

А.М. КОРЖЕНКОВ, А.Н. ОВСЮЧЕНКО, А.С. ЛАРЬКОВ,
Е.А. РОГОЖИН, О.В. ДИМИТРОВ, Н.И. СУДАРЕВ, Э.Р. УСТАЕВА
A.M. KORZHENKOV, A.N. OVSYUCHENKO, A.S. LAR'KOV,
E.A. ROGOZHIN, O.V. DIMITROV, N.I. SUDAREV, E.R. USTAIEVA

**О СЛЕДАХ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ДРЕВНЕМ ГОРОДЕ
ГЕРМОНАССА-ТМУТАРАКАНЬ И СТРУКТУРНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ
ИХ ОЧАГОВЫХ ЗОН¹
ON TRACES OF THE STRONG EARTHQUAKES IN GERMONASSA-
TMUTARAKAN' ANCIENT CITY AND STRUCTURAL POSITIONS OF
THEIR SOURCE ZONES**

Введение

Сейсмический прогноз – одно из важнейших практических приложений естественно-исторических наук. В основе долгосрочного прогноза лежат знания о повторяемости и геологической позиции сильнейших сейсмических событий того или иного региона. Инструментальные сейсмологические наблюдения ограничиваются началом – серединой XX в. и далеко не всегда удовлетворяют этому условию. В особенности это касается Таманского полуострова, где уже длительное время регистрируются лишь редкие и слабые толчки. Выход из сложившейся ситуации наметился с привлечением данных о землетрясениях более далёкого прошлого, изучаемых методами исторической, палео- и археосейсмологии.

Предлагаемая читателю работа продолжает цикл исследований, направленных на восстановление сейсмической истории Керченско-Таманского региона за последние 2,5–3 тыс. лет [Винокуров и др., 2015; Белик и др., 2016; Корженков и др., 2016а, б; 2018; Масленников и др., 2017; Овсюченко и др., 2015; 2017а, б; Соколова и др., 2017; Molev et al, 2018 и др.]. Исследованный нами древний город уникален. Жизнь здесь с короткими перерывами продолжается уже более двух с половиной тысяч лет – со времени основания греческой колонии в первой половине VI в. до н.э., вплоть до наших дней. Кроме того, Гермонасса-Тмутаракань – один из двух памятников древности на Таманском п-ве (помимо Фанагории), имеющих архитектурные остатки всех основных исторических периодов, хранящие сейсмическую летопись региона. Несмотря на различные политические и этнические перемены, он оставался важным городским и торговым центром с первой половины VI в. до н.э. и вплоть до конца XVII в. Современная история станицы Тамань началась в июле 1771 г., когда майор Раевский, возглавивший присланные сюда из Керчи две роты гренадер и сотню егерей, нашёл старую, почти разрушенную таманскую крепость пустой, так как турецкий гарнизон покинул её за три дня до этого [Мальгин, 2016. С. 113].

¹ Работа выполнена при поддержке госпрограммы исследований ИФЗ РАН, а также грантов РФФИ (гранты № РФФИ 18-55-18014 Болг_а, 18-05-01004 и 18-35-00521).

Метод археосейсмологических исследований

Главными вопросами для оценки сейсмической опасности являются: локализация эпицентров (эпицентральных зон) сильных землетрясений, оценка высвобождаемой энергии (магнитуды) при сейсмических событиях и время (возраст) сейсмокатастроф. Современная инструментальная сейсмология успешно справляется с ответами на эти вопросы, однако надежные результаты сейсмологических наблюдений стали получать лишь в последние 50–70 лет. Совершенно очевидно, что подобный период наблюдений является совершенно недостаточным для достоверного сейсмического районирования, ведь известно, что сильные землетрясения в сейсмически опасных регионах происходят раз в несколько сот – тысяч лет.

Исследованием древних сейсмических событий успешно занимается палеосейсмология. С использованием геологических и геоморфологических методов палеосейсмологи определяют выходы сейсмических очагов на поверхность, производят оценку сейсмических смещений (определяют магнитуду) и с помощью методов абсолютного датирования определяют возраст (повторяемость) сейсмических событий. Изучением этих же вопросов занимается историческая сейсмология. В публикациях, архивах, летописях специалисты по крупным параметризуют сильные древние землетрясения.

Еще одним источником информации о сейсмокатастрофах является археосейсмология. Изучая деформации в археологических и исторических памятниках, ученые-археосейсмологи продляют сейсмическую «летопись» на сотни и тысячи лет.

Наиболее «удобный» для целей археосейсмологии случай представляет выход очага сильного исторического землетрясения на поверхность. При этом разрываются и смещаются строительные конструкции [Klinger et al., 2000; Rukieh et al., 2005; Korjenkov et al., 2006 и др.]. Такие деформации маркируют эпицентральные зоны на поверхности. По величине и направлению смещения строительных элементов (например, городских стен или акведуков) можно определить кинематические характеристики сейсмического события и рассчитать их численные параметры. Время события определяется по возрасту археологических артефактов и данным определения абсолютного возраста. Таким образом, сравнительно легко решаются три главных вопроса сейсмологической науки: где, когда и какой силы.

К сожалению, подобные случаи выходов сейсмических очагов на поверхность и смещений ими древних строительных конструкций крайне редки. Тем более важны и уникальны новые находки подобных деформаций. 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 (например, при изменении местного гидрологического режима).

Метод изучения сейсмических повреждений, примененный в данном исследовании к археологическим объектам, был предварительно прокалиброван нами при исследовании Кочкор-Атинского и Суусамырского землетрясений (оба – 1992 г., Кыргызстан),

Корженков А.М. и др. О следах сильных землетрясений ...

а затем использован при археосейсмологических исследованиях на Ближнем Востоке [Korzhnikov, Mazor, 1999; Korjenkov, Schmidt, 2009; и др.], в Средней Азии [Korjenkov et al., 2003; Корженков и др., 2012; и др.] и Германии [Korjenkov et al., 2008; и др.], на Кавказе и в Крыму [Винокуров и др., 2015; Корженков и др., 2015].

Здания, стены и другие конструкции, построенные из обработанных каменных или глиняных блоков или кирпичей, образуют сеть геометрических линий, составляющих прямоугольники, что позволяет исследователям идентифицировать тип и величину деформаций с точностью в несколько градусов и сантиметров. Систематичность ориентации сейсмических разрушений в древних зданиях позволила создать банк данных для оценки интенсивности исторических землетрясений и реконструкции направления суммарных максимальных сейсмических воздействий.

Полученные данные и их обсуждение

Ниже приводится описание типов сейсмических разрушений и повреждений строительных конструкций на археологическом памятнике Гермонасса-Тмутаракань (рис. 1).

I. Деформации в постройках средневекового времени

Однонаправленные наклоны и обрушения стен близких простираний – характерная особенность повреждений и разрушений в эпицентральных зонах сильных землетрясений. Подобные деформации возникают из-за совместного движения нижних частей зданий вместе с грунтом и инерционного отставания от этого движения верхних частей строительных конструкций. Так, значительный наклон до 77° в южном направлении испытала стена IV (рис. 2) субширотной ориентировки (азимут простирания 100°). Эта деформация наблюдалась нами в одном из строительных комплексов, относящихся к салтово-маяцкому периоду застройки древнего города.

Аналогичное объяснение – следствие силы инерции может быть применено к объяснению выдвижения частей строительных конструкций при сильных землетрясениях. Подобные деформации встречаются как при макросейсмическом обследовании современных сейсмических событий, так и в раскопах древних археологических памятников. Так, например, нижняя часть каменной кладки стены «b» в т.н. 65-2016 в своей северной части дугообразно и плавно выдвинулась к западу (рис. 3). Азимут простирания стены 170° . Камни выдвинулись по азимуту 260° до 15 см.

Выдвижение камней к северу из нижнего ряда каменной кладки (20, 25, 40 см) было отмечено нами в стене “d” этого же дома (т.н. 65-2016). Само исследованное сооружение, расположенное на раскопанном участке жилого квартала города хазарского времени, датируемого IX–X вв. [Чхаидзе, 2008, с. 97], сильно деформировано валообразным поднятием грунта (рис. 4). Оставшаяся каменная кладка – преимущественно окатанные валуны, сложенные в «ёлочку». Ширина стен в их нижней сохранившейся части 80–90 см, остаточная высота – до 60 см. Следует отметить также, что плиты вымостки на крутом и коротком крыле вала сильно

наклонились к морю под углом до 30° . Зачастую эти плиты сильно расколоты, представляя собой «битую тарелку».

Необычный стиль деформации, который обычно не замечают археологи, это **сколы** – косые разрывы каменной кладки со смещением. Подобные повреждения возникают в стенах в том случае, когда направление максимальных сейсмических колебаний совпадает или близко к простирающему вытянутой строительной конструкции. Один из таких сколов был зафиксирован нами в т.н. 65-2016 в стене «е» (см. рис. 3). Сколотым оказался фрагмент стены длиной 1 м, шириной 90 см и высотой до 60 см. Этот фрагмент в месте скола сместился к западу на 25 см и повернулся по часовой стрелке на 7° .

Сильные колебания стены IV (т.н. 61-2016) привели к ее разрыву, выдвигению к югу и повороту по часовой стрелке части стены по сколовой трещине (рис. 5). Еще один подобный скол имеется в меридиональной стене в 3 метрах западнее строительного комплекса в т.н. 61-2016. Здесь имел место разрыв строительной конструкции, ее смещение в латеральном направлении на 18 см и разворот южного окончания стены на 15° по часовой стрелке (рис. 6). Сколовая деформация была также отмечена нами в т.н. 62-2016 (см. рис. 7) в стене с простираем 40° . Откололось, выдвинулось к востоку на 20 см и развернулось против часовой стрелки СВ окончание стены длиной 1 м.

Сколы, часто двойные, сопряженные – это новый тип деформации, впервые отмеченный нами в археологических памятниках Крыма. Подобные сколы уже встречались нами в развалинах Херсонеса, Михайловки и Мангуп-Кале [Хапаев и др., 2016; Корженков и др., 2018].

Самая северная стена «а» в т.н. 65-2016 имеет латеральное в плане выгибание к югу. На ее западном окончании азимут простираем строительной конструкции 94° , а вот на восточном – 82° (см. рис. 3). По всей видимости, направление максимальных сейсмических колебаний при сильном древнем землетрясении было приблизительно перпендикулярно простираем стены, что и привело к подобному типу деформации. Именно такой кинематикой сейсмогенных смещений объясняется скошенность СЗ и СВ углов дома.

