di S. Petronilla presso Roma testè scoperta crollata per terremoto // Bullettino del Vulcanismo Italiano. 1874. 1. P. 62–65.
- Erell T.L., Adatepe F.* Traces of Historical earthquakes in the ancient city life at the Mediterranean region // Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment. 2007. Vol.13. P. 241–252.
- Evans A.* The Palace of Minos at Knossos. London, 1928. Vol. II (I). 390 p.
- Galadini, F., Hinzen, K.G., Stiros, S.* Archaeoseismology: methodological issues and procedure // Journal of Seismology. 2006. 10. P. 395–414.
- Galadini F.* Defining the Causes of Ancient Building Collapse (Structural Decaying Vs. Seismic Shaking) in Archaeological Deposits of Central Italy // II Quaternario. Italian Journal of Quaternary Sciences. 2009. 22(1). P. 73–82.
- Gallia P., Galadini F.* Surface faulting of archaeological relics. A review of case histories from the Dead Sea to the Alps // Tectonophysics. 2001. Vol. 335 (3–4). P. 291–312.
- Giner-Robles J.L., Rodríguez-Pascua M.A., Pérez-López R., Silva P.G., Bardají T., Grützner C., Reichert K.* (Eds). Structural analysis of Earthquake Archaeological Effects (EAE): Baelo Claudia Examples (Cádiz, South Spain). Field Training Course Notebook // 1<sup>st</sup> INQUA-IGCP 567 International Workshop on Earthquake Archaeology and Palaeoseismology. Vol. 2. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 2009. 66 p.
- Giner-Robles J.L., Pérez López R., Silva Barroso P., Rodríguez-Pascua M.A., Bardají A.T., Lario G.J., Garduño-Moroy V.H.* Archaeoseismology as an emerging science. Natural risks // Seguridad y Medio Ambiente. 2012. № 128. Available at: <http://www.mapfre.com/fundacion/html/revistas/seguridad/n128/en/article2.html> (accessed: 29.02.2016).

