

УДК 551

СЛЕДЫ СИЛЬНОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ В СРЕДНЕВЕКОВОМ ГОРОДЕ ФАНАГОРИЯ НА ТАМАНСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

© 2017 А. Н. Овсяченко¹, к.г.-м.н., А. М. Корженков¹, д.г.-м.н., Р. Н. Вакарчук¹,
А. В. Горбатиков¹, к.ф.-м.н., А. С. Ларьков¹, Е. А. Рогожин^{1, 2}, д.г.-м.н.,
А. И. Сысолин¹

¹ФГБУН Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН, Россия, 123995, г. Москва, ул. Б. Грузинская, д. 10, стр. 1, e-mail: ovs@ifz.ru;

²Геофизический институт – филиал ФГБУН ФНЦ «Владикавказский научный центр Российской академии наук», Россия, 362002, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а

Руины хорошо изученного древнего города Фанагория предоставили уникальную возможность для восстановления неизвестной ранее страницы сейсмической истории Таманского полуострова. На основе собранных геологических, геофизических и археосейсмологических данных выдвинута гипотеза о гибели средневекового города Фанагория в результате катастрофического землетрясения в X веке. Город оказался прямо в месте выхода очага сильнейшего (9-10 баллов по шкале MSK-64) землетрясения на поверхность, связанного с Фанагорийской флексурно-разрывной зоной.

Ключевые слова: Керченско-Таманский регион, оценка сейсмической опасности, активные разломы, палеосейсмология, археосейсмология, историческая сейсмология.

Введение

Несмотря на современное сейсмическое затишье, Керченско-Таманский регион отличается высокой тектонической активностью. Она находит выражение, прежде всего, в разнообразных деформациях молодых отложений и форм рельефа, часто со следами сильных землетрясений относительно недалёкого прошлого. Для выявления, датирования и параметризации следов сильных землетрясений нами были использованы методы палеосейсмологии. Богатейшая материальная история и часто удивительная сохранность памятников древности самых различных эпох, дала возможность для широкого использования в рассматриваемом регионе методов архео- и исторической сейсмологии. Применение перечисленных методов позволяет последовательно восстанавливать страницы сейсмической истории региона, что является фундаментальной основой для оценки реальной сейсмической опасности.

Методы исследований

Палеосейсмологический подход основан на том, что сильнейшие землетрясения далёкого, часто доисторического прошлого оставляют на поверхности геологические следы – палеосейсмодислокации [Флоренсов, 1960; Солоненко, 1962]. Это положение имеет фундаментальное значение, т.к. по следам древних землетрясений возможно выявление потенциальных сейсмических очагов будущего. Основная задача исследований сводится к выявлению и изучению всех возможных следов сейсмогенной активизации в молодых отложениях и формах рельефа – первичных сеймотектонических разрывов, отражающих выход очага сильного землетрясения на поверхность, оползней, обвалов и др. [Палеосейсмология, 2011; Рогожин, 2012].

В настоящее время, помимо палеосейсмологических, активно развиваются методы архео- и исторической сейсмологии, направленные на выявление и параметризацию сейсмических событий путём анализа архитектурных и литературных памятников древности. Распознавание сейсмической природы повреждений архитектурных памятников наиболее достоверно при выявлении преимущественно ориентированного обрушения и деформирования строительных элементов. Систематические наклоны, выдвигания, обрушения, повороты элементов древних строительных конструкций, характерные для стен определенных простираний, представляют собой кинематические индикаторы характера деформаций [Korzhnikov, Mazor, 1999; Корженков, Мазор, 2001 и др.].

Перечисленные методы направлены на выявление сейсмоактивных структур в рельефе, молодых отложениях и памятниках древности. Кроме них используются разнообразные геофизические методы, которые нацелены на изучение активных структур на разной глубине. Поверхность Керченского и Таманского полуостровов за последние несколько тысяч лет оказалась почти полностью изменена сельскохозяйственной и строительной деятельностью человека. Кроме этого, наряду с плохой обнаженностью, широким развитием оползней, мощным покровом плохо стратифицированных лёссовидных суглинков, регион отличается весьма активным моделированием рельефа абразионными и эрозионно-склоновыми процессами. Строение глубоких горизонтов осадочного чехла Керченско-Таманского региона сильно замаскировано мощной толщей пластичных глинистых отложений. В таких условиях особую важность приобретает комплексирование геологических и геофизических методов, что позволяет оценивать поведение приповерхностных структур на глубине и повышает надёжность получаемых результатов.

Глубинное строение Керченско-Таманского региона было изучено методом микросейсмического зондирования (ММЗ) [Рогожин и др., 2015]. ММЗ – разработанный и запатентованный в Институте физики Земли РАН метод пассивной сейсморазведки [Горбатиков и др., 2008]. В качестве зондирующего сигнала метод использует фоновые колебания поверхности Земли и искажение амплитудного поля при взаимодействии со скоростными неоднородностями земной коры. Распределения амплитудной реакции неоднородностей на облучение микросейсмическими волнами позволяют выявлять конфигурацию как субвертикальных, так и субгоризонтальных скоростных границ на глубину до 60 км. На полученных разрезах отрицательные значения вариаций амплитуд отвечают уменьшению скоростей поперечных сейсмических волн по сравнению со средней скоростной моделью региона, и наоборот. Уменьшения скоростей сейсмических волн связываются в первую очередь с пониженной прочностью и тектонической нарушенностью среды, и, во вторую очередь, с изменением состава пород. О тектонических смещениях также свидетельствуют резкие изменения гипсометрии скоростных границ в верхней части слоистого осадочного чехла.

Приповерхностное строение предполагаемых молодых тектонических деформаций изучено методом MASW (сейсморазведочный метод многоканального анализа поверхностных волн). Метод используется для изучения строения разреза на малых глубинах. Использование методики MASW совместно с геологическим изучением разреза в канавах и шурфах уже показало свою эффективность в исследованиях тектонических деформаций молодых отложений для решения задач по выявлению активных разломов и оценке сейсмической опасности [Овсяченко и др.,

2013]. Её основное преимущество заключается в относительной дешевизне, простоте и оперативности при проведении полевых измерений и возможности получения информации об упругих параметрах разреза до глубины 12-15 м (в зависимости от расстановки сейсмоприемников).