Аналогичные изгибы в плане и наклоны стен наблюдались нами в следующем строительном комплексе (т.н. 62-2016) – на нижней террасе Северного раскопа (рис. 7). Здесь субмеридиональные стены изогнулись и наклонились в западном направлении под углом до 80° .

Подобные изгибы не являются чем-то исключительным, характерным лишь для рассматриваемого памятника. Сходные деформации наблюдались нами в стенах медеплавильной фабрики Худжайрат аль-Гузлан в Иордании [Korjenkov and Schmidt, 2009], а также железоплавильной фабрики Сары-Булун в Киргизии [Корженков и др., 2016].

Вращение элементов строительных конструкций чаще всего является следствием сейсмогенных деформаций в древних памятниках [Korzenkov and Mazar, 1999;

Корженков и Мазор, 2001]. Их сейсмогенную природу можно считать доказанной, если в стенах одного простираения чаще всего встречаются развороты одного направления (например, по часовой стрелке вокруг вертикальной оси вращения), а в стенах другого – обычно перпендикулярного простираения, фрагменты строительных конструкций оказываются развернуты в другом направлении (против часовой стрелки). Подобные повреждения свидетельствуют о направлении распространения максимальных сейсмических колебаний под некоторым углом к стенам обоих простираений.

Несколько примеров разворотов частей стен на всю их сохранившуюся высоту, а также отдельных каменных блоков наблюдались нами в одном из строительных комплексов, относящихся к тмутараканскому периоду (рис. 2). Так, один из каменных блоков в СЗ углу, образованном стенами III и IV, повернулся на 15° (рис. 8). Простираение недеформированной стены – 10° , простираение длинной стороны повернутого блока – 355° . Каменный блок также выдвинулся к СЗ на расстояние 7 см.

Поворачиваются не только отдельные строительные блоки, но и стены или части целиком на всю их высоту. Так, стена-крепида II в т.н. 61-2016 (рис. 2) в своей незакрепленной южной части повернулась по часовой стрелке на 10° . Простираение повернутой части стены – 20° , однако её первоначальное простираение было 10° . Эта стена сохранилась на высоту 35 см. При своем вращении к западу стена-контрфорс, по-видимому, деформировала смежную перпендикулярную стену I (рис. 2). Стена I сильно деформирована, камни, ее слагающие, растрескались. Стена имеет простираение 93° , она сохранилась лишь на высоту 10 см.

Аналогичный разворот также на 10° по часовой стрелке имеет стена V в том же строительном комплексе (рис. 2). Ее закрепленная северная сторона имеет простираение 15° , в то время как азимут простираения южной, незакрепленной части стены, составляет 25° . Ее сохранившаяся длина составляет 160 см.

Все стены подверглись вращениям в той или иной степени в строительном комплексе в т.н. 63-2016 (рис. 9). Понятно, что при строительстве не могло быть такого острого угла между стенами «а» и «б»: стена «а» повернулась против часовой стрелки. Излом и разворот на 30° в том же направлении испытала стена «в». Именно поэтому стена «г» не является перпендикулярной стене «в» в настоящее время. Стена «е» повернулась на 10° по часовой стрелке относительно стены «д», а верхняя часть южного окончания стены «е» имеет дополнительный разворот на 5° в том же направлении. Именно свобода для колебаний незакрепленных окончаний стен привела к их вращению вокруг вертикальной оси.

Следует отметить, что во вращение были вовлечены не отдельные каменные блоки, а части стен целиком. Так, повернутый восточный фрагмент стены «в» имеет длину 170 см, ширину 60 см и сохранившуюся высоту до 40 см. Повернувшийся южный фрагмент стены «е» имеет длину 150 см, ширину до 70 см. Повернулся верхний ряд каменной кладки мощностью 27 см.

Аналогичный случай поворота на 10° верхней части субмеридиональной стены,

датированной XI–XII вв. [Археологический..., 2011, с. 97], наблюдался нами в т.н. 64-2016 (рис. 10). От нижней части стены с простираем 105° во время сильного землетрясения была оторвана верхняя часть и повернута по часовой стрелке. В настоящее время сохранились лишь нижние ряды каменной кладки, верхние ее части вероятно обрушились во время древнего землетрясения и/или позже были разобраны местными жителями для хозяйственных нужд: на Тамани нет выходов скальных пород и зачастую для строительства фундаментов и нижних частей стен использовался балластный камень кораблей, заходивших в порт.

Наличие стен-контрфорсов (крепид) может быть дополнительным свидетельством сейсмогенной причины разрушений и повреждений археологических памятников. Первичная стена, получившая значительные повреждения во время древнего землетрясения, например наклон, была впоследствии укреплена стеной-подпоркой. Таковые стены-контрфорсы были встречены нами в одном из строительных комплексов тмутараканского периода (рис. 2, 11). Первичная стена, восточная (III на рис. 2), сохранилась на высоту до 65 см, а стена-подпорка (II на рис. 2) – на высоту 35 см. Остаток стены-крепиды имеется также у меридиональной стены в 3 м к западу от описываемого комплекса (см. рис. 2).

Первоначальная стена и стена-крепида жилого помещения, датированного XII–XIII вв. [Археологический..., 2011, с. 99], наблюдались нами в строительном комплексе в т.н. 64-2016 (рис. 12). Поначалу у нас вызвало недоумение странно близкое расположение двух соседних стен, расстояние между которыми увеличивается к востоку. Трудно себе представить, что древние строители могли построить такой узкий и неровный проход. Скорее всего, имело место расхождение – отодвигание двух смежных стен во время сильного землетрясения. Стена-крепида во время этого смещения также развернулась по часовой стрелке на 10°. Подобные случаи были описаны нами при изучении медеплавильной фабрики Худжайрат аль-Гузлан в Иордании [Korjenkov and Schmidt, 2009] и на археологическом памятнике Полянка в Южном Приазовье [Масленников и др., 2017].

Нам не удалось выявить какую-либо систематику в направлениях деформированных элементов конструкций. Для этого могут быть две причины:

- 1) исследованные постройки испытали просадки,
- 2) сейсмогенный разрыв находится в непосредственной близости от археологического памятника.

Мы склоняемся ко второму объяснению. Нижняя часть западной стены дома в т.н. 65-2016 сильно деформирована валообразным поднятием грунта (см. рис. 3, 4). Трудно себе представить, что древние строители не выровняли поверхность перед началом постройки. Таким образом, вал, по-видимому, надразломное антиклинальное поднятие, образовался уже позднее строительства башни. Важно отметить, что каменная кладка по обе стороны от вала (к северу и к югу) различается (в северной части имеется дополнительный ряд кладки внизу – см. рис. 4). Этот факт говорит о ремонте фундамента и всей постройки. Однако даже отремонтированная кладка

(верхний ряд камней) также оказалась деформированной при последующем сейсмическом событии. Эти наблюдения подтверждают наше вышеприведенное предположение о двух сильных землетрясениях в средневековый период, судя по наличию стен-контрфорсов и их же последующей деформации.

II. Античный уровень раскопа

Более древние постройки Гермонассы, находящиеся ниже по археологическому разрезу и относящиеся к античному времени, также имеют деформации. Так, например, в точке наблюдения 66-2016 мы исследовали повреждения в стене широтного простираения. Эта стена, выполненная каменной кладкой, имеет так называемый пропеллерный изгиб: ее восточная часть изогнулась в плане и наклонилась на юг под углом 65° , в то время как западная часть наклонилась на север под углом 67° (рис. 13). Ширина стены до 75 см, остаточная высота 80 см. Важно отметить, что максимум деформации зафиксирован нами для нижних рядов кладки. Подобные пропеллерные деформации не являются чем-то необычным при землетрясениях. Аналогичные повреждения в стенах были отмечены нами в селении Полянка на Азовском побережье Керченского полуострова [Масленников и др., 2017]. По всей видимости, эта стена является древнейшей из ныне наблюдаемых построек Гермонассы и датируется по вмещающему культурному слою концом VI – началом V вв. до н.э. [Коровина, 2002, с. 32-33; Археологический..., 2011, с. 124].

Сильно деформированными и наклоненными оказались давяльные площадки винодельни II–III вв. (№ 1) в ЮЗ углу раскопа (т.н. 67-2017). Винодельня была разрушена во второй половине III в. [Коровина, 2002, с. 81]. Сохранились лишь днища двух из них (рис. 14) и их западная стена. Днища площадок наклонены к востоку под углом $10\text{--}15^\circ$. Ясно, что изначально они были в субгоризонтальном положении. Обмазка площадок растрескана. Вымостка между ними имеет прогиб в центральной части. Каменные плиты вымостки сильно растресканы.

Сохранившаяся западная стена комплекса винодельни тоже повреждена – в ней имеется повернутый фрагмент (рис. 15). Азимут простираения неповрежденной стены 0° , повернутого фрагмента 10° . Таким образом, имел место поворот фрагмента строительной конструкции длиной 1,6 м по часовой стрелке на 10° . Ширина стены – 1 м, остаточная высота – до 1 м.

В точке наблюдения 68-2016 еще одна стена субширотного простираения (азимут 85°), построенная из рванного камня, имеет систематические развороты ее фрагментов по часовой стрелке на $10\text{--}15^\circ$ (рис. 16). Здесь также имеются наклоны отдельных камней (до 65°), выдвижение каменных блоков (до 25 см) и их выпадение к северу. Стена ограничивает с юга дворик монументального архитектурного комплекса, который на протяжении длительного периода своего существования (V–III вв. до н.э.) перестраивался на рубеже IV–III вв. до н.э. [Коровина, 2002, с. 55–57]. Сооружение прекратило свое существование в середине – второй половине III в. до н.э., сгорев во время пожара [Финогенова, 2010, с. 518].

Для нашего изучения было доступно лишь несколько небольших фрагментов строительных комплексов античного времени. Возможно, поэтому нам не удалось выявить систематику в типах деформации (скорее всего, именно поэтому – все изученные стены разного возраста, а вал выражен в средневековой стене). Однако наличие современного активного валообразного поднятия (флексуры?) в т.н. 65-2016 подразумевает расположение сейсмогенного разрыва прямо под археологическим памятником. В таком случае преобладающей является вертикальная компонента сейсмических подвижек и вряд ли стоит ожидать какой-либо систематической картины в изученных повреждениях и разрушениях.