## Завадская И.А. Проблемы интерпретации слоев ...

- Giner-Robles J.L., Martín-González F., Pérez-López R., Rodríguez-Pascua M.A., Silva P.G.* Oriented Fall Structures (Earthquake Archaeological Effect). A Review in Instrumental Earthquakes // Pérez-López R., Silva P.G., Rodríguez Pascua M.A., Garduño-Monroy V.H., Suarez G., Reicherter K. (Eds.). Proceedings of the 3<sup>rd</sup> INQUA-IGCP-567 International Workshop on Active Tectonics, Paleoseismology and Archaeoseismology, 19-24 November 2012, Morelia, Mexico. Morelia, Mexico, 2012a. P. 51–54.
- Guerrieri L., Blumetti A.M., Esposito E., Michetti A.M., Porfido S., Vittori E., Serva L.* The ESI 2007 intensity scale and the EEE Catalogue // 2<sup>nd</sup> INQUA-IGCP-567 International Workshop on Active Tectonics, Earthquake Geology, Archaeology and Engineering, Corinth, Greece (2011). Available at: <http://www.isprambiente.gov.it/files/progetti/inqua/inqua-corinto-workshop-guerrieri.pdf> (accessed: 29.02.2016).
- Hinzen K.G., Fleischer C., Reamer S.K., Schreiber S., Schütte S., Yerli B.* Quantitative methods in archaeoseismology // Pérez-López R., Grützner C., Lario J., Reicherter K., Silva P.G. (Eds.). Archaeoseismology and Palaeoseismology in the Alpine-Himalayan Collisional Zone: Abstracts Volume of the 1<sup>st</sup> INQUA-IGCP 567 International Workshop on Earthquake Archaeology and Palaeoseismology, 7<sup>th</sup>-13<sup>th</sup> September 2009, Baelo Claudia (Cádiz, Spain). Madrid, 2009. P. 50-51.
- Hinzen K.-G.* Archaeoseismology – How quantitative does it have to be? // European Seismological Commission 32<sup>nd</sup> General Assembly, September 6-10, 2010, Montpellier, France. Abstract. Available at: <http://www.emsc-csem.org/Files/docs/esc2010/abstract/archaeoseismology.pdf> (accessed: 29.02.2016).
- Hinzen K.-G., Fleischer C., Reamer S.K., Schreiber S., Schütte S., Yerli B.* Quantitative methods in archaeoseismology // Quaternary International. 2011. 242 (1). P. 31-41.
- Hinzen K.G.* Rotation of vertically oriented objects during earthquakes // Journal of Seismology. 2012. 16. doi: 10.1007/s10950-011-9255-6.
- Karcza I., Kafri U.* Evaluation of supposed archaeoseismic damage in Israel // Journal of Archaeological Science. 1978. Vol. 5 (3). P. 237–253.
- Kazmer M., Major B.* Distinguishing damages from two earthquakes – Archaeoseismology of a Crusader castle (Al-Marqab citadel, Syria) // The Geological Society of America. Special Paper 471: Ancient Earthquakes. 2010. P. 185–198.
- Klaus R.* Frontiers of Earthquake Archaeology: The Olympia and Samicum Cases (Peloponnese, Greece) // Proceedings of the 2<sup>nd</sup> INQUA-IGCP 567 International Workshop on Active Tectonics, Earthquake Geology, Archaeology and Engineering 19-24 September 2011 Corinth (Greece). Vol. 2: Grützner C., Pérez-López R., Fernández-Steeger T., Papanikolaou I., Reicherter K., Silva P.G., Vött A. (Eds.). Earthquake Geology and Archaeology: Science, Society and Critical facilities. Corinth, 2011. P. 194–197.
- Kovach R.L.* Early earthquakes of the Americas. Cambridge: Cambridge University Press, 2004. 268 p.
- Lanciani R.* Segni di terremoti negli edifizii di Roma antica // Bullettino della Commissione Archeologica Comunale di Roma. 1918. Vol. 45.1917. P. 1-28.
- Lunina O.V., Mart Y., Gladkov A.S.* Fracturing patterns, stress fields and earthquakes in the Southern Dead Sea rift // Journal of Geodynamics. Vol. 40. 2005. P. 216–234.
- Marco S.* Recognition of earthquake-related damage in archaeological sites: examples from the Dead Sea fault zone // Tectonophysics. 2008. Vol. 453. P. 148–156.
- Martín-González F., Martín-Velazquez S., Rodriguez-Pascua M.A., Pérez-López R., Silva P.* Validation of the Earthquake Archaeological Effects methodology by studying the San Clemente Cemetery Damages generated during the Lorca Earthquake of 2011 // Geophysical Research Abstracts. Vol. 16. 2014.
- Michetti, A.M., Esposito E., Guerrieri L., Porfido S., Serva L., Tatevossian R., Vittori E., Audemard F., Azuma T., Clague J., Comerci V., Gürpınar A., Mc Calpin J., Mohammadioun B., Mörner N.A., Ota Y., Roghözin E.* Environmental Seismic Intensity scale - ESI 2007 // Memorie Descrittive Della Carta Geologica D'Italia. Roma: SystemCart, 2007. Vol. 74. 50 p.