Результаты исследований

За последние годы нами были собраны многочисленные свидетельства сейсмических разрушений древности на археологических памятниках самых разных эпох [Винокуров и др., 2015; Белик и др., 2016; Корженков и др., 2014, 2016а, б; 2017; Соколова и др., 2017]. По мере детализации полевых палеосейсмологических, геофизических и неотектонических исследований [Овсюченко и др., 2015; 2017а, б; Рогожин и др., 2015], всё более явно выступает основная особенность региона, которая заключается в обусловленности морфологии современных побережий зонами крупных активных разломов или складчато-разрывных зон (рис. 1).

Не представляет исключения и побережье Таманского залива. К востоку от залива на глубинном геофизическом разрезе ММЗ «Вышестеблиевская – Кучугуры» чётко выделяются близвертикальные зоны пониженной прочности, отвечающие разломам, обрамляющим опущенный блок Таманского залива с севера и юга (рис. 2). В приповерхностной части разреза наиболее отчетливо проявлена южная разломная граница, в четвертичных отложениях представленная Фанагорийской флек-

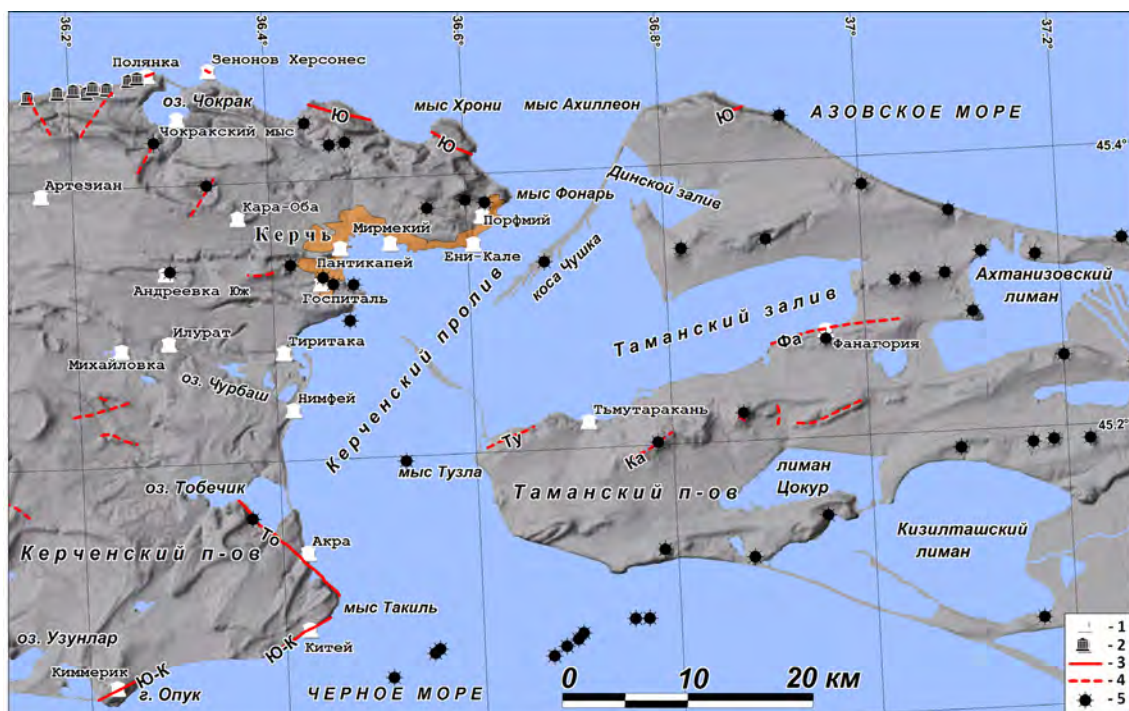


Рис. 1. Древние городища и активные разломы Керченско-Таманского региона.

1, 2 – памятники древности со следами землетрясений: 1 – изученные авторами с археосейсмологическим подходом; 2 – исследование которых планируется; 3 – активные разломы с изученными следами сеймотектонических подвижек прошлого (Ю – сегменты Южно-Азовского разлома; То – Тобечикский; Ю-К – сегменты Южно-Керченского разлома); 4 – активные разломы по структурно-геоморфологическим данным, связанные с грязевулканической деятельностью (Ка – Карабетовский) и флексуно-разрывные изгибы четвертичных отложений (Ту – Тузлинская, Фа – Фанагорийская); 5 – грязевые вулканы

сурно-разрывной зоной. Схожая структура, пока не изученная в приповерхностном разрезе, наблюдается в северной части профиля ММЗ. Фанагорийская зона вытянута вдоль южного берега Таманского залива и продолжается восточнее, в пределах полуострова. Западнее, в районе Тамани, она продолжается Тузлинской флексурно-разрывной зоной. В наблюдаемых разрезах четвертичных отложений эти структуры выражены изгибами слоёв, тогда как неогеновые осадки смяты в узкие антиклинальные складки, разорванные соскладчатыми взбросо-надвигами.

Фанагорийская флексурно-разрывная зона прослеживается в восточной части южного берега Таманского залива, где расположен известный древний город Фанагория. Здесь, в прибрежном обрыве можно наблюдать отмеченные ранее [Трифонов, Караханян, 2004] флексурные изгибы неогеновых и четвертичных слоёв и их погружение в сторону моря, т. е. опущенного блока Таманского залива. Западнее Фанагории, флексура выражена в песчано-глинистых и железорудных отложениях плиоценового возраста и покровных позднеплейстоцен-голоценовых суглинках (рис. 3). К востоку от Фанагории можно наблюдать изгиб позднеплейстоценовых лёссов, маркируемый прослоями ископаемых почв (рис. 4).

