

УДК 550.3

**СЕЙСМИЧЕСКИЕ ДЕФОРМАЦИИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ
КОНСТРУКЦИЯХ АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО ПАМЯТНИКА
НЕАПОЛЬ - СКИФСКИЙ, КРЫМ**

А.М. Корженков, А.Н. Овсюченко, А.С. Ларьков

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

С использованием кинематических индикаторов нам удалось выявить сейсмические деформации в руинах древнего города Неаполь-Скифский в Крыму. Город был разрушен землетрясением с местной сейсмической интенсивностью 7-8 баллов, вследствие подвижек по близ расположенной сейсмогенерирующей зоне по всей видимости в 3 веке н.э.

Ключевые слова: археосейсмология, сейсмические деформации, кинематические индикаторы, древние землетрясения, Неаполь - Скифский, Крым

**SEISMIC DEFORMATIONS IN BUILDING CONSTRUCTIONS OF
SCYTHIAN - NAPLES ARCHEOLOGICAL MONUMENT, CRIMEA**

A.M. Korzhenkov, A.N. Ovsyuchenko, A.S. Lar'kov

O.Yu. Schmidt Institute of Physics of the Earth, RAS, Moscow, Russia

With the use of kinematic indicators, we were able to identify seismic deformations in the ruins of the ancient city of Naples-Scythian in the Crimea. The city was destroyed by an earthquake with a local seismic intensity of 7-8 points, due to movements in a nearby seismic generating zone, apparently in the 3rd century AD.

Key words: archeo seismology, seismic deformations, kinematic indicators, ancient earthquakes, Scythian Naples, Crimea

Введение

Повреждения, наблюдаемые в древних руинах, могут быть вызваны нижеследующими процессами, такими как результат плохой строительной технологии, выветривание с течением времени (статическое повреждение), разрушения вражескими армиями, или результат землетрясений. Распознавание сейсмической природы повреждений посредством преимущественно ориентированного

обрушения строительных элементов является обычным методом, применяемым в археологии. Данное сообщение адресует потенциальное использование особенностей разрушений, наблюдаемых в древних (так же как и в современных) руинах как количественный инструмент для решения трех главных задач: а – продление сейсмической летописи на временной интервал в тысячи лет, б – локация эпицентров методом независимым от сейсмической сети и дополняющим ее, в – идентификация зон с сейсмически наведенной деформацией сжатия и растяжения.

Особенности сейсмических повреждений, примененные в данном исследовании к археологическому памятнику, были предварительно прокалиброваны нами при исследовании сильных Кочкор-Атинского, Суусамырского (оба в 1992 г.) и Кочкорского (2006 г.) землетрясений в Киргизии [2], а затем использованы нами при археосейсмологических исследованиях в Армении, Германии, Грузии, Израиле, Иордании, Казахстане, Кыргызстане и России.

Неаполь Скифский — древний город, одна из скифских царских крепостей в Крыму, столица позднескифского государства (III век до н. э. — III век н. э.). Упоминается в херсонесском декрете II века до н. э. и в «Географии» Страбона. Большинство исследователей идентифицирует Неаполь Скифский с крупнейшим в Крыму скифским городищем (площадью 20 га), которое располагается на территории нынешнего Симферополя (на невысоком платообразном возвышении Петровские скалы, на территории уже не существующей деревеньки Керменчик). Точное время основания города неизвестно. Наибольшего расцвета он достиг во II веке до н. э. Считается, что город прекратил своё существование после нашествия готов (III век н. э.), однако он упоминается в качестве действующего города в описаниях походов Святослава Киевского (X век н. э.).

Методология исследований

Важность изучения исторически задокументированных землетрясений была давно признана, но их изучение носит скорее качественный характер. Однако древние хорошо сконструированные здания могут рассматриваться как окаменевшие или замороженные сейсмометры. Археологические раскопки разгадывают события сейсмических разрушений, которые могут быть датированы археологическими находками, изредка сопровождаемыми исторической документацией. Систематическая ориентация сейсмических разрушений в древних зданиях позволяет создать банк данных для оценки интенсивности палео - землетрясений и для реконструкции направления распространения сейсмической волны.