- Mistler M., Butenweg C., Meskouris K.* Modelling methods of historic masonry buildings under seismic excitation // *Journal of Seismology*. Vol. 10. 2006. P. 497–510.
- Nikonov A.A.* On the methodology of archaeoseismic research into historical monuments // *Marinos P.G., Koukis G.C. (Eds.) Engineering Geology of Ancient Works, Monuments and Historical Sites, Preservation and Protection*. Balkema, Rotterdam, 1988. P. 1315–1320.
- Pérez-López R., Giner-Robles J.L., Rodríguez-Pascua M.A., Martín-González F., García Mayordomo J., Álvarez-Gómez J.A., Rodríguez-Peces M.J., Insua-Árvalo J.M., Martínez-Díaz J.J. and Silva P.G.* Testing Archaeoseismological Techniques with Instrumental Seismic Data caused by the Mw 5.1 Lorca Earthquake (5-11-2011, SE of Spain) // *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> INQUA-IGCP 567 International Workshop on Active Tectonics, Earthquake Geology, Archaeology and Engineering 19-24 September 2011 Corinth (Greece)*. Vol. 2: Grützner C., Pérez-López R., Fernández-Steeger T., Papanikolaou I., Reicherter K., Silva P.G., Vött A. (Eds.). *Earthquake Geology and Archaeology: Science, Society and Critical facilities*. Corinth, 2011. P. 190–193.
- Polymenakos L., Papamarinopoulos S., Miltiadou A., Charkiolakis N.* Investigation of the foundations of a Byzantine church by three-dimensional seismic tomography // *Journal of Applied Geophysics*. 2005. Vol. 57 (2). P. 81–93.
- 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) for structural strain analysis in Archaeoseismology // *Pérez-López R., Grützner C., Lario J., Reicherter K., Silva P.G. (Eds.) Archaeoseismology and Palaeoseismology in the Alpine-Himalayan Collisional Zone: Abstracts Volume of the 1<sup>st</sup> INQUA-IGCP 567 International Workshop on Earthquake Archaeology and Palaeoseismology, 7<sup>th</sup>-13<sup>th</sup> September 2009, Baelo Claudia (Cádiz, Spain)*. Madrid, 2009. P. 114–117.
- 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 International*. 2011. Vol. 242 (1). P. 20–30.
- Rodríguez-Pascua M.A., Silva P.G., Perucha Atienza M.A., Giner-Robles J.L., Pérez-López R.* Earthquake Archaeological Effects generated by the Lisbon Earthquake (First of November 1755) in the Coria'S Cathedral (Cáceres, Western Spain) // *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> INQUA-IGCP 567 International Workshop on Active Tectonics, Earthquake Geology, Archaeology and Engineering 19-24 September 2011 Corinth (Greece)*. Vol. 2: Grützner C., Pérez-López R., Fernández-Steeger T., Papanikolaou I., Reicherter K., Silva P.G., Vött A. (Eds.). *Earthquake Geology and Archaeology: Science, Society and Critical facilities*. Corinth, 2011. P. 204–206.
- Sbeinati M.R., Darawcheh R., Mouty M.* Field archaeological evidences of seismic effects in Syria // *EC project «Review of Historical Seismicity in Europe» (RHISE) 1989-1993*. Available at: [http://emidius.mi.ingv.it/RHISE/ii\\_17sbe/ii\\_17sbe.html](http://emidius.mi.ingv.it/RHISE/ii_17sbe/ii_17sbe.html) (accessed: 29.02.2016).
- Silva P.G., Borja F., Zazo C., Goy J.L., Bardají T., De Luque L., Lario J., Dabrio C.J.* Archaeoseismic record at the ancient Roman City of Baelo Claudia (Cádiz, south Spain) // *Tectonophysics*. 2005. Vol. 408 (1–4). P. 129–146.
- Sintubin M., Stewart I.S., Niemi T., Altunel E.* Archaeoseismology: Past, present and future // *Pérez-López R., Grützner C., Lario J., Reicherter K., Silva P.G. (Eds.) Archaeoseismology and Palaeoseismology in the Alpine-Himalayan Collisional Zone: Abstracts Volume of the 1st INQUA-IGCP 567 International Workshop on Earthquake Archaeology and Palaeoseismology, 7<sup>th</sup>-13<sup>th</sup> September 2009, Baelo Claudia (Cádiz, Spain)*. Madrid, 2009. P. 147–149.
- Sintubin M.* Archaeoseismology: Past, present and future // *Quaternary International*. 2011. Vol. 242 (1). P. 4–10.
- Stiros S.C.* Archaeology – A tool to study active tectonics // *Eos, Transactions American Geophysical Union*. 1988. Vol. 69 (50). P. 1633-1639.
- Stiros S.C.* Identification of Earthquakes from Archaeological Data: Methodology, Criteria and Limitations //

## Завадская И.А. Проблемы интерпретации слоев ...

- Stiros, S. and Jones, R., (Eds.). *Archaeoseismology*. Fitch Laboratory Occasional Paper 7. British School at Athens, 1996. P. 129-152.
- Stiros S.C. Historical seismicity, palaeoseismicity and seismic risk in Western Macedonia, Northern Greece // *Journal of Geodynamics*. 1998. Vol. 26 (2-4). P. 271-287.