Наблюдаемые изгибы слоёв свидетельствуют о молодом (позднеплейстоцен-голоценовом) возрасте тектонических деформаций вдоль южного берега Таманского залива. Вопрос о тектонических движениях в позднем голоцене, в виду сильной пе-

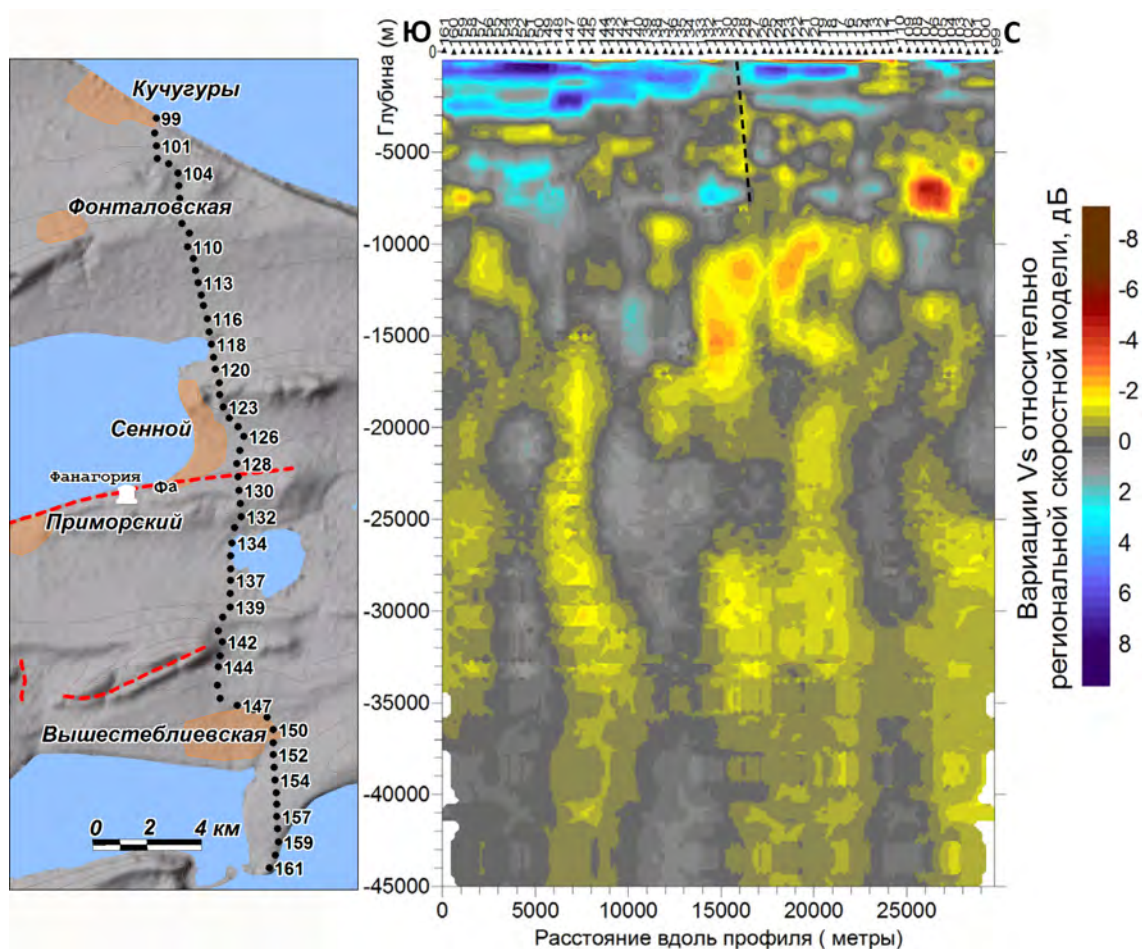


Рис. 2. Геофизический разрез ММЗ и положение точек измерений по профилю «Вышестеблиевская – Кучугуры». Штриховой линией на разрезе показана Фанагорийская флексурно-разрывная зона в недрах земной коры. На карте: Фа – Фанагорийская флексурно-разрывная зона.

реработки рельефа абразионной и человеческой деятельностью, на основании наблюдений только в покровных и морских четвертичных отложениях пока остается открытым. Однако, начало археологических раскопок на нижнем плато Фанагории в 2015 г. позволяет попробовать внести ясность в этот вопрос. Верхний слой средневекового города датируется IX-X вв. [Фанагория, 2015]. В это время Фанагория входила в состав Хазарского каганата.



Рис. 3. Изгиб плиоценовых песчано-глинистых отложений и покровных суглинков к западу от Фанагории.



Рис. 4. Изгиб позднелейстоценовых лёссов к востоку от Фанагории.

Нижнее плато городища представляет собой площадку позднеплейстоценовой морской террасы, почти целиком сложенной культурными слоями античности и средневековья. На происхождение площадки указывают древние абразионные уступы, обрамляющие плато с юга. Изгибы слоёв, наблюдаемые на западной и восточной окраинах плато, трассируются в его центральную часть.

На раскопе позднего средневекового города в пределах нижнего плато нами были выявлены следы значительных сейсмических разрушений. Прежде всего, нами был установлен излом материка – поверхности, на которой строились древние здания на нижней площадке (рис. 5). Хотя от древних каменных кладок времени Хазарского каганата остались лишь фундаменты и (в редких случаях) 1-2 слоя надфундаментной каменной кладки, отчетливо виден наклон остатков стен меридионального простирания в обе стороны от оси Фанагорийской флексуры (разлома?). Северная часть археологического раскопа вместе с остатками строений наклонилась на север, что как-бы естественно – по уклону рельефа и в соответствии с силами гравитации. В то же время, южная часть площадки – археологического материка наклонилась на юг. Этот наклон никак нельзя объяснить гравитацией, он произошел против уклона рельефа. В данном случае деформации всего археологического памятника имели место тектонические причины. Можно полагать, что здесь, на локальном участке произошло «вздутие» земной поверхности (образование вала сжатия) в пределах более протяженной линейной системы сейсмотектонических деформаций вытянутых вдоль берега Таманского залива.



Рис. 5. Излом древней площадки – археологического материка, на котором были построены древние постройки хазарского времени в Фанагории. По обе стороны от флексуры стены каменной кладки (в ёлочку) меридионального простирания систематически наклонилась на север и на юг. «+» – висячее крыло Фанагорийской флексурно-разрывной зоны (разлома?), «-» – лежащее (опущенное) крыло. Вид на восток.

Для изучения излома материка позднего средневекового городища на глубину, вдоль восточной окраины нижнего раскопа Фанагории были выполнены профильные геофизические исследования по методике MASW (сейсморазведочный метод многоканального анализа поверхностных волн) (рис. 6, 7).

В средней части полученного скоростного разреза (рис. 7) вдоль всего профиля прослеживается высокоскоростной слой, вещественная идентификация которого затруднена в силу низкой изученности геологического строения плато. В то же время, полученный скоростной разрез даёт представление об общих структурных чертах геологического разреза в восточной части раскопа до глубины 9-10 м. В районе 23-25 м профиля основной высокоскоростной слой разреза резко прерывается отчётливой низкоскоростной близвертикальной зоной, что говорит о потере прочностных свойств и тектоническом нарушении в этом интервале. Севернее тектонического



Рис. 6. Схема расположения раскопов Фанагорийского городища, сейсморазведочного профиля MASW и объёмная модель рельефа на основе космоснимка (<http://sat01.maps.yandex.net/tiles?l=sat&x=>) и цифровой модели рельефа SRTM.

