

УДК 551.2/3
PACS (PhySH) Earthquake detection & measurement

СЕЙСМИЧЕСКИЙ ФАКТОР В ИСТОРИИ ГОРОДИЩА «БЕЛИНСКОЕ» (КЕРЧЕНСКИЙ ПОЛУОСТРОВ, КРЫМ)

© 2022 г. В.Г. Зубарев¹, С.В. Ярцев¹, Д.Е. Едемский², А.М. Корженков³, А.С. Ларьков³,
Д.А. Моисеев^{4*}, А.Н. Овсяченко³, А.И. Сысолин³

¹ Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, г. Тула, Россия

² Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН,
г. Москва; г. Троицк, Россия

³ Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия

⁴ ООО «Цитадель», г. Симферополь, Республика Крым, Россия

*e-mail: ohotad@ukr.net

Поступила в редакцию 09.04.2022 г.; после доработки 03.05.2022 г.

Принята к публикации 05.05.2022 г.

Аннотация. Исследование посвящено изучению сейсмогенных деформаций в стенах древних сооружений городища «Белинское» на Керченском полуострове – пограничной крепости и города Боспорского царства. Особенностью настоящей работы является соединение натурного обследования археологических руин древней крепости, изучения архивных археологических материалов и полевых геофизических работ на территории городища и его ближайшей округи. В результате тесного и во многом уникального для крымской археологии сочетания методов полевой археологии, археосейсмологии, палеосейсмологии, сейсмотектоники и геофизики удалось получить комплексную сейсмическую историю городища, описать ранее неизвестные здесь землетрясения и датировать некоторые из них с точностью до половины десятилетия. Памятник и район его расположения в общей сложности пережили не менее трех катастрофических землетрясений. Первое с интенсивностью $I_L \geq IX$ баллов по шкале MSK-64 произошло до строительства крепости (не ранее начала II в.); его эпицентральная зона располагалась на территории и в районе городища. Второе землетрясение с интенсивностью $I_L \geq IX$ баллов по шкале MSK-64 произошло в третьей четверти III в. Городище «Белинское» находилось в очаговой зоне землетрясения. Оно произошло либо сразу после гибели городища в ходе военных действий в конце первого строительного периода или же заложило предпосылки для военной катастрофы. Третье землетрясение произошло между 318 и 322 г., что по времени совпадает с окончанием второго строительного периода в истории городища. Территория памятника попала в его эпицентральную зону, где произошел выход сейсмического очага на поверхность. Магнитуда землетрясения составила $M = 7.0(\pm 0.5)$, а интенсивность – $I_L \geq IX$ баллов по шкале MSK-64. Полученные данные могут быть использованы для новой оценки сейсмической опасности Крымского полуострова.

Ключевые слова: городище «Белинское», Боспорское царство, сейсмические деформации, кинематические индикаторы, археосейсмология, сейсмические разрывы, древние землетрясения, Северо-Восточный Крым.

DOI: <https://doi.org/10.21455/GPB2022.2-3>

Цитирование: Зубарев В.Г., Ярцев С.В., Едемский Д.Е., Корженков А.М., Ларьков А.С., Моисеев Д.А., Овсяченко А.Н., Сысолин А.И. Сейсмический фактор в истории городища «Белинское» (Керченский полуостров, Крым) // Геофизические процессы и биосфера. 2022. Т. 21, № 2. С. 44–70. <https://doi.org/10.21455/GPB2022.2-3>

ВВЕДЕНИЕ

Городище «Белинское» расположено в Восточном Крыму в 1.5 км к югу от современного с. Белинское (рис. 1). Время его существования – II–V вв. Раскопки городища с 1996 г. проводит Белинская археологическая экспедиция Тульского государственного педагогического университета (ТГПУ) им. Л.Н. Толстого под руководством доктора исторических наук, профессора В.Г. Зубарева. Городище располагается на крутом берегу балки Аджизель, занимая поверхность скального плато,

обрывы которого явно использовались в древности в качестве естественной защиты поселения. Площадь городища внутри периметра оборонительных стен составляет около 9 га. Примыкая к северному флангу древнего Узунларского оборонительного вала (см. рис. 1), городище в качестве мощной крепости защищало земли царской хоры Европейского Боспора. Однако изначально возведение такого серьезного укрепления на западных рубежах Боспорского царства, скорее всего, было связано с подготовкой к захвату Крымской Скифии. По-видимому, именно здесь