Тектонический очерк

В свете полученных результатов очень важно рассмотрение сеймотектонической позиции памятника. По мере детализации полевых палеосейсмологических, геофизических и неотектонических исследований, начатых авторами в 2014 г. [Овсяченко и др., 2015; 2017а, б; Рогожин и др., 2015], все более отчетливо проступает основная особенность морфотектоники Керченско-Таманского региона, которая заключается в обусловленности морфологии современных побережий зонами крупных активных разломов или складчато-разрывных зон (рис. 17). Выяснено, что с зонами этих разломов связаны очаги сильных землетрясений, происходивших на протяжении последних 3-х тыс. лет; нами и другими исследователями были собраны многочисленные свидетельства сейсмических разрушений древности на археологических памятниках самых разных эпох [Блаватский, 1977; Никонов, 2000; 2016; Винокуров, Никонов, 2004; Борисенко и др., 1999; Масленников, 2013; Винокуров и др., 2015; Белик и др., 2016; Корженков и др., 2016а, б; 2018; Масленников и др., 2017; Соколова и др., 2017; Molev et al, 2018].

Не представляет исключения и южное побережье Таманского залива, где расположен археологический памятник Гермонасса-Тмутаракань. К востоку от залива на глубинном геофизическом разрезе, полученном методом микросейсмического зондирования (ММЗ), выделены близвертикальные зоны пониженной прочности глубиной до 7 км, отвечающие разломам, обрамляющим опущенный блок Таманского залива с севера и юга [Рогожин и др., 2015]. В приповерхностной части разреза наиболее отчетливо проявлена южная разломная граница, в четвертичных отложениях представленная Фанагорийской флексурно-разрывной зоной. Фанагорийская зона вытянута вдоль южного берега Таманского залива и восточнее, на суше полуострова. Западнее, в районе Тамани, она продолжается Тузлинской флексурно-разрывной зоной.

В Фанагорийской зоне нами были обнаружены следы сильного землетрясения. На основе собранных геологических, геофизических и археосейсмологических данных выдвинута гипотеза о гибели средневекового города Фанагория в результате катастрофического землетрясения в X веке [Овсяченко и др., 2017б]. По всей видимости, город оказался прямо в месте выхода очага сильного (9–10 баллов)

землетрясения на поверхность, связанного с Фанагорийской флексурно-разрывной зоной.

Тузлинская флексурно-разрывная зона в структуре неогеновых слоев представлена асимметричной антиклинальной складкой. На крыльях складки слои неогеновых отложений, представленных глинами с прослойками мергелей, алевролитов, известняков и песчаников сарматского яруса миоцена, наклонены под углом 10–40°. Ось антиклинали в общих чертах следует вдоль берега Таманского залива. Молодые тектонические деформации можно наблюдать в прибрежном обрыве на северо-западной окраине станицы Тамань. Здесь миоценовые слои, погружающиеся под углом 10–15° в ЮЮВ направлении, перекрыты толщей позднеплейстоцен-голоценовых лёссовидных суглинков, подошва которых испытывает более пологий наклон в том же направлении. Мощность суглинков уменьшается с 0,5–1 м на своде антиклинали до 8–10 м и более в южном крыле, где их подошва уходит ниже уровня моря (рис. 18). Это свидетельствует о росте складки во время и после накопления суглинков, т.е. в позднем плейстоцене – голоцене. Крыло складки нарушено надвигом субширотного (BCB) простираения (рис. 18). Надвиг, очевидно, не смещает позднеплейстоценовые суглинки, подошва которых испытывает лишь плавный изгиб.

Тектонические разрывы в приосевой части складки обнаруживаются в прибрежном обрыве и западнее ст. Тамань. Разрывы СЗ простираения имеют преобладающую сбросовую компоненту смещений (рис. 19а), тогда как нарушения субширотной (BCB) ориентировки также имеют облик взбросо-надвигов. В районе мыса Тузла, в южном крыле складки, можно наблюдать широко известный разрез деформированных позднеплейстоценовых морских отложений карангатской трансгрессии (рис. 19б). Карангатские пески и ракушечники общей мощностью 2–2,5 м, перекрытые бурыми лёссовидными суглинками, здесь залегают на размытой поверхности сарматских глин с прослойками ракушняка и мергелей, наклонённых на ЮЮВ под углом 35°. Севернее мыса Тузла описанный разрез срезается голоценовым абразионным уступом, к которому прислонена низкая песчаная терраса высотой до 1,5 м, постепенно переходящая в отмельный песчаный пляж.

Высота подошвы карангатских осадков у мыса Тузла достигает 3–3,5 м. В 400 м к югу от мыса, в южном крыле складки, подошва карангатских осадков плавно снижается до уреза воды и скрывается под уровнем моря. Многочисленные абсолютные датировки карангатских осадков разбросаны в широком диапазоне. Непосредственно на мысе Тузла они отнесены к позднему карангату – урано-иониевый возраст осадков варьирует от 44,8 до 66,0 тыс. лет [Корсаков и др., 2013]. Севернее, в Таманском заливе, кровля карангатских отложений, формировавшихся вблизи береговой линии, залегают на отметках -40 – -47 м [Шнюков и др., 1981]. Они перекрыты мощной (до 20 м) толщей лёссовидных суглинков и более молодыми лиманно-морскими осадками. Размах в залегании карангатских отложений достигает 50 м, что даёт скорость вертикальной деформации за посткарангатское время 0,7–1,1 мм/год.

Обсуждение результатов

Итак, вдоль побережья Таманского залива, где расположена Гермонасса-Тмутаракань, трассируется Тузлинская флексурно-разрывная зона. В наблюдаемых разрезах четвертичных отложений эта структура выражена изгибами слоёв, тогда как неогеновые осадки смяты в асимметричную антиклинальную складку. Нарушающие приосевую часть складки разрывы СЗ простирания имеют преобладающую сбросовую компоненту смещений, тогда как нарушения субширотной (BCB) ориентировки имеют облик взбросо-надвигов. Такое сочетание разрывов с разной кинематикой и ориентировкой в пределах единой зоны нарушений может свидетельствовать о преобладании смещений в горизонтальной плоскости [Sylvester, 1988]. Полученные для очень большого интервала времени (44,8 – 66,0 тыс. лет) оценки скорости вертикальной деформации (0,7–1,1 мм/год) отражают довольно высокий темп подрастания Тузлинской складки. В то же время очевидных следов сейсмотектонических деформаций в молодых отложениях и формах рельефа в пределах этой зоны нами не выявлено.

Однако многочисленные свидетельства древних сейсмических разрушений обнаружены в строительных остатках Гермонассы-Тмутаракани. Представительность памятника крайне неравномерна – более всего остатками архитектурных сооружений насыщены слои античного (VI в. до н.э. – VI в. н.э.), хазарского (конец VII – конец X вв.) и тмутараканского (конец X – первая половина XIII вв.) периодов [Чхаидзе, 2008]. Неравномерна изученность и в пределах указанных периодов, в особенности античного. Так, весьма слабо представлены слои II–I вв. до н.э., в которых сохранились незначительные фрагменты кладок [Коровина, 2002]. По этой причине археосейсмологическим методом оказались охарактеризованы не все сейсмические события, следы которых могут присутствовать в стратиграфии культурных слоев.

Самое раннее свидетельство сейсмического воздействия обнаружено в древнейшей из ныне наблюдаемых построек Гермонассы конца VI – начала V вв. до н.э. (т.н. 66). В V–IV вв. до н.э. в Гермонассе произошли большие разрушения, о чем свидетельствует вторичное использование рустованных блоков раннего периода, но имеющиеся находки не позволяют уточнить дату разрушений [Коровина, 2002, с. 97].

Следующее событие зафиксировано в кладке стены (т.н. 68), которая ограничивает с юга дворик монументального архитектурного комплекса V–III вв. до н.э., разрушенного в середине – второй половине III в. до н.э. Аналогичная участь постигла и вторую крупную постройку этого времени – общественное сооружение, которое также перестраивалось на рубеже IV–III вв. до н.э. и погибло в пожаре в середине – второй половине III в. до н.э. [Коровина, 2002, с. 62]. После этого Гермонасса не смогла восстановить своё прежнее благополучие. Следы землетрясения, датируемые 2-й четвертью – серединой III века до н.э., были выявлены в древних городах Керченского полуострова – Нимфее и особенно в Пантикапее [Толстикова, 1999]. В 2017 г. были получены свидетельства катастрофического землетрясения на поселении Госпиталь в г. Керчь. На примере землянки с каменной обкладкой стен, которая

одномоментно обрушилась внутрь и завалила человека и корову, была прослежена гибель памятника вследствие мощного сейсмического толчка в пределах конца IV в. – первой трети III в. до н. э. [Рукавишникова и др., 2018].

Свидетельства следующего землетрясения обнаружены в винодельне № 1, разрушенной во второй половине III в. (т.н. 67). Тогда же (после 252 г.) был разрушен расположенный в нескольких метрах к СВ от винодельни большой жилой комплекс II в. [Коровина, 2002, с. 78]. А.В. Винокуровым и А.А. Никоновым [2004] были систематизированы сведения о сейсмогенных разрушениях боспорских памятников в III в. на территории почти всего Керченского п-ва. Позже они были детализированы нами [Корженков и др., 2016а, б; 2018; Molev et al, 2018]. Согласно собранным палеосейсмологическим данным, очаг этого события (или одного из сильнейших событий в период мощной сейсмической активизации) был расположен на Черноморском побережье Керченского п-ва, в зоне Южно-Керченского разлома, где представлен грандиозными гравитационно-сеймотектоническими нарушениями на горе Опук и сеймотектоническим разрывом культурного слоя III в. возле городища Китей [Molev et al, 2018]. Землетрясение привело к катастрофическим разрушениям на территории почти всего Керченского п-ва. На основании нумизматических находок хронологический интервал разрушений приходится на период 247–276 гг. [Винокуров, Никонов, 2004].