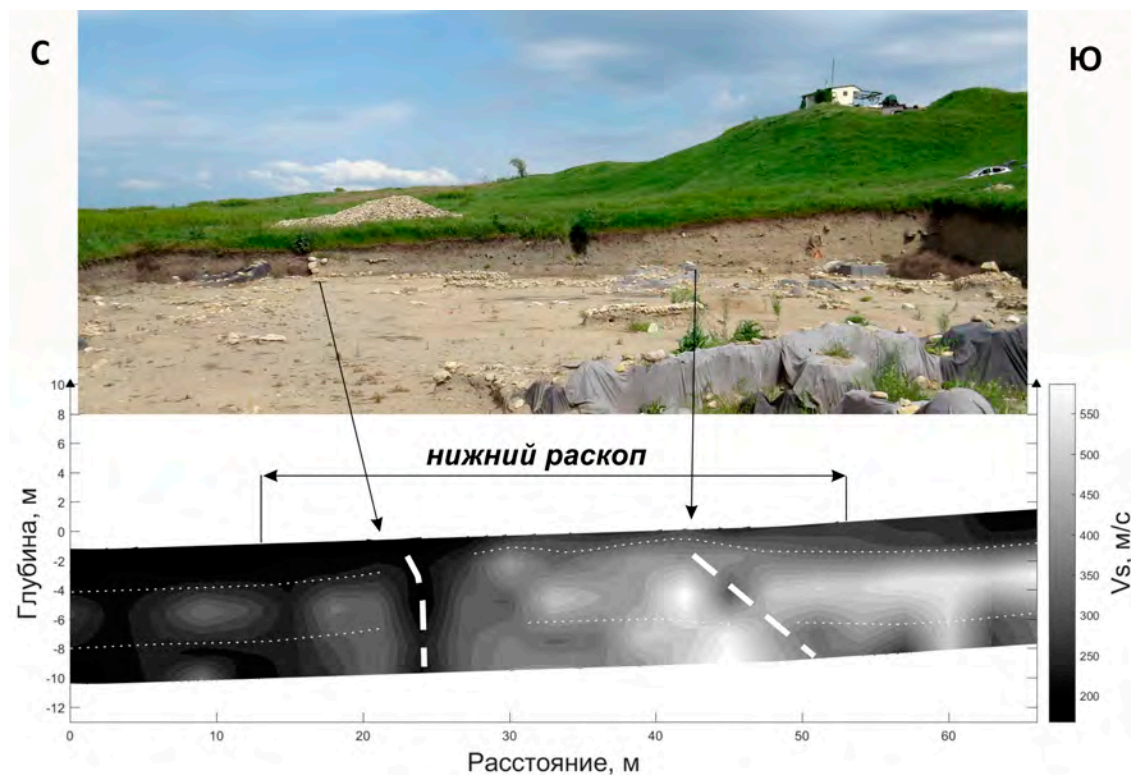


Рис. 7. Скоростной разрез поперечных сейсмических волн вдоль восточной окраины нижнего раскопа Фанагории. Стрелками показаны: излом материка позднего средневекового городища (справа, т. е. в южной части раскопа) и резкое увеличение мощности гумуссированного культурного слоя (в северной части раскопа). На разрезе белыми линиями показаны: кровля и подошва условно единого, основного высокоскоростного слоя.

нарушения высокоскоростной слой лишь условно сопоставляется со слоем, слагающим южную половину разреза. Здесь, т. е. к северу от нарушения, его вещественный состав скорее всего отличается, и он выделяется как высокоскоростной лишь на фоне подстилающего и перекрывающего слоёв, скорости которых существенно ниже чем в южной части профиля. В стенке раскопа выявленному тектоническому нарушению отвечает резкое увеличение мощности гумуссированного культурного слоя. Для получения более определённых выводов этот участок требует тщательного изучения в стенке раскопа на всю глубину культурных накоплений городища.

В южной части профиля основной высокоскоростной слой уверенно прослеживается на расстоянии около 20 м параллельно дневной поверхности в ненарушенном залегании. В центральной части профиля, высокоскоростной слой теряет свою однородность и испытывает изгиб. Этот изгиб сопровождается слабовыраженной (неконтрастной), полого падающей в южном направлении низкоскоростной зоной, которую с определённой долей условности можно ассоциировать с тектоническим нарушением. Именно с этим изгибом связан излом материка позднего средневекового городища, который по своей морфологии обнаруживает сходство с изгибом кровли высокоскоростного слоя. Последний расположен над выходом неконтрастной низкоскоростной зоны к поверхности. В целом, полученный скоростной разрез позволяет говорить о соответствии деформации материка позднего средневекового городища структуре более глубоких слоёв разреза, что определённо может свидетельствовать об их тектонической природе.

В восточной стенке раскопа изгиб материка позднего средневекового городища сменяется резкой ступенью, вдоль которой происходит погружение всех культурных слоёв разреза. В то же время, в западной части раскопа излом материка постепенно выравнивается.

Деформации стен были встречены нами и на верхней археологической площадке древней Фанагории. Здесь стены античного времени имеют разную сохранность (рис. 8). Стена широтного простирания почти полностью уничтожена, а смежная перпендикулярная меридиональная стена гораздо лучше сохранилась. Подобная избирательная сохранность стен может быть объяснена максимальными сейсмическими колебаниями, параллельными простиранию сохранившейся стены [Kogjenkov, Mazog, 1999]. Каменные блоки южной стены имеют небольшой наклон и выдвинулись на север. А так как меридиональная – восточная стена имеет еще и небольшой наклон за запад, то максимальные сейсмические колебания подходили, по всей видимости, с ССЗ.

Хотя архитектурный план нижней – приморской площадки древней Фанагории представляет собой соединенные друг с другом довольно правильными прямоугольниками различных размеров, в одном месте этот порядок был нарушен (рис. 9). Западные части двух добротных широтных стен оказались утраченными – разрушенными, в связи с чем сохранившиеся участки позже были соединены – замкнуты кривой в плане стеной плохого качества строительства. Возможно, что полное разрушение упомянутых частей стен имело место в связи с просадкой, которая хорошо видна в меридиональной стене, расположенной к востоку от новой стены СВ простирания (рис. 10).