Особенности разрушений зданий наблюдались и исследовались многократно по всему миру, но данные по их ориентировке по отношению к эпицентру можно встретить лишь в нескольких сообщениях. Особенности разрушений систематически использовались как независимые индикаторы для определения местоположения эпицентра Суусамырского землетрясения (1992; $M_s = 7,3$; $I_0 = IX-X$), произошедшего в горах Тянь-Шаня Кыргызской Республики. Было найдено, что преимущественная ориентация особенностей деформации находится в соответствии с локальным направлением распространения сейсмической волны, записанной сетью сейсмических станций [2].

Направление обрушения или наклона элементов зданий может быть или по направлению к эпицентру, или от него. Если пораженное место находится в квадранте деформации сжатия, деформация будет вызвана толкающими движениями, приложенными к грунту, приводя к наклону или обрушению в сторону эпицентра. Наоборот, в местах расположенных в квадранте растяжения, деформация производится дергающими движениями, вызывая наклон и обрушение от эпицентра. В любом случае, линия обрушения может быть определена. Эта линия соединяет первоначальную позицию объекта и его положение после землетрясения или соответствует азимуту падения наклоненного элемента. Точки пересечения линий обрушения, замеренные во многих местах, сойдутся в области эпицентра.

Повернутые блоки, кирпичи, камни или постаменты колонн часто наблюдаются в сейсмически пораженной области. Вращение вызывается сдвиговой парой сил, приложенной к плоскому элементу конструкции. Сейсмическая волна, подходящая к зданию параллельно или перпендикулярно к его стенам, приведет к обрушению, смещению или наклону без вращения. Вращение будет иметь место в случаях, где главные напряжения приложены под углом к элементу конструкции и результирующие сдвиговые напряжения высоки. Таким образом, развернутые элементы, находящиеся на перпендикулярно ориентированных стенах, должны иметь противоположное направление вращения, если сейсмический толчок прошел вдоль биссектрисы между двумя стенами.

В геологии известны два механизма вращения, вызванные тектоническими движениями: а – структуры типа книжной полки (*bookshelfstructures*) или блоки повернутые синтетически (*synthetically*) и б – асимметричные структуры, растянутые в стороны (*pull-aparts*) или антитетически (*antithetically*) повернутые блоки (Jordan, 1991). Одинаковое направление вращения может быть получено посредством различных типов напряжений. Эти повернутые блоки названы “антитетическими” или “синтетическими”, потому что по отношению к паре сил простого сдвига возможны два направления вращения. Синтетическая структура сформирована как результат сжатия

действующего параллельно длинной оси элемента, в то время как антитетическая структура развивается, когда растяжение параллельно вытянутому элементу. Таким образом, в тектонике интерпретация структур вращения должна быть предварена определением деформации, которая имела место вдоль повернутого элемента. Подобная двусмысленность не существует в сейсмической интерпретации. Любое латеральное растяжение, приложенное к конструкции, должно привести к ее обрушению или наклону, в то время как вращение может иметь место только в условиях горизонтального сжатия. Это обеспечивает дополнительный критерий для определения деформации, сопровождающей землетрясение: появление повернутых блоков является указанием толкающих (push) движений. Схема, показывающая направление вращения в отношении направления распространения сейсмической волны.

Это обсуждение ведет к дополнительному заключению, объясняющему отсутствие ориентированных наклонов и обрушений в эпицентральной области: ударная волна, движущаяся от гипоцентра под высоким углом к поверхности, приводит к латеральному растяжению, приложенному к строительным конструкциям. Этот факт объясняет, почему в известных современных землетрясениях (Акапулько, 1962; Скопле, 1963; Ташкент, 1966 и др.) области над гипоцентром не показывают систематических наклонов и обрушений, в то время как на некотором расстоянии наклоны и обрушения имеют выраженные направленные образцы.