### REFERENCES

- Antonova I.A., Nikonov A.A. Sledy razrushitel'nykh zemletriasenii v Khersonese i okrestnostiakh v rimskoe vremia i v rannem srednevekov'e. *Beliaev S.A. (Ed.). Ocherki po istorii khristianskogo Khersonesa* St. Petersburg, Aleteia Publ., 2009, pp. 14-51.
- Belov G.D. *Otchet o raskopkakh v Khersonese za 1935-1936 gg.* Simferopol', Gos. izdatel'stvo Krymskoi ASSR Publ., 1938, 349 p.
3. Belov G.D. Raskopki v severnoi chasti Khersonesa v 1931-1933 gg. *Materialy i issledovaniya po arkheologii SSSR*, 1941, N 4, pp. 202-267.
- Beliaev S.A. «Bazilika na kholme» v Khersonese i «tserkov' na gore» v Korsuni, postroennaia kniazem Vladimirom. *Byzantinorussica*, Moscow, 1994, N 1, pp. 7-47.
- Vinokurov N.I., Nikonov A.A. O sledakh zemletriasenii antichnogo vremeni na zapade Evropeiskogo Bospora. *Rossiiskaia arkheologiia*, 1998, N 4, pp. 98-113.
- Vinokurov N.I. Seismicheskie deformatsii kamennykh sklepov nekropolia Artezian. *Materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii "IV Bosporskie chteniia. Bospor Kimmeriiskii i varvarkii mir v period antichnosti i srednevekov'ia"*. Kerch', 2003, pp. 51-55.
- Zavadskaiia I.A. Katastrofa v Khersonese v kontse X-XI vv.: kritika gipotezy o zemletriasenii. *Materialy po arkheologii, istorii i etnografii Tavrii*, 2010, vol. XVI, pp. 456-487.
- Корженков А.М., Мазор Э. Признаки сейсмических повреждений в руинах древних городов в пустыне Негев, Израиль // *Геотектоника*. Korzhenkov A.M., Mazor E. Priznaki seismicheskikh povrezhdenii v ruinakh drevnikh gorodov v pustynе Negev, Izrail'. *Geotektonika*, 2013, N 1, pp. 59-73.
- Nikonov A.A. K metodologii arkheoseismicheskikh issledovaniy pamiatnikov proshlogo. *Istochniki i vozdeistvie razrushitel'nykh seismicheskikh kolebanii. Voprosy inzhenernoi seismologii*, Moscow, 1990, vol. 31, pp. 137-142.
- Nikonov A.A. Obrushenie navesov i nish: opyt issledovaniy v Krymu. *Geomorfologiia*, 1996, N 4, pp. 65-74.
- Nikonov A.A. Seismicheskii potentsial Krymskogo regiona: sravnenie regional'nykh kart i parametrov vyjavlennykh sobytii. *Fizika Zemli*, 2000, N 7, pp. 53-62.
- Pustovitenko B.G., Kul'chitskii V.E., Pustovitenko A.A. Novye karty obshchego seismicheskogo raionirovaniia territorii Ukrainy. Osobennosti modeli dolgovremennoi seismicheskoi opasnosti. *Geofizicheskii zhurnal*, 2006, vol. 28, N 3, pp. 54-77.
- Romanchuk A.I. «Sloi razrusheniia X v.» v Khersonese (k voprosu o posledstviakh korsunskogo pokhoda Vladimira). *Vizantiiskiy vremeni*, 1989, vol. 50, pp. 380-386.
- Sorochan S.B. *Vizantiiskii Kherson (vtoraia polovina VI – pervaiia polovina X vv.)*. *Ocherki istorii i kul'tury*. Khar'kov, Maidan Publ., 2005, vol. 2, 1644 p.
- Khapaev V.V. Razrushenie Khersonesa na rubezhe X-XI vekov: k izucheniiu prichin. *Bakhchisaraiskii istoriko-arkheologicheskii sbornik*, Simferopol', 2008, vol. 3, pp. 143-160.
- Khapaev V.V. Nekropoli srednevekovogo Khersona kak istochnik po istorii goroda v nachale XI veka. *Materialy po arkheologii i istorii antichnogo i srednevekovogo Kryma*, 2012, vol. IV, pp. 77-84.
- Iakobson A.L. Rannesrednekovyi Khersones. Ocherki istorii material'noi kul'tury. *Materialy i issledovaniya po arkheologii SSSR*, 1959, N 63, 364 p.
- Agamennone G. Come e quando rovinò il tempio di Venere Genitrice. *Bollettino della Società Sismologica Italiana*, Roma, 1935, vol. XXXIII, pp. 109-118.
- Altunel I.E., Stewart I.S., Barka A., Piccardi L. Earthquake Faulting at Ancient Cnidus, SW Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 2003, vol. 12, pp. 137-151.