Рис. 8. Разная сохранность стен на верхней археологической площадке Фанагории. Южная стена сохранилась плохо, некоторые ее строительные блоки выдвинулись к северу. Восточная стена сохранилась лучше и немного наклонилась на запад, что не совпадает с уклоном местности и свидетельствует, возможно, о сейсмических колебаниях, пришедших к стенам обоих направлений с ССЗ. Вид на север.



Рис. 9. Утраченные части стен (показаны штриховыми линиями), которые были построены «в ёлочку» во времена Хазарского каганата. Сохранившиеся части широтных стен были позднее замкнуты более поздней стеной СВ простирания (показана парой стрелок) более низкого качества строительства. Один из авторов статьи сидит в левой части снимка и чешет свой затылок, пытаясь разобраться в причинах разрушения. Вид на север.



Рис. 10. Просадка в центральной части стены, построенная во время Хазарского каганата («в ёлочку»). Следующая к западу меридиональная стена полностью была разрушена из-за просадки, в связи с чем на ее месте была возведена новая стена более низкого качества. Вид на запад.

Одним из свидетельств нарушений грунта могут служить деформированные сосуды. Один такой сосуд – пифос был исследован нами на нижнем раскопе в Фанагории. Округлый и симметричный пифос был закопан в землю. Он был сплюснут и расколот (рис. 11) из-за движения грунта, возможно во время сильного древнего землетрясения. Сосуд теперь имеет длинную ось ЮВ простирания, что свидетельствуют о деформации сжатия в СЗ направлении, что не совпадает с уклоном рельефа местности (силами гравитации).

Обсуждение результатов

В целом, приведённые факты и соображения позволяют выдвинуть гипотезу о гибели средневековой Фанагории в результате катастрофического землетрясения. Причем город оказался прямо в месте выхода очага сильнейшего (9-10 баллов по шкале MSK-64) землетрясения на поверхность. Также можно предположить, что именно по причине страшных разрушений город Фанагория, в отличие от соседней Таматархи-Тьмутаракани (современная Тамань), в X веке прекратил своё существование, оказавшись непригодным для жизни. Ранее было выдвинуто мнение о том, что в начале X века Фанагория была заброшена жителями вследствие изменения экономико-политической ситуации и повышения уровня моря [Атавин, 1988]. Начиная с середины X века в исторических документах на побережье Таманского залива упоминается только Таматарха, хотя какая-то жизнь в Фанагории продолжалась до XI века [Кузнецов, Голофаст, 2010]. Надо сказать, что очаг землетрясения X века с $M=6,7\pm 0,5$ и интенсивностью сотрясений $9,0 \pm 0,5$ баллов уже помещен в акваторию Керченского пролива [Никонов, 2000], хотя конкретных сведений об этом событии А. А. Никоновым не приводятся.



Рис. 11. Сплющивание сосуда – пифоса в СЗ направлении. Нижняя площадка Фанагорийского раскопа. Объяснения в тексте.

Возможно, в результате сейсмостектонических деформаций дневной поверхности произошла резкая миграция побережья на юго-востоке Таманского залива, заиливание протоки Кубани впадавшей в залив юго-западнее современного п. Приморский [Трифонов, Караханян, 2004; Паромов, 2015], и как следствие – утрата природных условий для судоходства торговых судов с большой осадкой в районе Фанагории. Проверка этой гипотезы требует проведения специальных исследований – палеогеография южного побережья Таманского залива изучена слабо [Горлов и др., 2004]. Так, результаты многочисленных археолого-палеогеографических исследований говорят о существовании в античное время на месте современных Кизилташского, Ахтанизовского лиманов, русла Старой Кубани и современной долины Кубани вплоть до ст. Варениковской обширного пролива, объединявшего Чёрное и Азовское моря [Журавлев и др., 2015; Сударев и др., 2017 и др.]. В то же время, существование пролива соединявшего Таманский залив через понижение, в котором расположен лиман Солёный, с этим древним проливом, является предметом острой дискуссии [Паромов, 2015]. Причину тому можно усматривать в низкой палеогеографической изученности юго-восточного побережья Таманского залива. Не только в этом районе, но и по всему Керченско-Таманскому региону, получаемые разными авторами палеогеографические данные сопоставляются между собой крайне неоднозначно, основной причиной чему являются не всегда учитываемые неравномерные позднеголоценовые тектонические движения, размах которых при землетрясениях может достигать многих метров. К примеру, величина поднятия азовского побережья Таманского п-ова относительно берегов Таманского залива и прилегающих к нему участков побережья Керченского пролива за последние 3–4 тыс. лет оценивается в 3–4 м [Трифонов, Караханян, 2004], что является следствием импульсных сейсмостектонических подвижек по Южно-Азовскому активному разлому [Никонов, 1994; Овсяченко и др., 2015].

О землетрясении X в. имеются косвенные свидетельства из средневековых словес Таматархи-Тьмутаракани. Здесь, в начале XI века, вне связи с пожаром и разрушениями военного времени, крепостная стена IX века изнутри была укреплена 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 полагать, что необходимость антисейсмического укрепления стены была связана с сейсмическими разрушениями в X веке. Однако разрушения Таматархи-Тьмутаракани не имели такого катастрофического характера как в Фанагории. В 2015 г., в связи с изысканиями под газопровод Краснодарский край – Крым, нами была детально изучена трассируемая в этом районе Тузлинская флексурно-разрывная зона, где следов сейсмостектонических деформаций выявлено не было. По всей видимости, очаг землетрясения X века не распространился далее Фанагорийской флексурно-разрывной зоны. В итоге Фанагория уступила первенство на полуострове соседней Таматархе-Тьмутаракани [Атавин, 1988; Кузнецов, Голофаст, 2010].

Заключение

На основе собранных геологических, геофизических и археосейсмологических данных выдвинута гипотеза о гибели средневекового города Фанагория в результате катастрофического землетрясения в X веке. Город оказался прямо в месте выхода

очага сильнейшего (9-10 баллов по шкале MSK-64) землетрясения на поверхность, связанного с Фанагорийской флексурно-разрывной зоной. Окончательно выяснить причину и возраст разрушения Фанагории, подтвердить или опровергнуть выдвинутую гипотезу, предстоит после окончания ведущихся по настоящее время раскопок, обработки археологического материала и продолжения палео-, археосейсмологических и палеогеографических исследований.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 15-05-06197).