Сейсмические деформации наблюдаются в постройках перекрытых слоем разрушений и пожарами второй половины X в. Этот слой хорошо прослеживается на всех раскопах средневекового культурного слоя. Пожар на всей раскопанной территории произошел единовременно; к нему привязаны все открытые комплексы [Чхаидзе, 2008]. Слой пожара повсеместно подстилают завалы разрушенных домов из саманного кирпича. Кирпичные кладки и развалы печей, как правило, сильно разрушены, настолько, что между собой их связать невозможно. Обычно кладки представлены горами камней и лишь в некоторых случаях обнаружены небольшие сохранившиеся фрагменты. В то же время разрушения второй половины X в. не привели к смене материальной культуры [Чхаидзе, 2008]. Упадок на какое-то время нарушил экономическую и культурную жизнь, но город не был заброшен, в отличие от Фанагории. С новой силой возрождается ремесленное производство, продолжает поступать импорт, в последующих слоях строительные приемы, за исключением перепланировки, остаются без изменений. После пожара продолжила функционировать крепостная стена IX в., однако в начале XI в. основание стены с внешней и внутренней сторон было укреплено каменным поясом [Плетнева, 2000]. По мнению С.А. Плетневой, близкие по типу и строительным приемам укрепления, известные на территории Хазарии и в её округе, несмотря на разнообразие технических приемов, связаны между собой строительным материалом и набором антисейсмических приемов. Можно предположить, что после разрушения городища и пожара второй половины X в. у жителей города появилась необходимость в антисейсмическом укреплении уцелевших сооружений. Новые строения последующего слоя конца X–XII вв. возникают на слое разрушений и пожара второй половины X в. Лишь обо-

ронительная стена ремонтируется и продолжает выполнять свои функции вплоть до начала XIII в. – времени нового погрома города монгольскими ордами, после чего стена начала зарастать культурным слоем XIII–XX вв.

Наличие современного активного валообразного поднятия (флексуры?) в т.н. 65 подразумевает расположение очага землетрясения второй половины X в. прямо под археологическим памятником. Это отчасти объясняет и отсутствие систематической картины в изученных повреждениях и разрушениях. Эпицентр землетрясения X в. с $M=6,7\pm0,5$ и интенсивностью сотрясений $8-9\pm0,5$ баллов помещен А.А. Никоновым [2016] в район мыса Тузла, хотя конкретных сведений об этом событии автором не приводится.

Кроме того, весьма важным представляется вывод о наличии следов двух сильных землетрясений в средневековый период. По всей видимости, еще одно сейсмическое событие произошло после X в., т.к. сейсмическими деформациями поражены постройки тмутараканского периода (конец X – первая половина XIII вв.).

Заключение

1) Проведенные исследования на археологическом памятнике Гермонасса-Тмутаракань позволили выявить ряд сейсмических деформаций в строительных конструкциях: наклоны, выдвигения, обрушения стен, их повороты и сколовые деформации.

2) Особенности этих деформаций и их расположение на разных уровнях археологического разреза позволяют прийти к заключению о минимум пяти сильных сейсмических событиях, оставивших свои следы в археологическом памятнике: три – в античный период и два – в стенах средневекового периода.

3) В связи с очень небольшим количеством каменных построек и деформаций, сохранившихся в древнем городе, трудно прийти к выводу о местонахождении древних эпицентральных зон. Судя по степени разрушений и повреждений, исторические эпицентры выявленных нами землетрясений находились в непосредственной близости от древнего города. Сейсмический очаг (разрыв) последнего сильного землетрясения, по-видимому, располагался непосредственно под археологическим памятником, о чем свидетельствует выход на поверхность асимметричного антиклинального вала (флексуры), четко выраженного в рельефе и каменной кладке хазарского времени.

4) В связи со скудностью сохранившегося на памятнике археологического материала и сейсмических деформаций нам не удалось достаточно точно определить интенсивность сейсмических колебаний для всех пяти выявленных землетрясений. Однако, судя по степени деформаций и незначительным останкам строений при археологических раскопках, интенсивность сейсмических колебаний при всех этих событиях на памятнике была не менее $I_0 = VIII-IX$ баллов по шкале МСК-64.

5) Необходимо срочное изучение археологических комплексов в Гермонассе: оползни и морская абразия каждый год «съедают» несколько квадратных метров этого объекта (рис. 20).

Корженков А.М. и др. О следах сильных землетрясений ...

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Археологический комплекс «Гермонасса-Тмутаракань»: исторический очерк и генеральный план развития территории. По материалам научного проектирования 2007–2009 годов. / Бондарь В.В., Маркова О.Н., Устаева Э.Р. Краснодар: Платонов, 2011. 160 с.
- Белик Ю.Л., Корженков А.М., Куликов А.В., Ларьков А.С., Мараханов А.В., 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.
- Блаватский В.Д. Землетрясение 63 г. до н.э. на Керченском полуострове. // Природа. 1977. № 8. С. 56–57.
- Борисенко Л.С., Пустовойтенко 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, 1999. С. 101–132.
- Винокуров Н.И., Никонов А.А. Тотальные разрушения второй половины III в. н.э. на Боспоре как хронологический репер // Боспорский феномен. Проблемы хронологии и датировки памятников. Ч. 1. СПб.: Изд-во Гос. Эрмитажа, 2004. С. 95–103.
- 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.
- Корженков А.М., Овсяченко А.Н., Ларьков А.С. Сейсмические деформации в древнем городе Илурате. // Природа. 2016а. № 10. С. 30–38.
- Корженков А.М., Ларьков А.С., Мараханов А.В., Молев Е.А., Овсяченко А.Н., Рогожин Е.А., Христановский В.А. Следы сильных землетрясений в крепостных стенах античного города Китей, Керченский полуостров. // Элита Боспора и боспорская элитарная культура. Материалы международного круглого стола. СПб.: ПАЛЛАЦО, 2016б. С. 372–381.
- Корженков А.М., Овсяченко А.Н., Ларьков А.С., Мараханов А.В., Рогожин Е.А., Сударев Н.И. Следы сильных землетрясений на Михайловском городище (Керченский полуостров, Крым). // Древности Боспора. 2018. № 22. С. 115–132.
- Коровина А.К. Гермонасса: Античный город на Таманском полуострове. М.: ГМИИ им. А.С. Пушкина, 2002. 146 с.
- Корсаков С.Г., Зарубин В.В., Соколов В.В. и др. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:200 000. Изд. 2-е. Серия Кавказская, листы L-37-XIX, L-37-XXV (Тамань). Объяснительная записка. М.: МФ ВСЕГЕИ, 2013. 107 с.
- Мальгин А.В. Завоевание Крыма войсками 2-й армии князя В. М. Долгорукова в 1771 году. // Историческое наследие Крыма. № 27. 2016. С. 98–116.
- Масленников А.А. О локальных геоморфологии, палеосейсмизме и археологии Крымского Приазовья или по следам древних землетрясений. // Древности Боспора. Т. 17. 2013. С. 232–253.
- Масленников А.А., Овсяченко А.Н., Корженков А.М., Ларьков А.С., Мараханов А.В. Следы сильных землетрясений на городище Полянка и Южно-Азовский активный разлом. // Древности Боспора. Т. 21. М., 2017. С. 265–294.
- Никонов А.А. Сейсмический потенциал Крымского региона: Сравнение региональных карт и параметров выявленных событий. // Физика Земли. 2000. № 7. С. 53–62.
- Никонов А.А. Сейсмогеодинамика Крымского региона (по материалам за последние 2,6 тыс. лет). // Материалы XLVIII Тектонического совещания. Т. 2. М.: Геос, 2016. С. 43–48.
- 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., Корженков А.М., Ларьков А.С., Мараханов А.В., Рогожин Е.А. Новые сведения об очагах сильных землетрясений в районе Керченского полуострова. // Доклады АН. 2017а. Т.472, № 1. С. 89–92.
- Овсяченко А.Н., Корженков А.М., Вакарчук Р.Н., Горбатилов А.В., Ларьков А.С., Рогожин Е.А.,

Боспорские исследования, вып. XXXIX

- Сысолин А.И. Следы сильного землетрясения в средневековом городе Фанагория на Таманском полуострове. // Геология и геофизика Юга России. 2017б. № 3. С. 78–94.
- От Тмуторокана до Тамани IX–XIX вв. // «Сборник Русского исторического общества» – М., 2002. – № 4 (152).
- Плетнева С.А. Оборонительная стена в Таматархе-Тмутаракани // Историко-археологический альманах. Вып. 6. Армавир: Армавирский краеведческий музей, 2000. С. 21–28.
- Рогожин Е.А., Горбатов А.В., Овсяченко А.Н. Активные разломы и глубинное строение зоны Керченского пролива // Геология и геофизика Юга России. 2015. №1. С. 63–66.
- Рукавишников И.В., Двуреченская Н.Д., Двуреченский О.В., Алексеев А.В., Федосеев Н.Ф. Поселение Госпиталь (Республика Крым, Ленинский район) // Города, селища, могильники. Раскопки 2017. Материалы спасательных археологических исследований. Т. 25. М.: ИА РАН, 2018. С. 302–309.
- Соколова О.Ю., Корженков А.М., Овсяченко А.Н., Ларьков А.С., Мараханов А.В. Переплетение торгово-экономического и природного факторов в судьбе античного города Нимфей. // Боспор Киммерийский и варварский мир в период Античности и Средневековья. Торговля: пути–товары–отношения. XVII Боспорские чтения. Керчь, 2017. С. 506–516.
- Толстиков В.П. К проблеме землетрясения III в. до н.э. на Боспоре (по материалам раскопок Пантикапея и Нимфея) // Боспорский город Нимфей: новые исследования и материалы и вопросы изучения античных городов Северного Причерноморья. СПб.: 1999. С. 72–75.
- Финогенова С.И. Гермонасса. // Античное наследие Кубани. Т. 1. М.: Наука, 2010. С. 510–527.
- Чхаидзе В.Н. Хазарская Таматарха. (Культурный слой Таманского городища VII–X вв.) : Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата исторических наук / Российская академия наук, Институт археологии — М., 2007.
- Чхаидзе В.Н. Таматарха. Раннесредневековый город на Таманском полуострове. М.: ТАУС, 2008. 328 с.
- Шнюков Е.Ф., Аленкин В.М., Путь А.Л. и др. Геология шельфа УССР. Керченский пролив. К.: Наукова думка, 1981. 160 с.
- 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. No. 3. P. 769–782.
- Korzenkov 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. of Seismol. 2006. No. 10. P. 431–442.
- Molev E.A., Korzenkov A.M., Ovsyuchenko A.N., Larkov A.S. Potential traces of earthquakes in the ancient city of Kytia, Kerch Peninsula, Crimea. // Geodesy and Geodynamics. 2018. (in press). <https://doi.org/10.1016/j.geog.2018.03.006>
- 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. of Geodynamics. 2005. V. 40. P. 235–256.
- Sylvester A.G. Strike-slip faults. // Geol. Soc. Amer. Bull. 1988. V. 100. P. 1666–1703.