## Боспорские исследования, вып. XXXIII

- Berberian M., Yeats R.S. Contribution of archaeological data to studies of earthquake history in the Iranian Plateau. *Journal of Structural Geology*, 2001, vol. 23 (2–3), pp. 563–584.
- Bottari C., Barbano M.S., Pirrotta C., Azzaro R., Ristuccia G., Gueli A. Archaeological evidence for a possible first century AD earthquake in the necropolis of Abakainon (NE Sicily). *Quaternary International*, 2013, vol. XXX, pp. 1–10.
- Christoskov L., Gergova D., Iliev I., Rizzo V. Traces of seismic effects on archaeological sites in Bulgaria. *Annali di Geofisica*, 1995, vol. XXXVIII, N 5-6, pp. 907–918.
- De Rossi M.S. La antica basilica di S. Petronilla presso Roma testè discoperta crollata per terremoto. *Bullettino del Vulcanismo Italiano*, 1874, vol. 1, pp. 62–65.
- Erel T.L., Adatepe F. Traces of Historical earthquakes in the ancient city life at the Mediterranean region. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, 2007, vol.13, pp. 241–252.
- Evans A. *The Palace of Minos at Knossos*. London, 1928, vol. II (I), 390 p.
- Galadini, F., Hinzen, K.G., Stiros, S. Archaeoseismology: methodological issues and procedure. *Journal of Seismology*, 2006, vol. 10, pp. 395–414.
- Galadini F. Defining the Causes of Ancient Building Collapse (Structural Decaying Vs. Seismic Shaking) in Archaeological Deposits of Central Italy. *II Quaternario. Italian Journal of Quaternary Sciences*, 2009, 22(1), pp. 73–82.
- Gallia P., Galadini F. Surface faulting of archaeological relics. A review of case histories from the Dead Sea to the Alps. *Tectonophysics*, 2001, vol. 335 (3–4), pp. 291–312.
- Giner-Robles J.L., Rodríguez-Pascua M.A., Pérez-López R., Silva P.G., Bardají T., Grützner C., Reicherter K. (Eds). Structural analysis of Earthquake Archaeological Effects (EAE): Baelo Claudia Examples (Cádiz, South Spain). Field Training Course Notebook. *1<sup>st</sup> INQUA-IGCP 567 International Workshop on Earthquake Archaeology and Palaeoseismology*, vol. 2. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 2009, 66 p.
- Giner-Robles J.L., Pérez López R., Silva Barroso P., Rodríguez-Pascua M.A., Bardají A.T., Lario G.J., Garduño-Moroy V.H. Archaeoseismology as an emerging science. Natural risks. *Seguridad y Medio Ambiente*, 2012, № 128. Available at: <http://www.mapfre.com/fundacion/html/revistas/seguridad/n128/en/article2.html> (accessed: 29.02.2016).
- Giner-Robles J.L., Martín-González F., Pérez-López R., Rodríguez-Pascua M.A., Silva P.G. Oriented Fall Structures (Earthquake Archaeological Effect). A Review in Instrumental Earthquakes. Pérez-López R., Silva P.G., Rodríguez Pascua M.A., Garduño-Monroy V.H., Suarez G., Reicherter K. (Eds.). *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> INQUA-IGCP-567 International Workshop on Active Tectonics, Paleoseismology and Archaeoseismology, 19-24 November 2012*, Morelia, Mexico. Morelia, Mexico, 2012a, pp. 51–54.
- Guerrieri L., Blumetti A.M., Esposito E., Michetti A.M., Porfido S., Vittori E., Serva L. The ESI 2007 intensity scale and the EEE Catalogue. *2<sup>nd</sup> INQUA-IGCP-567 International Workshop on Active Tectonics, Earthquake Geology, Archaeology and Engineering, Corinth, Greece (2011)*. Available at: <http://www.isprambiente.gov.it/files/progetti/inqua/inqua-corinto-workshop-guerrieri.pdf> (accessed: 29.02.2016).
- Hinzen K.G., Fleischer C., Reamer S.K., Schreiber S., Schütte S., Yerli B. Quantitative methods in archaeoseismology. Pérez-López R., Grützner C., Lario J., Reicherter K., Silva P.G. (Eds.). *Archaeoseismology and Palaeoseismology in the Alpine-Himalayan Collisional Zone: Abstracts Volume of the 1<sup>st</sup> INQUA-IGCP 567 International Workshop on Earthquake Archaeology and Palaeoseismology, 7<sup>th</sup>-13<sup>th</sup> September 2009, Baelo Claudia (Cádiz, Spain)*. Madrid, 2009, pp. 50-51.
- Hinzen K.-G. Archaeoseismology – How quantitative does it have to be? *European Seismological Commission 32nd General Assembly, September 6-10, 2010, Montpellier, France. Abstract*. Available at: <http://www.emsc-csem.org/Files/docs/esc2010/abstract/archaeoseismology.pdf> (accessed: 29.02.2016).
- Hinzen K.-G., Fleischer C., Reamer S.K., Schreiber S., Schütte S., Yerli B. Quantitative methods in archaeoseismology. *Quaternary International*, 2011, vol. 242 (1), pp. 31–41.