Литература

1. Атавин А. Г. Средневековая Фанагория и её место среди одновременных памятников Северного Причерноморья // Славяне и их соседи. Место взаимных влияний в процессе общественного и культурного развития. Эпоха феодализма. – М., 1988. – С. 21-23.
2. Белик Ю. Л., Корженков А. М., Куликов А. В., Ларьков А. С., Мараханов А. Н., Овсяченко А. Н., Рогожин Е. А. Сейсмогенные деформации в стенах позднесредневековой крепости Ени-Кале в Восточном Крыму // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2016. – Т. 43. № 2. – С. 17-35.
3. 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.
4. Горбатиков А. В., Степанова М. Ю., Кораблев Г. Е. Закономерности формирования микросейсмического поля под влиянием локальных геологических неоднородностей и зондирование среды с помощью микросейсм // Физика Земли. – 2008. – № 7. – С. 66-84.
5. Горлов Ю. В., Поротов А. В., Столярова Е. В. К оценке изменений уровня Чёрного моря в античный период по археолого-палеогеографическим данным // Древности Боспора. – 2004. – Вып. 7. – С. 117-127.
6. Журавлев Д. В., Дан А., Герке Х. Й., Кельтербаум Д., Шлотцауэр У. Новые данные о географии Таманского полуострова в античное время // Боспор Киммерийский и варварский мир в период античности и средневековья. Географическая среда и социум. Боспорские чтения. Вып. XVI. – Керчь. – 2015. – С. 107-115.
7. Корженков А. М., Мазор Э. Структурная реконструкция сейсмических событий: руины древних городов как окаменевшие сейсмографы // Изв. МОН РК, НАН РК. Серия общественных наук. – 2001. – № 1. – С. 108-125.
8. Корженков А. М., Овсяченко А. Н., Ларьков А. С. Сейсмические деформации в древнем городе Илурате // Природа. – 2016а. – № 10. – С. 30-38.
9. Корженков А. М., Ларьков А. С., Мараханов А. В., Молев Е. А., Овсяченко А. Н., Рогожин Е. А., Хршановский 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.
10. Корженков А. М., Овсяченко А. Н., Ларьков А. С., Мараханов А. В., Рогожин Е. А. Археосейсмологическое исследование древних исторических и археологических памятников в Феодосии, Крым // Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов. VII Международный симпозиум. – Бишкек. – 2014. – С. 26-29.

11. Кузнецов В. Д., Голофаст Л. А. Дома хазарского времени в Фанагории // Проблемы истории, филологии, культуры. – 2010. – № 27. – С. 393-429.
12. Никонов А. А. Признаки молодой тектонической активности в зонах Южно-Азовского и Керченского разломов // Геотектоника. – 1994. – № 5. – С. 16-28.
13. Никонов А. А. Сейсмический потенциал Крымского региона: Сравнение региональных карт и параметров выявленных событий // Физика Земли. – 2000. – № 7. – С. 53-62.
14. Овсяченко А. Н., Калинина А. В., Аммосов С. М., Вакарчук Р. Н., Новиков С. С., Ларьков А. С., Мараханов А. В. Использование сейсморазведки методом MASW в сейсмотектонических исследованиях (на примере Дальнего Востока России) // Инженерные изыскания. – 2013. – № 2. – С. 38-48.
15. 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.
16. Овсяченко А. Н., Корженков А. М., Ларьков А. С., Мараханов А. Н., Рогожин Е. А. Новые сведения об очагах сильных землетрясений в районе Керченского полуострова // Доклады АН. – 2017а. – Т. 472. № 1. – С. 89-92.
17. Овсяченко А. Н., Корженков А. М., Ларьков А. С., Рогожин Е. А., Мараханов А. Н. Оценка сейсмической опасности низкоактивных областей на примере Керченско-Таманского региона // Наука и технологические разработки. – 2017б. – Т. 96. № 1. – С. 15-28.
18. Паромов Я. М. Краеугольный камень Таманской палеогеографии // Краткие сообщения Института археологии. – 2015. – Вып. 241. – С. 137-153.
19. Палеосейсмология. В 2-х томах/Ред. Дж. П. Мак-Калпин. – М.: Научный Мир, 2011.
20. Плетнева С. А. Оборонительная стена в Таматархе-Тмутаракани // Историко-археологический альманах. Вып. 6. – Армавир: Армавирский краеведческий музей, 2000. – С. 21-28.
21. Рогожин Е. А. Очерки региональной сейсмотектоники. – М.: ИФЗ РАН, 2012. – 340 с.
22. Рогожин Е. А., Горбатилов А. В., Овсяченко А. Н. Активные разломы и глубинное строение зоны Керченского пролива // Геология и геофизика Юга России. – 2015. – № 1. – С. 63-66.
23. 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.
24. Сударев Н. И., Поротов А. В., Гарбузов Г. П. Некоторые результаты археолого-палеогеографических исследований в долине Кубани // Боспор Киммерийский и варварский мир в период античности и средневековья. Торговля: пути-товары-отношения. XVII Боспорские чтения. – Керчь. – 2017. – С. 544-551.
25. Трифонов В. Г., Караханян А. С. Геодинамика и история цивилизаций. – М.: Наука, 2004. – 668 с.
26. Солоненко В. П. Определение эпицентральных зон землетрясений по геологическим признакам // Изв. АН СССР, Сер. геол. – 1962. – № 11. – С. 58-74.
27. Фанагория. Под ред. В. Д. Кузнецова и А. А. Завойкина. – М.: ИА РАН, 2015. – 176 с.

28. Флоренсов Н. А. О неотектонике и сейсмичности Монголо-Байкальской горной области // Геология и геофизика. – 1960. – № 1. – С. 74-90.

29. Korjenkov A. M., Mazor E. Earthquake characteristics reconstructed from archeological damage patterns: Shivta, the Negev Desert, Israel // *Isr. J. Earth Sci.* Vol. 48. 1999. P. 265-282.