REFERENCES

- Belik Yu.L., Korzenkov A.M., Kulikov A.V., Lar'kov A.S., Marakhanov A.V., Ovsyuchenko A.N., Rogozhin E.A. Seismic deformations in walls of Eni-Kale Late-Medieval fortress in eastern Crimea // Questions of Engineering Seismology. 2016. Vol. 43, No. 2. P. 17–35 (in Russian).
- Blavatskii V.D. An earthquake of 63 BC in Kerch' peninsula // Nature. 1977. No. 8. P. 56–57 (in Russian).
- Borisenko L.S., Pustovoitenko B.G., Dublyanskii V.N., Vakhrushev B.A., Klyukin A.A., Ena A.V., Kitin M.A. Seismic deformations and paleoseismicity of Crimea // Seismological Bulletin of Ukraine for 1997. Simferopol', 1999. P. 101–132 (in Russian).
- Chkhaidze V.N. Khazar Tamartarkha (Cultural Layer of Taman' Hillfort of VII–X centuries): Author's Abstract of a Dissertation on Competition of Scientific Degree of Candidate of Historical Sciences / Russian Academy of Sciences. Institute of Archeology. M. 2007 (in Russian).

Корженков А.М. и др. О следах сильных землетрясений ...

- Chkhaidze V.N. Tamatarkha Early-Medieval City in the Taman' Peninsula. Moscow. TAUS Press. 2008. 328 p. (in Russian).
- Finogenova S.I. Germonassa // Antic Heritage of Cuban. Vol. 1. Moscow: Science Press. 2010. P. 510-527 (in Russian).
- From Tmutorokan' to Taman', IX-XIX Centuries // Digest of Russian Historical Society. Moscow. 2002. No. 4 (152) (in Russian).
- "Germonassa-Tmutarakan'" Archeological Complex: Historical Essay and General Plan of the Territory Development. According to Materials of Scientific Projecting of 2007–2009 / V.V. Bondar', O.N. Markova, E.R. Ustaeva - eds. Krasnodar: Platonov Press, 2011, 160 p. (in Russian).
- 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. No. 3. P. 769–782.
- 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. of Seismol. 2006. No. 10. P. 431–442.
- Korzhenkov A.M., Lar'kov A.S., Marakhanov A.V., Molev E.A., Ovsyuchenko A.N., Rogozhin E.A., Khrshanovskii V.A. Traces of the strong earthquakes in fort walls of antic Kitey city, Kerch' peninsula // Bosphorus Elite and Bosphorus Elite Culture. Materials of the International Round Table. St Petersburg: PALLATZO Press. 2016 b. P. 372–381 (in Russian).
- Korzhenkov A.M., Ovsyuchenko A.N., Lar'kov A.S. Seismic deformation in ancient Ilurat city // Nature. 2016a. No. 10. P. 30–38 (in Russian).
- Korzhenkov A.M., Ovsyuchenko A.N., Lar'kov A.S., Marakhanov A.V., Rogozhin E.A., Sudarev N.I. Traces of the strong earthquakes in Mikhaylovka hillfort (Kerch' peninsula, Crimea) // Bosphorus Antiquities. 2018. No. 22. P. 115–132 (in Russian).
- Korovina A.K. Germonassa: Antic city in the Taman' peninsula. Moscow: Pushkin SMFA. 2002. 146 p. (in Russian).
- Korsakov S.G., Zarubin V.V., Sokolov V.V. et al. State Geological Map of Russian Federation of 1:200 000 Scale. 2nd Edition. Caucasus Series. Sheets L-37-XIX, L-37-XXV (Taman'). Explanatory Note. Moscow: MF VSEGEI. 2013. 107 p. (in Russian).
- Mal'gin A.V. Conquest of Crimea by the troops of 2nd army leaded by Prince V.M. Dolgorukov in 1771 // Historical Heritage of Crimea. No. 27. 2016. P. 98–116 (in Russian).
- Maslennikov A.A. On local geomorphology, paleoseismizm and archeology of Crimean Priazovye or Along traces of ancient earthquakes // Bosphorus Antiquities. Vol. 17. 2013. P. 232–253 (in Russian).
- Maslennikov A.A., Ovsyuchenko A.N., Korzhenkov A.M., Lar'kov A.S., Marakhanov A.V. Traces of the strong earthquakes in Polyanka hillfort and Southern Asov active fault // Bosphorus Antiquities. Vol. 21. Moscow. 2017. P. 265–294 (in Russian).
- Molev E.A., Korzhenkov A.M., Ovsyuchenko A.N., Larkov A.S. Potential traces of earthquakes in the ancient city of Kytaiia, Kerch Peninsula, Crimea. // Geodesy and Geodynamics. 2018. (in press). <https://doi.org/10.1016/j.geog.2018.03.006>
- Nikonov A.A. Seismic potential of the Crimean region. A comparison of regional maps and parameters of revealed events // Physics of the Earth. 2000. No. 7. P. 53–62 (in Russian).
- Nikonov A.A. Seismic geodynamics of the Crimean region (according to materials during last 2.6 thousand years) // Materials of XLVIII Tectonic Meeting. Vol. 2. Moscow: Geos Press. 2016. P. 43–48 (in Russian).
- Ovsyuchenko A.N., Korzhenkov A.M., Lar'kov A.S., Marakhanov A.V., Rogozhin E.A. New data on the strong earthquakes sources in Kerch' peninsula region // Transactions of Russian Academy of Sciences. 2017 a. Vol. 472. No. 1. P. 89–92 (in Russian).
- Ovsyuchenko A.N., Korzhenkov A.M., Vakarchuk R.N., Gorbaticov A.V., Lar'kov A.S., Rogozhin E.A., Sysolin A.I. Traces of the strong earthquake in Medieval Fanagoria city in the Taman' peninsula // Geology and Geophysics of Southern Russia. 2017 b. No. 3. P. 78–94 (in Russian).
- Ovsyuchenko A.N., Shvaryov S.V., Lar'kov A.S., Marakhanov A.V. Traces of the strong earthquakes in the

Боспорские исследования, вып. XXXIX

- Kerch'-Taman' region according to geological data // Questions of Engineering Seismology. 2015. Vol. 42. No. 3. P. 33–54 (in Russian).
- Pletnyova S.A. Defense wall in Tamatarkha-Tmutarakan' // Historical-Archeological Almanac. Issue 6. Armavir: Armavir Ethnography Museum Press. 2000. P. 21–28 (in Russian).
- Rogozhin E.A., Gorbatiykov A.V., Ovsyuchenko A.N. Active faults and deep structure of the Kerch' straight zone // Geology and Geophysics of the Southern Russia. 2015. No. 1. P. 63–66 (in Russian).
- Rukavishnikova I.V., Dvurechenskaya N.D., Dvurechenskii O.V., Alekseev A.V., Fedoseev N.F. "Hospital" settlement (Republic of Crimea, Lenin region) // Cities, Villages, Burials. Excavations of 2017. Materials of Preserver Archeological Investigations. Vol. 25. Moscow: IA RAS Press. 2018. P. 302–309 (in Russian).
- 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. of Geodynamics. 2005. V. 40. P. 235–256.
- Shnyukov E.F., Alyonkin V.M., Put' A.L. et al. Shelf Geology of Ukrainian SSR. Kerch' Streight. Kiev: Naukova Dumka Press. 1981. 160 p. (in Russian).
- Sokolova O.Yu., Korzhenkov A.M., Ovsyuchenko A.N., Lar'kov A.S. Marakhanov A.V. Interlacing of trade-economic and natural factors in a destiny of Nymphaeum antic city // Cimmerian Bosphorus and Barber Would in Antic and Medieval Period. Trade: Routes-Goods-Relations. XVII Bosphorus Readings. Kerch'. 2017. P. 506–516 (in Russian).
- Sylvester A.G. Strike-slip faults. // Geol. Soc. Amer. Bull. 1988. V. 100. P. 1666–1703.
- Tolstikov V.P. To a problem of III century BC earthquake in Bosphorus (according to materials of excavations of Panticapaeum and Nymphaeum // Bosphorus Nymphaeum City: New Investigations and Materials and Questions of a Study of the Antic Cities of Black Sea Region. St Petersburg. 1999. P. 72–75 (in Russian).
- Vinokurov N.I., Nikonov A.A. Total destructions in second half of III century AD in Bosphorus as chronological benchmark // Bosphorus Phenomenon. Problems of Chronology and Monuments Dating. Part 1. St Petersburg: State Hermitage Press, 2004. P. 95–103 (in Russian).
- Vinokurov N.I., Korzhenkov A.M., Rodkin M.V. On seismic hazard assessment of the Kerch' straight region according to archeoseismology data // Questions of Engineering Seismology. 2015. Vol. 42. No. 2. P. 51–66 (in Russian).

Резюме

Проведенные нами исследования на археологическом памятнике Гермонасса-Тмутаракань позволили выявить ряд сейсмических деформаций в строительных конструкциях: наклоны, выдвижения, обрушения стен, их повороты и сколовые деформации. Особенности этих деформаций и их расположение на разных уровнях археологического разреза позволяют прийти к заключению о минимум пяти сильных сейсмических событиях, оставивших свои следы в археологическом памятнике: три – в античный период и два – в стенах средневекового периода. В связи с очень небольшим количеством каменных построек и деформаций, сохранившихся в древнем городе, трудно прийти к выводу о местонахождении древних эпицентральных зон. Однако, судя по степени разрушений и повреждений, исторические эпицентры выявленных нами землетрясений находились в непосредственной близости от древнего города. Сейсмический очаг (разрыв) последнего сильного средневекового землетрясения, по-видимому, располагался непосредственно под археологическим памятником, о чем свидетельствует выход на поверхность асимметричного антиклинального вала (флексуры), четко выраженного в рельефе и каменной кладки хазарского времени. Также в связи со скудностью сохранившегося на памятнике археологического материала и сейсмических деформаций нам не удалось достаточно точно определить интенсивность сейсмических колебаний для всех пяти выявленных землетрясений. Однако, судя по степени деформаций и незначительным

Корженков А.М. и др. О следах сильных землетрясений ...

останкам строений при археологических раскопках, интенсивность сейсмических колебаний при всех этих событиях на памятнике была не менее $I_0 = \text{VIII-IX}$ баллов по шкале МСК-64.

Ключевые слова: Гермонасса, Тмутаракань, сейсмические деформации, сильные землетрясения, Тамань.