## Завадская И.А. Проблемы интерпретации слоев ...

- Hinzen K.G. Rotation of vertically oriented objects during earthquakes. *Journal of Seismology*, 2012, 16. doi: 10.1007/s10950-011-9255-6.
- Karcza I., Kafri U. Evaluation of supposed archaeoseismic damage in Israel. *Journal of Archaeological Science*, 1978, Vol. 5 (3), pp. 237–253.
- Kazmer M., Major B. Distinguishing damages from two earthquakes – Archaeoseismology of a Crusader castle (Al-Marqab citadel, Syria). *The Geological Society of America. Special Paper 471: Ancient Earthquakes*, 2010, pp. 185–198.
- Klaus R. Frontiers of Earthquake Archaeology: The Olympia and Samicum Cases (Peloponnese, Greece). *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> INQUA-IGCP 567 International Workshop on Active Tectonics, Earthquake Geology, Archaeology and Engineering 19-24 September 2011 Corinth (Greece)*. Vol. 2: Grützner C., Pérez-López R., Fernández-Steeger T., Papanikolaou I., Reicherter K., Silva P.G., Vött A. (Eds.). *Earthquake Geology and Archaeology: Science, Society and Critical facilities*. Corinth, 2011, pp. 194–197.
- Kovach R.L. *Early earthquakes of the Americas*. Cambridge, Cambridge University Press, 2004, 268 p.
- Lanciani R. Segni di terremoti negli edifizii di Roma antica. *Bullettino della Commissione Archeologica Comunale di Roma*, 1918, vol. 45.1917, pp. 1–28.
- Lunina O.V., Mart Y., Gladkov A.S. Fracturing patterns, stress fields and earthquakes in the Southern Dead Sea rift. *Journal of Geodynamics*, 2005, vol. 40, pp. 216–234.
- Marco S. Recognition of earthquake-related damage in archaeological sites: examples from the Dead Sea fault zone. *Tectonophysics*, 2008, vol. 453, pp. 148–156.
- Martín-González F., Martín-Velázquez S., Rodríguez-Pascua M.A., Pérez-López R., Silva P. Validation of the Earthquake Archaeological Effects methodology by studying the San Clemente Cemetery Damages generated during the Lorca Earthquake of 2011. *Geophysical Research Abstracts*, 2014, vol. 16.
- Michetti, A.M., Esposito E., Guerrieri L., Porfido S., Serva L., Tatevossian R., Vittori E., Audemard F., Azuma T., Clague J., Comerci V., Gürpınar A., Mc Calpin J., Mohammadioun B., Mörrner N.A., Ota Y., Roghazin E. Environmental Seismic Intensity scale - ESI 2007. *Memorie Descrittive Della Carta Geologica D'Italia*, Roma: SystemCart Publ., 2007, vol. 74, 50 p.
- Mistler M., Butenweg C., Meskouris K. Modelling methods of historic masonry buildings under seismic excitation, *Journal of Seismology*, 2006, vol. 10, pp. 497–510.
- Nikonov A.A. On the methodology of archaeoseismic research into historical monuments. *Marinos P.G., Koukis G.C. (Eds.) Engineering Geology of Ancient Works, Monuments and Historical Sites, Preservation and Protection*. Balkema, Rotterdam, 1988, pp. 1315–1320.
- Pérez-López R., Giner-Robles J.L., Rodríguez-Pascua M.A., Martín-González F., García Mayordomo J., Álvarez-Gómez J.A., Rodríguez-Peces M.J., Insua-Árvalo J.M., Martínez-Díaz J.J. and Silva P.G. Testing Archaeoseismological Techniques with Instrumental Seismic Data caused by the Mw 5.1 Lorca Earthquake (5-11-2011, SE of Spain). *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> INQUA-IGCP 567 International Workshop on Active Tectonics, Earthquake Geology, Archaeology and Engineering 19-24 September 2011 Corinth (Greece)*. Vol. 2: Grützner C., Pérez-López R., Fernández-Steeger T., Papanikolaou I., Reicherter K., Silva P.G., Vött A. (Eds.). *Earthquake Geology and Archaeology: Science, Society and Critical facilities*. Corinth, 2011, pp. 190–193.