TRACES OF THE STRONG EARTHQUAKE IN THE MEDIEVAL SETTLEMENT PHANAGORIA ON TAMAN PENINSULA

© 2017 A. N. Ovsyuchenko¹, Sc. Candidate (Geol.-Min.), A. M. Korjenkov¹, Sc. Doctor (Geol.-Min), R. N. Vakarchuk¹, A. V. Gorbatikov¹, Sc. Candidate (Phys.-Math.), A. S. Larkov¹, E. A. Rogozhin^{1, 2}, Sc. Doctor (Geol.-Min), A. I. Sysolin¹

¹Schmidt Institute of Physics of the Earth of the RAS, Russia, 123995, Moscow, Bolshaya Gruzinskaya Str., 10/1, e-mail: ovs@ifz.ru;

²Geophysical institute VSC RAS, Russia, 362002, RNO-Alania, Vladikavkaz, Markov Str., 93a

Ruins of well studied ancient settlement Phanagoria have given a unique opportunity for recovery of unknown earlier seismic history of Taman Peninsula. On the basis of collected geological, geophysical and archeoseismological data the hypothesis of death of the medieval settlement Phanagoria as a result of a catastrophic earthquake in the 10th century is made. The deep and near-surface structure of the Phanagoria deformation zone has been studied by seismic exploration. Along the southern coast of the Gulf of Taman the subvertical low-weak zone is detected. In outcrops the flexures of the neogen-quaternary layers and their immersion towards the sea are revealed. Deformation zone has been traced on the ancient settlement Phanagoria. On an excavation of the late medieval hillfort we have detected a ground flexure – to a surface on which ancient buildings of the 9-10th centuries were constructed. The settlement Phanagoria has appeared directly in the place of an exit of the source of the strongest (IX-X on MSK-64 scale) earthquake on a surface connected with the Phanagoria deformation zone.

Keywords: Kerch-Taman region, seismic hazard assessment, active faults, paleoseismology, archeoseismology, historical seismology.

References

1. Atavin A.G. Srednevekovaya Fanagoriya i eyo mesto sredi odnoveknykh pamyatnikov Severnogo Prichernomor'ya [Phanagoria and its place among the simultaneous monuments of the Northern Black Sea Coast]. *Slavyane i ih sosedi. Mesto vzaimnykh vliyaniy v processe obshchestvennogo i kul'turnogo razvitiya. Epoha feodalizma.* Moscow, 1988, pp. 21–23. (in Russian).

2. Belik Yu.L., Korzhenkov A.M., Kulikov A.V., Lar'kov A.S., Marahanov A.N., Ovsyuchenko A.N., Rogozhin E.A. Seismogennye deformatsii v stenah pozdnesrednevekovoy kreposti Eni-Kale v Vostochnom Krymu [Seismogenic deformations in the walls of the late medieval fortress of Yeni-Kale in the Eastern Crimea]. *Voprosy inzhenernoy seismologii*, 2016, Vol. 43, No. 2, pp. 17–35. (in Russian).

3. Vinokurov N.I., Korzhenkov A.M., Rodkin M.V. K ocenke seismicheskoy opasnosti raiona Kerchenskogo proliva po dannym archeoseismologii [To the assessment of the seismic hazard of the Kerch Strait area according to archeoseismology]. *Voprosy inzhenernoy seismologii*, 2015, Vol. 42, No. 2, pp. 51–66. (in Russian).

4. Gorbatikov A.V., Stepanova M.Yu., Korablev G.E. Zakonomernosti formirovaniya mikrozeismicheskogo polya pod vliyaniem lokal'nykh geologicheskikh neodnorodnostey i zondirovaniye sedy s pomoshh'yu mikrozeism [Regularities in the formation of a microseismic field under the influence of local geological inhomogeneities and sounding of the medium with the help of microseismic]. *Fizika Zemli*, 2008, No. 7, pp. 66–84. (in Russian).

5. Gorlov Yu.V., Porotov A.V., Stolyarova E.V. K ocenke izmeneniy urovnya Chyornogo morya v antichnykh

period po arheologo-paleogeograficheskim dannym [To the assessment of changes in the level of the Black Sea in the ancient period according to archeological and paleogeographic data]. *Drevnosti Bospora*, 2004, Issue 7, pp. 117–127. (in Russian).

6. Zhuravlev D.V., Dan A., Gerke H.J., Kel'terbaum D., Shlotcaujer U. Novye dannye o geografii Tamanskogo poluostrova v antichnoe vremya [New data on the geography of the Taman Peninsula in ancient times]. *Bospor Kimmerijskij i varvarskij mir v period antichnosti i srednevekov'ya. Geograficheskaya sreda i socium. Bosporskie chteniya*, Issue. XVI. Kerch', 2015, pp. 107–115. (in Russian).

7. Korzhenkov A.M., Mazor E. Strukturnaya rekonstrukciya seismicheskikh sobytij: ruiny drevnih gorodov kak okamenevshie seismography [Structural reconstruction of seismic events: the ruins of ancient cities like petrified seismographs]. *Izv. MON RK, NAN RK. Seriya obshchestvennykh nauk*, 2001, No. 1, pp. 108–125. (in Russian).

8. Korzhenkov A.M., Ovsyuchenko A.N., Lar'kov A.S. Seismicheskie deformacii v drevnem gorode Ilurat [Seismic deformation in the ancient city Ilurat]. *Priroda*, 2016, No. 10, pp. 30–38. (in Russian).

9. Korzhenkov A.M., Lar'kov A.S., Marahanov A.V., Molev E.A., Ovsyuchenko A.N., Rogozhin E.A., Hrshanovskij V.A. Sledy sil'nykh zemletrjasenij v krepostnykh stenah antichnogo goroda Kitej, Kerchenskij poluostrov [Traces of strong earthquakes in the fortress walls of the ancient city of Kitei, the Kerch Peninsula]. *Elita Bospora i bosporskaya elitarnaya kul'tura. Materialy mezhdunarodnogo kruglogo stola. St. Petersburg, PALLACO Publ.*, 2016, pp. 372–381. (in Russian).

10. Korzhenkov A.M., Ovsyuchenko A.N., Lar'kov A.S., Marahanov A.V., Rogozhin E.A. Arheoseismologicheskoe issledovanie drevnih istoricheskikh i arheologicheskikh pamyatnikov v Feodosii, Krym [Archaeoseismological study of ancient historical and archaeological sites in Feodosia, Crimea]. *Problemy geodinamiki i geoekologii vnutrikontinental'nykh orogenov. VII Mezhdunarodnyj simpozium. Bishkek*, 2014, pp. 26–29. (in Russian).