Summary

We have conducted a study in Germonassa-Tmutarakan' archeological monument. The study allows us to reveal a number of seismic deformations in the building constructions: tilts, shifts, walls collapse, walls rotations and chip deformations. Peculiarities of these deformations and their position in different levels of archeological section have allow us come to a conclusion on (minimum) five strong seismic events which left their traces in the archeological monument: three – in antic period and two – in the walls of medieval period. Because of very small number of stone structures and deformations in them preserved in ancient city, it is hard to come to conclusion on location of ancient epicentral zones. However, judging by degree of destructions and deformations, the historical epicenters of the revealed earthquakes were in nearest vicinity to the ancient city. Seismic focus (rupture) of the last strong medieval earthquake located apparently directly under archeological monument. Asymmetric anticline swell (flexure) clearly expressed in relief and in a stone masonry of the Khazat time testifies about this. Also because of scantiness of archeological material and seismic deformations preserved in the archeological monument, we could not precisely assess an intensity of the seismic oscillations for revealed five earthquakes.

However, judging by degree of deformations and insignificant remnants of buildings at archeological excavations, the intensity of the seismic oscillations during all those events in the monument were $I_0 = \text{VIII-IX}$ according MSK-64 Scale.

Keywords: Germonassa, Tmutarakan', seismic deformations, strong earthquakes, Taman'.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Корженков Андрей Михайлович,
доктор геолого-минералогических наук,
заведующий лабораторией,
Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН,
123242, г. Москва, ул. Б. Грузинская, д. 10.
+7-499-2549950
korzhenkov@inz.ru

Овсюченко Александр Николаевич,
кандидат геолого-минералогических наук, зав. лабораторией,
Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН,
123242, г. Москва, ул. Б. Грузинская, д. 10.
+7-926-366-20-63
ovs@ifz.ru

Ларьков Александр Сергеевич,
научный сотрудник,
Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН,
123242, г. Москва, ул. Б. Грузинская, д. 10.
+7-903-248-44-99
las119@yandex.ru

Боспорские исследования, вып. XXXIX

Рогожин Евгений Александрович,
доктор геолого-минералогических наук, проф.,
заведующий Прогностическим центром,
Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН,
123242, г. Москва, ул. Б. Грузинская, д. 10.
+7-916-357-31-45
eurog@ifz.ru

Димитров Орлин Васильев,
доктор геологических наук, проф.,
зав. лабораторией,
Институт океанологии Болгарской академии наук, г. Варна.
+359 (052) 370486
ovdimitrov@io-bas.bg

Сударев Николай Игоревич,
доктор исторических наук,
нач. экспедиции,
Институт археологии РАН,
117292, Москва, ул. Дм. Ульянова, 19,
Институт археологии РАН.
+7 499 126-47-98
sudarev@list.ru

Устаева Эльмира Радифовна,
кандидат исторических наук,
старший научный сотрудник,
Археологический комплекс
«Гермонасса-Тмутаракань»,
Тамань, ул. Карла Маркса, 100.
+7 (861) 483-13-27
tam_arxeol@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Korzhnikov Andrey Mikhaylovich,
Dr. Sci. in Geology,
head of Laboratory
Schmidt Institute of Physics of the Earth RAS,
Bol'shaya Gruzinskaya Str., 10, Moscow, 123242, Russia.
+7-499-254-99-50
korzhnikov@inz.ru

Ovsyuchenko Aleksandr Nikolaevich,
C.Sci. in Geology,
Schmidt Institute of Physics of the Earth RAS,
Bol'shaya Gruzinskaya Str., 10, Moscow, 123995, Russia,
head of Laboratory.
+7 926 366-20-63
ovs@ifz.ru

Корженков А.М. и др. О следах сильных землетрясений ...

Lar'kov Aleksandr Sergeevich,
Scientific researcher,
Schmidt Institute of Physics of the Earth RAS,
Bol'shaya Gruzinskaya Str., 10, Moscow, 123995, Russia.
+7 903 2484499
las119@yandex.ru

Rjgozhin Evgeniy Alexandrovich,
Dr. Sci. in Geology, Prof.,
head of Earthquake Forecast Center,
Schmidt Institute of Physics of the Earth RAS,
Bol'shaya Gruzinskaya Str., 10, Moscow, 123995, Russia.
+7-916-357-31-45
eurog@ifz.ru

Dimitrov Orlin Vasiliev,
Dr. Sci. in Geology, Prof.,
head of Laboratory,
Institute of Oceanology, Bulgarian Academy of Sciences,
First May Street 40, P.O.Box 152, Varna 9000, Bulgaria.
+359 (052) 370486
ovdimitrov@io-bas.bg

Sudarev Nikolay Igorevich,
Dr. of Sci. in Archeology,
head of archeological expedition,
Institute of Archeology RAS
117292, Moscow, Dm. Ulianov str., 19.
+7-499-126-47-98
sudarev@list.ru

Ustaeva El'mira Radifovna,
Can. of Sci in Archeology,
senior researcher,
Germanassa-Tmutarakan' Archeological Complex
Taman', Karl Marks str., 100.
+7 (861) 483-13-27
tam_arxeol@mail.ru

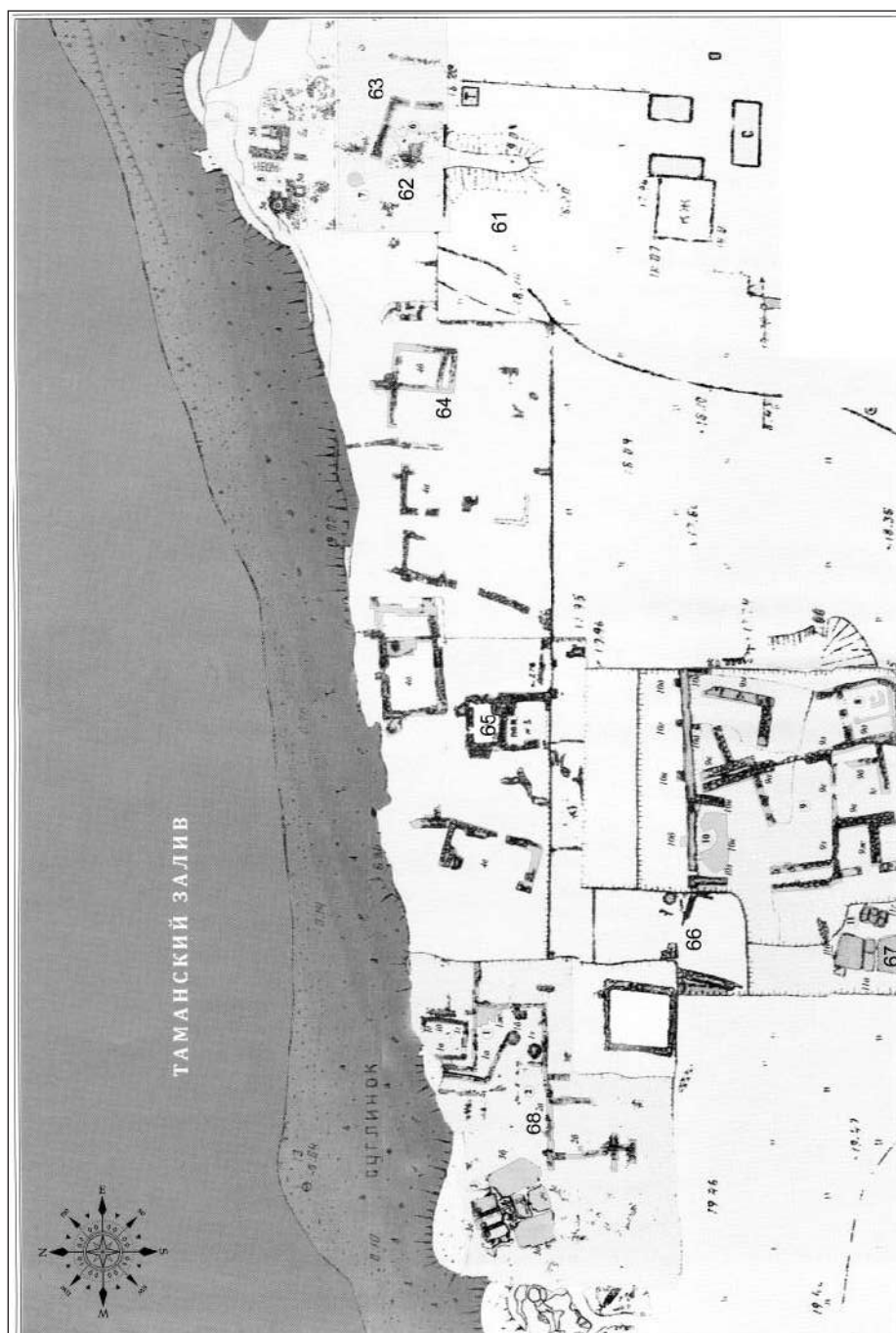


Рис. 1. План Гермонассы-Тмутаракани (по [Археологический..., 2011] с изменениями).
Цифры означают точки наблюдений, описание которых приведено ниже.

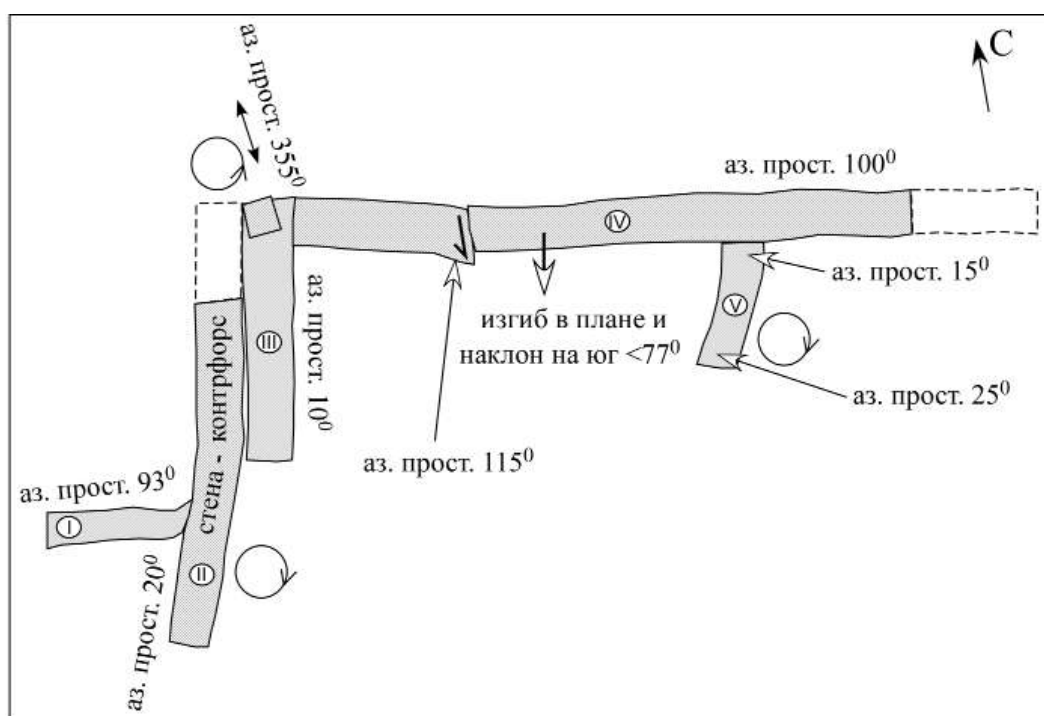


Рис. 2. Схематическая зарисовка одного из строительных комплексов Гермонассы в точке наблюдения 61-2016. Видны вращения, изгибы, наклоны и разрывы строительных элементов.