- Polymenakos L., Papamarinopoulos S., Miltiadou A., Charkiolakis N. Investigation of the foundations of a Byzantine church by three-dimensional seismic tomography. *Journal of Applied Geophysics*, 2005, vol. 57 (2), pp. 81–93.
- 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) for structural strain analysis in Archaeoseismology. *Pérez-López R., Grützner C., Lario J., Reicherter K., Silva P.G. (Eds.) Archaeoseismology and Palaeoseismology in the Alpine-Himalayan Collisional Zone: Abstracts Volume of the 1<sup>st</sup> INQUA-IGCP 567 International Workshop on Earthquake Archaeology and Palaeoseismology, 7<sup>th</sup>-13<sup>th</sup> September 2009, Baelo Claudia (Cádiz, Spain)*. Madrid, 2009, pp. 114–117.
- 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 International*, 2011, vol. 242 (1), pp. 20–30.
- Rodríguez-Pascua M.A., Silva P.G., Perucha Atienza M.A., Giner-Robles J.L., Pérez-López R. Earthquake Archaeological Effects generated by the Lisbon Earthquake (First of November 1755) in the Coria'S Cathedral (Cáceres, Western Spain). *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> INQUA-IGCP 567 International Workshop on Active Tectonics, Earthquake Geology, Archaeology and Engineering 19-24 September 2011 Corinth (Greece)*. Vol. 2: Grützner C., Pérez-López R., Fernández-Steege T., Papanikolaou I., Reicherter K., Silva P.G., Vött A. (Eds.). *Earthquake Geology and Archaeology: Science, Society and Critical facilities*. Corinth, 2011, pp. 204–206.
- Sbeinati M.R., Darawcheh R., Mouty M. Field archaeological evidences of seismic effects in Syria. *EC project «Review of Historical Seismicity in Europe» (RHISE) 1989-1993*. Available at: [http://emidius.mi.ingv.it/RHISE/ii\\_17sbe/ii\\_17sbe.html](http://emidius.mi.ingv.it/RHISE/ii_17sbe/ii_17sbe.html) (accessed: 29.02.2016).
- Silva P.G., Borja F., Zazo C., Goy J.L., Bardají T., De Luque L., Lario J., Dabrio C.J. Archaeoseismic record at the ancient Roman City of Baelo Claudia (Cádiz, south Spain). *Tectonophysics*, 2005, vol. 408 (1–4), pp. 129–146.
- Sintubin M., Stewart I.S., Niemi T., Altunel E. Archaeoseismology: Past, present and future. Pérez-López R., Grützner C., Lario J., Reicherter K., Silva P.G. (Eds.). *Archaeoseismology and Palaeoseismology in the Alpine-Himalayan Collisional Zone: Abstracts Volume of the 1st INQUA-IGCP 567 International Workshop on Earthquake Archaeology and Palaeoseismology, 7<sup>th</sup>-13<sup>th</sup> September 2009, Baelo Claudia (Cádiz, Spain)*. Madrid, 2009, pp. 147–149.
- Sintubin M. Archaeoseismology: Past, present and future. *Quaternary International*, 2011, vol. 242 (1), pp. 4–10.
- Stiros S.C. Archaeology – A tool to study active tectonics. *Eos, Transactions American Geophysical Union*. 1988, vol. 69 (50), pp. 1633–1639.
- Stiros S.C. Identification of Earthquakes from Archaeological Data: Methodology, Criteria and Limitations. *Stiros S. and Jones R. (Eds.). Archaeoseismology. Fitch Laboratory Occasional Paper 7*. British School at Athens, 1996, pp. 129-152.
- Stiros S.C. Historical seismicity, palaeoseismicity and seismic risk in Western Macedonia, Northern Greece. *Journal of Geodynamics*, 1998, vol. 26 (2–4), pp. 271–287.