Полученные результаты

Нами были проведены археосейсмологические исследования на территории раскопанной части древнего города Неаполь-Скифский. Был выявлен комплекс деформаций как в постройках древнего города, так и в скальных грунтах, на которых были построены сооружения.

- Прежде всего, следует отметить раскопки Мавзолея Аргота (ок. 125 г. до н.э.) вероятного основателя крепости в Неаполе Скифском. При раскопках археологами было вынута все, что заполняло древний котлован при строительстве надмогильного сооружения. В настоящее время видно, что днище котлована сечет разрыв (рис. 1) со следами смещения (бороздами скольжения). Важно отметить, что стенки котлована не смещены по разлому, то есть, последнее смещение по нему произошло до строительства мавзолея.

- Деформация дна – плит выстилающих дно ритуального бассейна в северной части раскопанного городища. Скифы не отличались высококачественным строительством (сообщение сотрудников музея Неаполя Скифского), однако трудно себе представить, что ритуальный

бассейн был выстроен столь небрежно. Наиболее вероятна их последующая (после строительства) деформация.



а)



б)

Рис. 1. Раскопанный котлован мавзолея Аргота с секущим его разломом – левым сдвигом (а). О лево-сдвиговой компоненте подвижек говорят субгоризонтальные борозды скольжения (б) и pull-apartgraben вдоль линии разрыва (а)

- Вращения фрагментов стен представлены на рисунке 2.