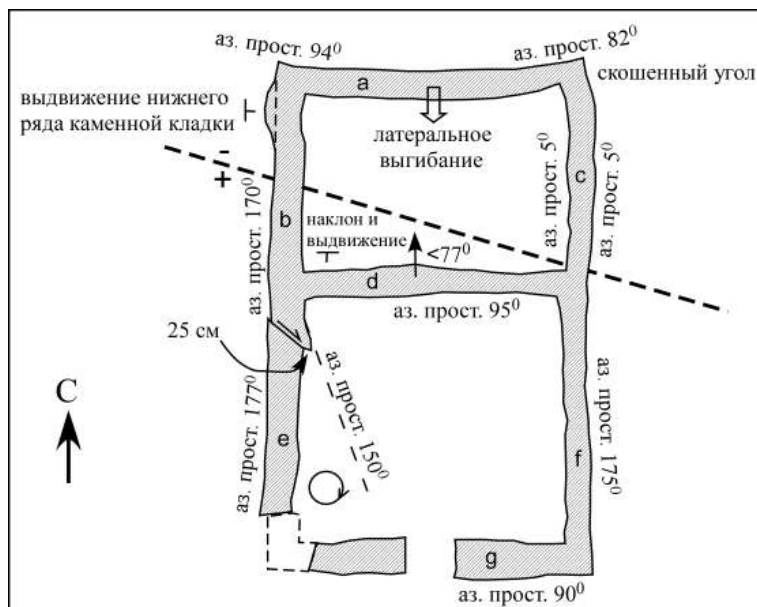


Рис. 3. Схематическая зарисовка одного из жилых домов IX–X вв. в т.н. 65-2016. Видны различные деформации в нижних – сохранившихся рядах кладки: выдвигания, наклоны, повороты, сколы, латеральные (в плане) выгибания, а также антиклинальный вал с северной асимметрией.



Рис. 4. Валообразное поднятие, нарушающее западную стену дома в т.н. 65-2016.

а – схематическая зарисовка, вид на восток; б – фотография 2016 г., вид на ССВ, стрелками показано крутое и короткое крыло вала. Объяснение в тексте.

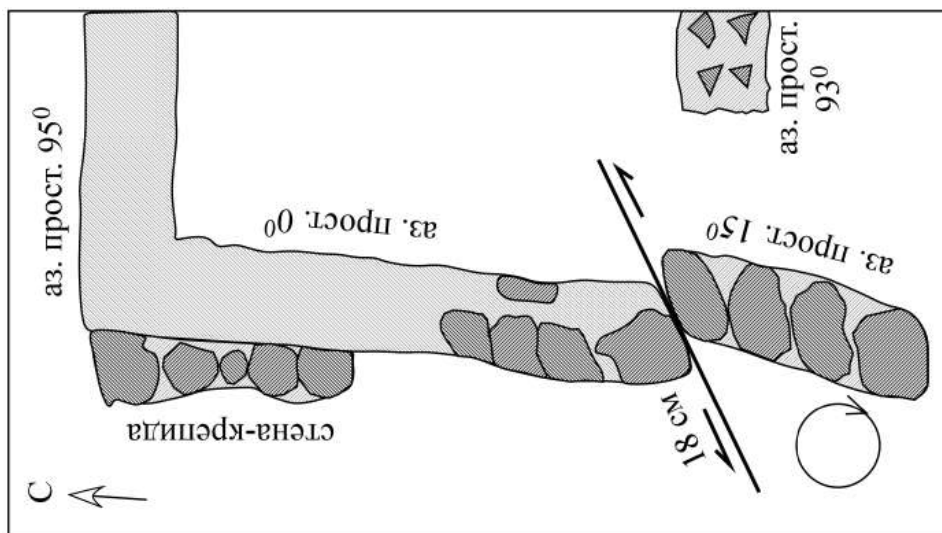


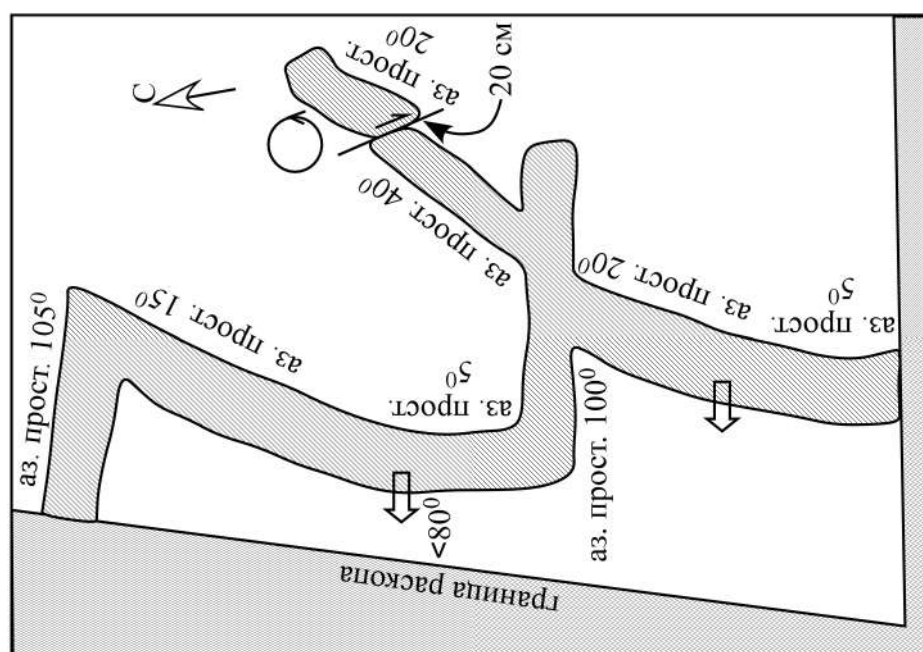
Рис. 6. Разрыв меридиональной стены, ее смещение в латеральном направлении и разворот по часовой стрелке в 3 метрах к западу от комплекса в т.н. 61-2016.



Рис. 5. Скол, наклон и выдвигание к югу, а также разворот по часовой стрелке западной части стены IV в т.н. 61-2016. Вид на восток.



б)



а)

Рис. 7. Останцы строительного комплекса в т.н. 62-2016 на нижней террасе Северного раскопа.
а) схематическая зарисовка комплекса, б) фотография южной стены комплекса, выгнутая в плане на восток; вид на север. Пояснения в тексте.



Рис. 8. Вращение против часовой стрелки на 15° одного из каменных блоков в СЗ углу одного из строительных комплексов в точке наблюдения 61-2016.

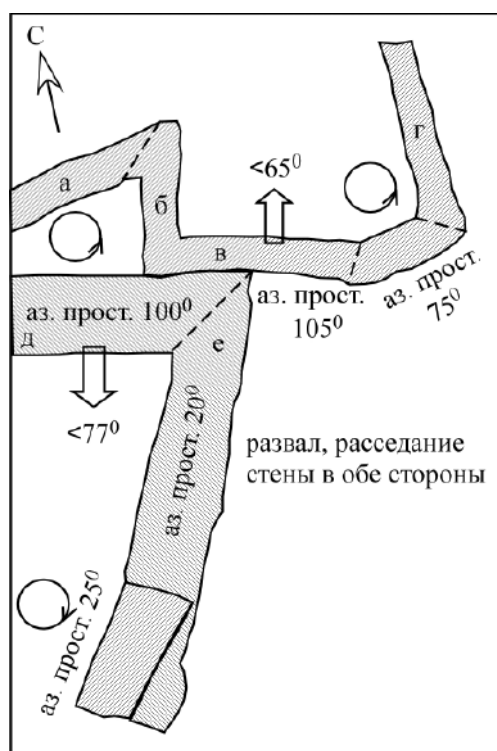


Рис. 9. Схематическая зарисовка строительного комплекса в т.н. 63-2016 со значительными разворотами стен или их частей.



Рис. 11. Дополнительная стена-контрфорс – слева (с запада) у одной из субмеридиональных стен в точке наблюдения 61-2016.



Рис. 10. Разворот по часовой стрелке верхней части субмеридиональной стены в т.н. 64-2016.



Рис. 12. Отхождение и разворот по часовой стрелке стены-крепиды (налево, на север) во время сильного землетрясения в т.н. 64-2016.

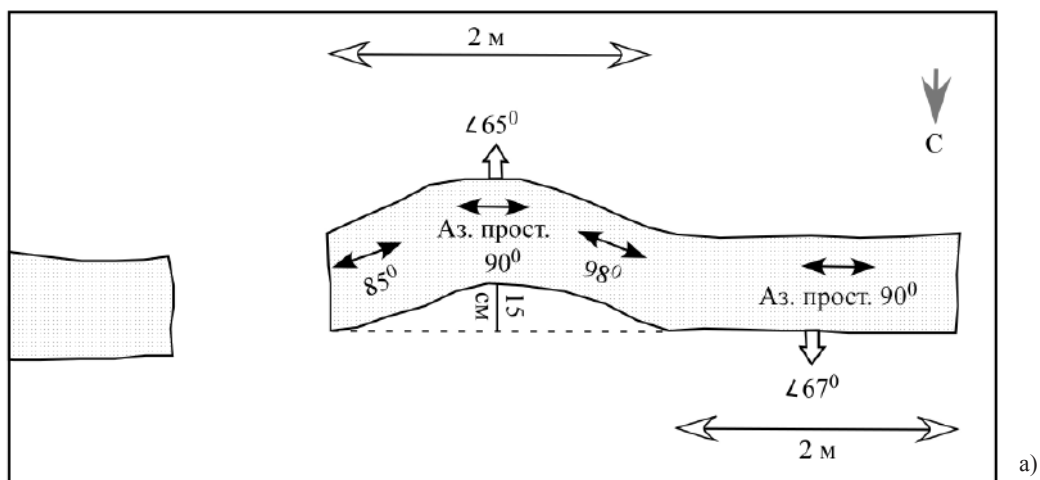


Рис. 13. Широтная стена античного времени в восточной части раскопа (т.н. 66-2016) имеет пропеллерное строение. Стрелки указывают наклон и выгибание разных участков стены в противоположных направлениях.