11. Kuznecov V.D., Golofast L.A. Doma hazarskogo vremeni v Fanagorii [Houses of the Khazar period in Phanagoria]. *Problemy istorii, filologii, kul'tury*, 2010, No. 27, pp. 393–429. (in Russian).

12. Nikonov A.A. Priznaki molodoy tektonicheskoy aktivnosti v zonah Yuzhno-Azovskogo i Kerchenskogo razlomov [Signs of young tectonic activity in the zones of the South Azov and Kerch Rifts]. *Geotektonika*, 1994, No. №5, pp. 16–28. (in Russian).

13. Nikonov A.A. Seismicheskij potencial Krymskogo regiona: Sravnenie regional'nykh kart i parametrov vyyavlennykh sobytij [Seismic potential of the Crimean region: Comparison of regional maps and parameters of detected events]. *Fizika Zemli*, 2000, No. 7, pp. 53–62. (in Russian).

14. Ovsyuchenko A.N., Kalinina A.V., Ammosov S.M., Vakarchuk R.N., Novikov S.S., Lar'kov A.S., Marahanov A.V. Ispol'zovanie seismorazvedki metodom MASW v seismotektonicheskikh issledovaniyah (na primere Dal'nego Vostoka Rossii) [The use of seismic prospecting by the MASW method in seismotectonic studies (on the example of the Far East of Russia)]. *Inzhenernye izyskaniya*, 2013, No. 2, pp. 38–48. (in Russian).

15. Ovsyuchenko A.N., Shvarev S.V., Lar'kov A.S., Marahanov A.V. Sledy sil'nykh zemletryasenij Kerchensko-Tamanskogo regiona po geologicheskim dannym [Traces of strong earthquakes in the Kerch-Taman region according to geological data]. *Voprosy inzhenernoj seismologii*, 2015, Vol. 42, No. 3, pp. 33–54. (in Russian).

16. Ovsyuchenko A.N., Korzhenkov A.M., Lar'kov A.S., Marahanov A.N., Rogozhin E.A. Novye svedeniya ob ochagah sil'nykh zemletrjasenij v rajone Kerchenskogo poluostrova [New information on the sources of strong earthquakes in the Kerch Peninsula]. *Doklady AN*, 2017, Vol. 472, No.1, pp. 89–92. (in Russian).

17. Ovsyuchenko A.N., Korzhenkov A.M., Lar'kov A.S., Rogozhin E.A., Marahanov A.N. Ocenka seismicheskoy opasnosti nizkoaktivnykh oblastej na primere Kerchensko-Tamanskogo regiona [Estimation of seismic hazard of low-active regions by the example of the Kerch-Taman region]. *Nauka i tehnologicheskie razrabotki*, 2017, Vol. 96, No.1, pp. 15–28. (in Russian).

18. Paromov Ya.M. Kraeugol'nyj kamen' Tamanskoj paleogeografii [The cornerstone of Taman paleogeography]. *Kratkie soobshheniya Instituta arheologii*, 2015, Issue 241, pp. 137–153. (in Russian).

19. Paleoseismologiya. V 2-h tomah [Paleoseismology. In 2 volumes]. Ed. by. Dzh.P. Mak-Kalpin. Moscow, Nauchnyj Mir Publ., 2011. (in Russian).

20. Pletneva S.A. Oboronitel'naya stena v Tamatarhe-Tmutarakani [Defensive wall in Tamatarkh-Tmutarakan]. *Istoriko-arheologicheskij al'manah*, Issue 6. Armavir, Armavirskij kraevedcheskij muzej Publ., 2000, pp. 21–28. (in Russian).

21. Rogozhin E.A. Ocherki regional'noj seismotektoniki [Essays on regional seismotectonics]. Moscow, IPE RAS, 2012. 340 p. (in Russian).

22. Rogozhin E.A., Gorbatikov A.V., Ovsyuchenko A.N. Aktivnye razlomy i glubinnoe stroenie zony Kerchenskogo proliva [Active faults and deep structure of the Kerch Strait zone]. *Geologiya i geofizika Yuga Rossii*, 2015, No. 1, pp. 63–66. (in Russian).

23. Sokolova O.Yu., Korzhenkov A.M., Ovsyuchenko A.N., Lar'kov A.S., Marahanov A.V. Perepletenie trgovno-ekonomicheskogo i prirodnogo faktorov v sud'be antichnogo goroda Nimfej [Intertwining trade and economic and natural factors in the fate of the ancient city of Nymphaeum]. Bospor Kimmerijskij i varvarkij mir v period antichnosti i srednevekov'ya. Torgovlya: puti-tovary-otnosheniya. XVII Bosporskie chteniya. Kerch', 2017, pp. 506–516. (in Russian).

24. Sudarev N.I., Porotov A.V., Garbuzov G.P. Nekotorye rezul'taty arheologo-paleogeograficheskikh issledovanij v doline Kubani [Some results of archaeological and paleogeographic studies in the Kuban valley]. Bospor Kimmerijskij i varvarkij mir v period antichnosti i srednevekov'ya. Torgovlya: puti-tovary-otnosheniya. XVII Bosporskie chteniya. Kerch', 2017, pp. 544–551. (in Russian).

25. Trifonov V.G., Karahanyan A.S. Geodinamika i istoriya civilizacij [Geodynamics and the history of civilizations]. Moscow, Nauka Publ., 2004. 668 p. (in Russian).

26. Solonenko V.P. Opredelenie epicentral'nyh zon zemletryasenij po geologicheskim priznakam [Definition of epicentral zones of earthquakes from geological evidence]. Izvestiya AN SSSR, Ser. geol., 1962, No. 11, pp. 58–74. (in Russian).

27. Fanagoriya [Phanagoria]. Ed. by V.D. Kuznecova and A.A. Zavojkina. Moscow, IA RAN, 2015. 176 p. (in Russian).

28. Florensov N.A. O neotektonike i seismichnosti Mongolo-Baikal'skoj gornoj oblasti [On neotectonics and seismicity of the Mongolian-Baikal mountain region]. Geologiya i geofizika, 1960, No. 1, pp. 74–90. (in Russian).

29. Korjenkov A.M., Mazor E. Earthquake characteristics reconstructed from archeological damage patterns: Shivta, the Negev Desert, Israel. Isr. J. Earth Sci., 1999, Vol. 48, pp. 265–282.