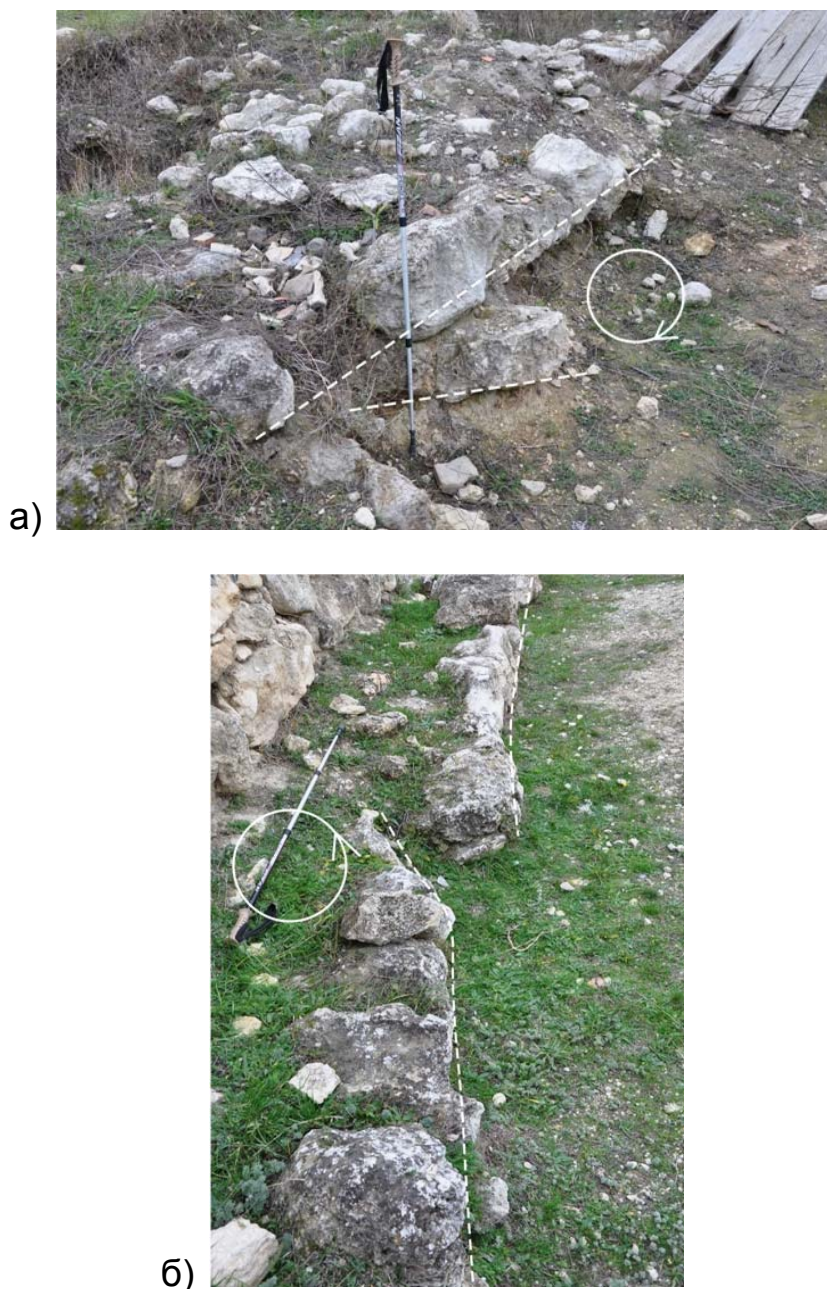


Рис. 2. Вращения рядов каменной кладки в Неаполе скифском.

(а) Поворот нижнего слоя каменной кладки на 20° по часовой стрелке относительно верхнего субширотного слоя кладки. Недавние раскопки Дома «шамана» в северной части раскопанной части города Неаполь скифский.

(б) Разрыв и разворот нижнего сохранившегося ряда кладки против часовой стрелки на 20° в субширотной стене одного из помещений к востоку от «современной» башни. Длина трековой палки 125 см.

- деформация скелета скифского царя Скилура, жившего во II в. до н.э. (рис. 3) произошла, по всей видимости, много позже самого захоронения.



Рис. 3. Археологическая зарисовка в гробнице, где видно смещенное положение скелета царя Скилура, найденного там при раскопках. Смещение черепа к северу произошло много позже захоронения.

Выводы

Нахождение разрыва со смещением на территории Неаполя Скифского, а также значительные развороты фрагментов стен однозначного указывают на сейсмогенный характер разрушений и повреждения в древнем городище. Эпицентральная зона, возможно, располагалась неподалеку от Неаполя, так как в котловане мы видим оперяющий разрыв главного разлома. Местная сейсмическая интенсивность древнего землетрясения(й) была $VII \leq I \leq VIII$, учитывая низкое качество строительства у скифов. Точный возраст землетрясения предстоит определить совместно с местными археологами. Скорее всего, город был разрушен в 3 веке н.э., после чего эта территория была захвачена готами.

Обсуждаемые результаты чрезвычайно важны тем, что впервые были получены параметризованные свидетельства сильных землетрясений в Северо-Крымской сейсмогенерирующей зоне. Она выделяется по косвенным данным о глубинном строении и распределении сейсмогравитационных образований вдоль глубинного разлома, разделяющего Скифскую плиту и альпийское сооружение Горного Крыма. Разлом трассируется по геофизическим и буровым данным под платформенными слабодислоцированными отложениями верхнего мела – кайнозоя [3]. Вдоль упомянутого глубинного разлома вытянута широкая полоса сейсмогенных обвалов и гигантских оползней [1]. Они приурочены к высоким обрывам прочных пород куэстовой моноклинали Горного Крыма и обусловлены благоприятными геоморфологическими и литологическими условиями, в связи с чем их сейсмогенное происхождение остается под вопросом. Сеймотектонические разрывы голоценового возраста в этой полосе до сих пор не выявлены. Однако, сейсмогенные повреждения наблюдаемые в руинах Неаполя Скифского, с большой долей вероятности свидетельствуют о том, что в историческое время землетрясения здесь все же случались.

Исследования в Неаполе-Скифском были проведены при поддержке грантов РФФИ № 15-05-06197, 18-05-01004, 18-35-00521.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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. // Сейсмологический бюллетень Украины за 1997 год. Симферополь: Изд.-во ИГ НАНУ. 1999. С. 101-132.
2. Корженков А.М. Сейсмогеология Тянь-Шаня. Бишкек: Илим, 2006, 290 с.
3. Юдин В.В. Геодинамика Крыма. Симферополь: ДИАЙПИ. 2011. 336 с.