Рис. 14. Остатки – сохранившиеся давяльные площадки винодельни II–III вв. в т.н. 67-2016 в ЮВ углу археологического раскопа. Днища сильно наклонены на восток. На дне южной ванны стоят люди. Днище северной ванны показано стрелками. Вид на ЮЮЗ.

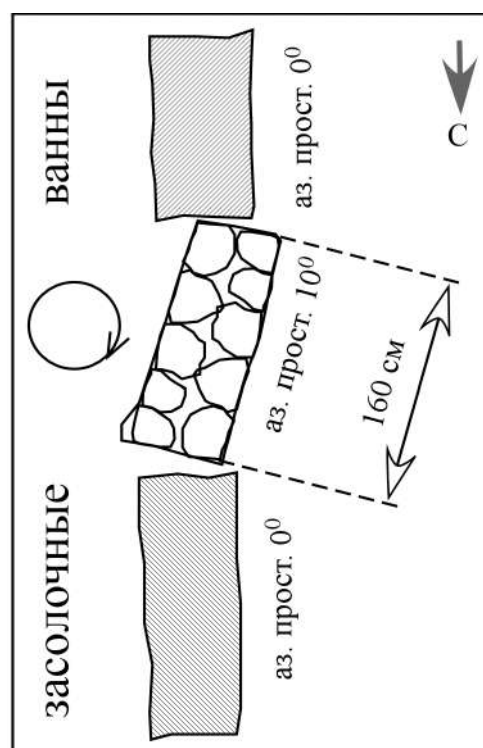


Рис. 15. Западная стена винодельни II–III вв. в т.н. 67-2016. Центральный фрагмент стены развернулся по часовой стрелке на 10°.

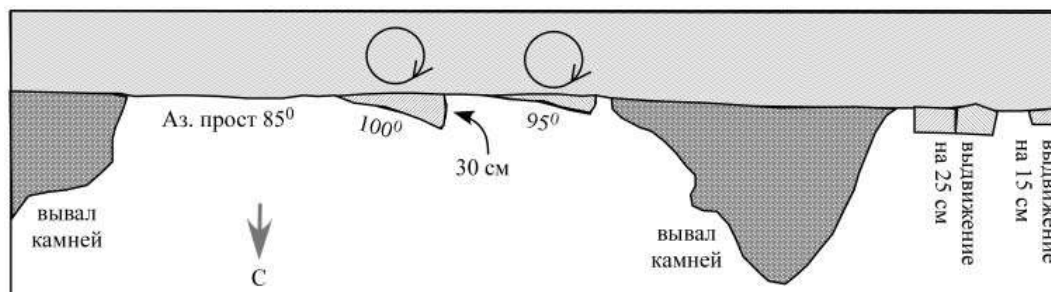


Рис. 16. Деформации субширотной античной стены V–III вв. до н.э. в т.н. 68-2016. Схематическая зарисовка, план. Для изучения был доступен лишь северный фас стены.

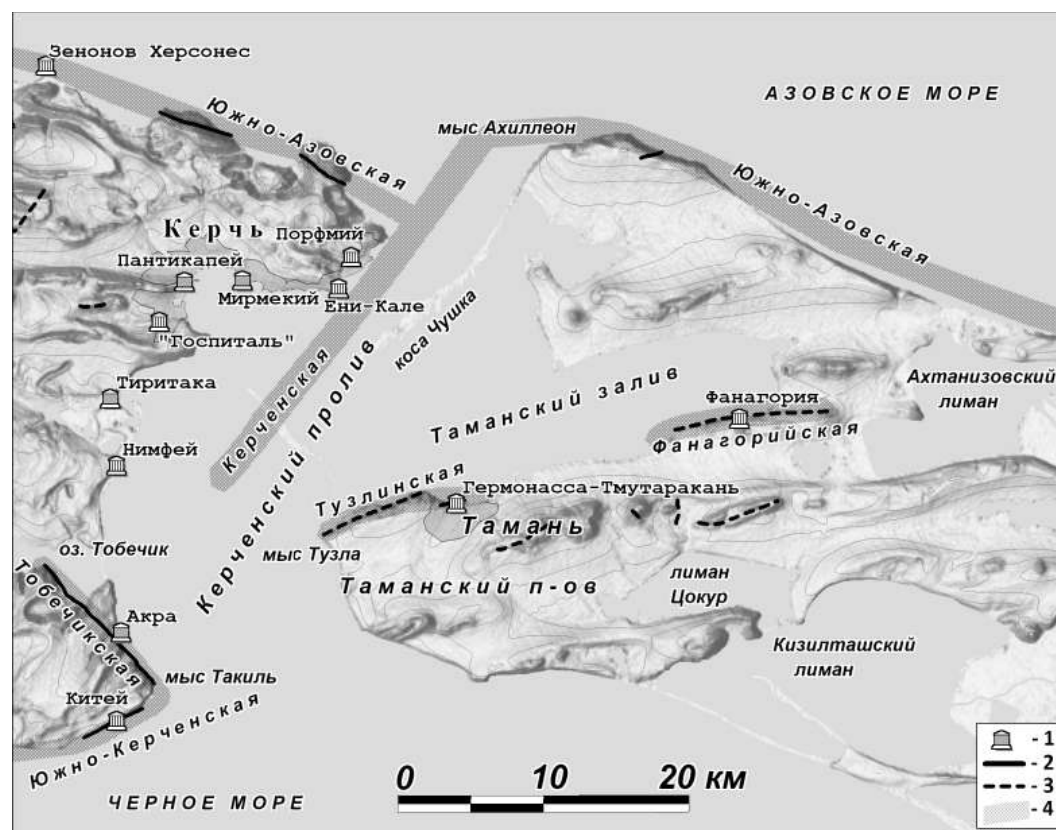


Рис. 17. Древние городища и очаги сильных землетрясений в районе Таманского полуострова.

1 – памятники древности со следами землетрясений, изученные авторами методами археосейсмологии; 2 – активные разломы с изученными следами сеймотектонических подвижек прошлого; 3 – флексурно-разрывные зоны (на берегу Таманского залива) и грязевулканические разломы (в глубине Таманского п-ва); 4 – очаговые зоны сильных землетрясений по палео- и археосейсмологическим данным.



Рис. 18. Вверху – изгиб подошвы позднеплейстоцен-голоценовых лёссовидных суглинков (показана линией) в южном крыле Тузлинской складки на северо-западной окраине ст. Тамань (вид на юго-восток). Внизу – надвиг в миоценовых породах там же.

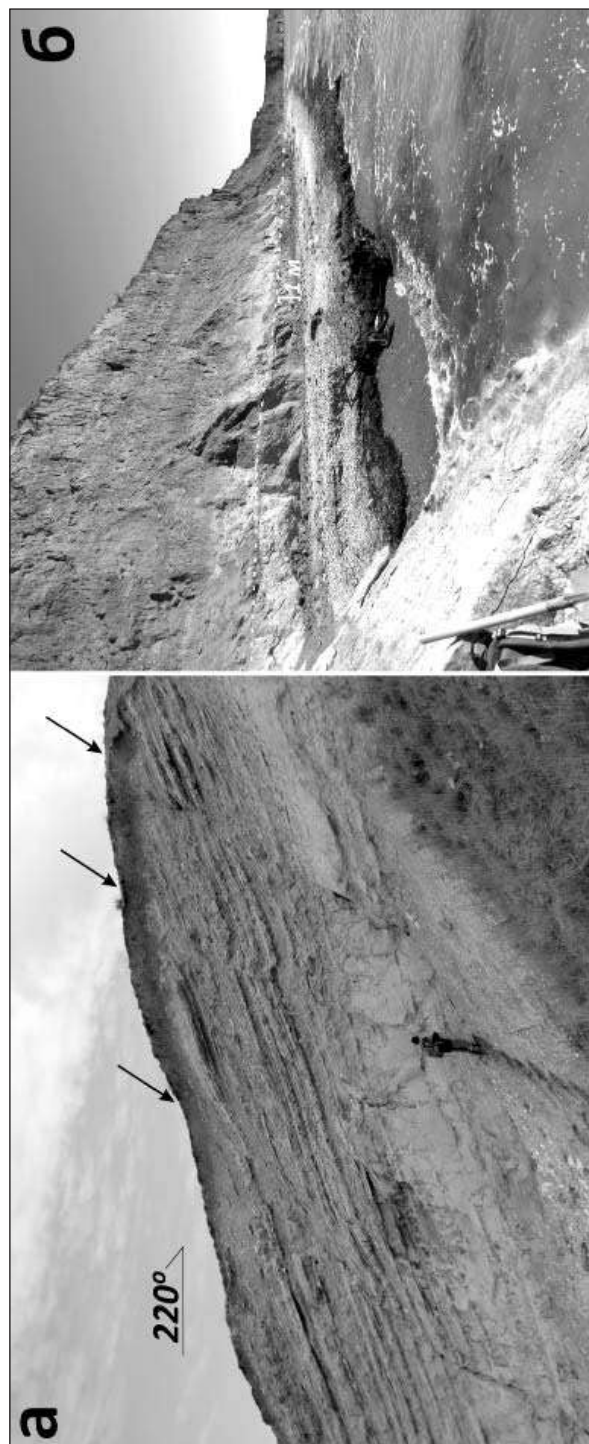


Рис. 19.

а – разрывы (показаны стрелками) в миоценовых известняках в стенке отрыва обвала у берега Таманского залива, ур. Белый обрыв в 1 км к северо-западу от ст. Тамань. б – изгиб подошвы позднеплейстоценовых осадков карангатской морской террасы (показана линией) в южном крыле Тузлинской складки, мыс Тузла (вид на юг).



Рис. 20. Субширотная стена на восточном краю археологического раскопа салтово-маяцкого времени еще была видна в 2016 г.