### Резюме

В статье рассматриваются проблемы, связанные с выяснением причин образования слоев разрушения на археологических памятниках и проверкой гипотез о древних до-инструментальных землетрясениях. Поскольку последствия разрушений природного и антропогенного происхождения могут быть во многом похожи, для правильной интерпретации причин разрушения необходимо проведение комплексных междисциплинарных археосейсмологических исследований, объединяющих усилия разных ученых – археологов, геологов, геофизиков, сейсмологов, архитекторов, инженеров, историков и др. Автор приводит сведения о современном состоянии археосейсмологии и ее методах исследования. В статье подвергнуты критике «новые» аргументы в защиту гипотезы о разрушительном землетрясении, которое якобы имело место в Херсоне (Херсонесе) в XI в. Доказательная база гипотезы основана только на отчетных материалах археологических раскопок разных лет, зачастую понятых и трактованных неверно. В этих отчетах не зафиксированы повреждения указанного времени, которые можно было бы трактовать как первичные косейсмические эффекты. Археосейсмологические исследования на территории и в округе городища Херсонеса до сих пор не проводились.

*Ключевые слова:* археосейсмологические исследования, археологические эффекты землетрясений, слои разрушения, гипотезы о землетрясениях, Херсонес/Херсон, X–XI вв.



#### Summary

The article examines the problems associated with the studying of the causes of the destruction layers at archaeological sites and testing hypotheses about the ancient pre-instrumental earthquakes. Since the devastation of natural and anthropogenic origin may be similar in many ways, for the correct interpretation of the causes of destruction it is necessary to conduct comprehensive interdisciplinary archaeoseismological investigation, bringing together the efforts of various scientists - archaeologists, geologists, geophysicists, seismologists, architects, engineers, historians, and others. The author provides information about the current state of archaeoseismology and its research methods. The article criticizes «new» arguments in favor of the hypothesis of the devastating earthquake, which allegedly took place in Chersonese in the XI century. Evidence base of the hypothesis is based only on the accounting materials of archaeological excavations of different years, which have been often understood and interpreted incorrectly. No damage of specified time, which could be interpreted as a primary co-seismic effects has been registered in these reports. Archaeoseismological research in the territory and the Chersonesus settlement vicinity has not been carried out yet.

*Key words:* archaeoseismological investigation, earthquake archaeological effects, destruction layers, archaeoseismic hypothesis, Chersonesos/Cherson, 10<sup>th</sup>–11<sup>th</sup> centuries.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Завадская Ирина Анатольевна, к.и.н.  
Научно-исследовательского центра истории и археологии Крыма  
Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского,  
РФ, Республика Крым,  
ведущий научный сотрудник.  
zavetskaya\_irina@mail.ru.

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Zavatskaia Irina Anatol'evna, CSc  
Research Centre of History and Archaeology of the Crimea  
of the Crimean Federal University named after Vernadsky V.I.,  
the Russian Federation, Republic of Crimea,  
Leading Researcher.  
zavetskaya\_irina@mail.ru.