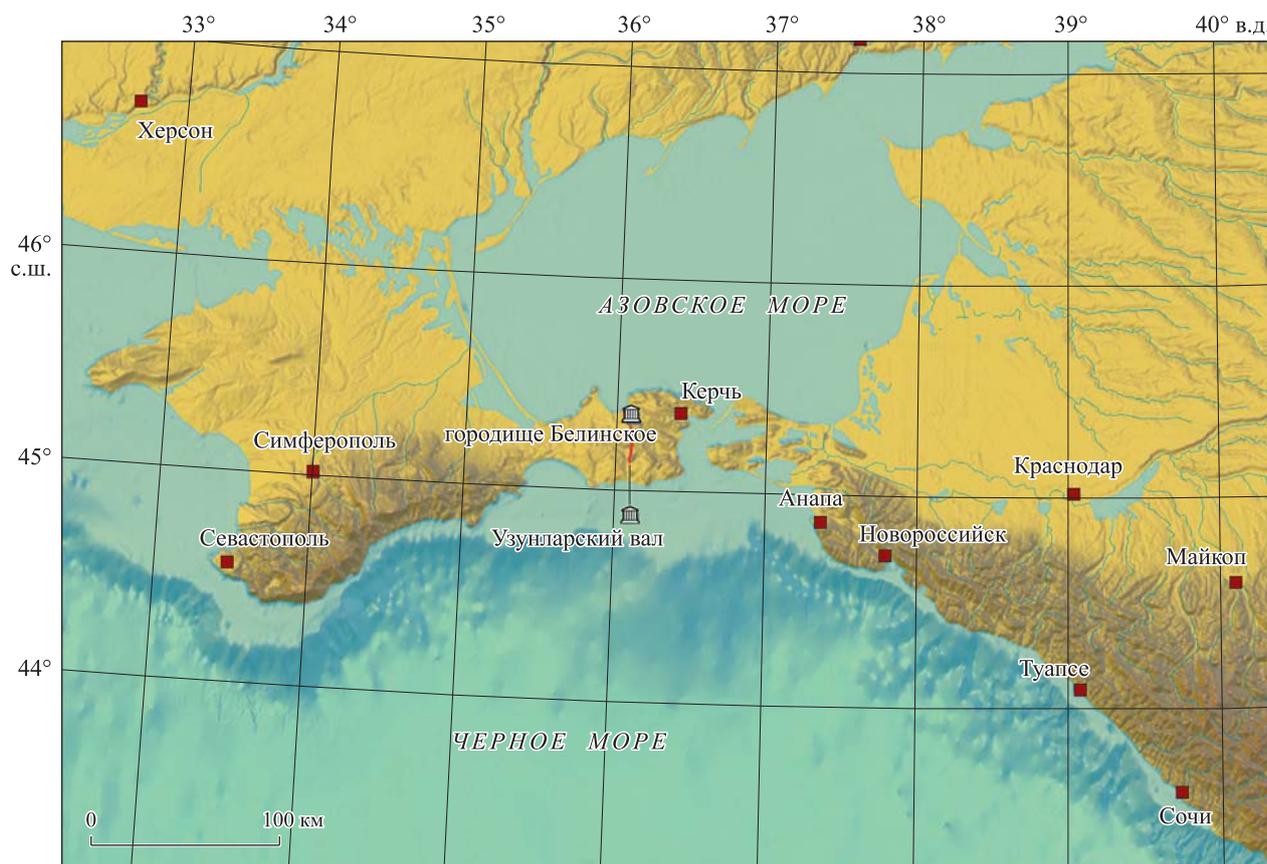


Рис. 1. Положение городища «Белинское» на цифровой карте рельефа региона

происходил сбор боспорского войска для войны с варварами. В дальнейшем в крепости дислоцировался крупный воинский контингент.

Оборонительная система городища представляла собой довольно мощные куртины, которые и определяют границы поселения. Толщина фундамента стен на исследованных участках достигает 2.5 м. Структура кладки – трехслойная, двуллицевая. Слои внутреннего и внешнего фасов сложены из крупных камней желтого ракушечника. Забутовка между ними осуществлена мелким камнем. Оборонительная система была усилена по угловым стыкам башнями. На настоящее время остатки их фундаментов обнаружены на западном и южном участках городища. Не вызывает сомнений, что подобная башня была и на обследованном северном участке памятника. Однако в более позднее время она, по-видимому, была разобрана до основания. Западная башня, как и прилегающие оборонительные стены, хорошо сохранились на уровне фундамента. Башня в плане имеет почти квадратную форму, кладка ее стен – двухслойная, двуллицевая. Слои внешних и внутренних фасов сложены из частично обработанных блоков желтого ракушечника. Башня на южном участке сохранилась гораздо хуже. От нее осталось лишь часть фундамента.

Используя сравнительно-типологический метод, а также накопленный за 25 лет исследований

археологический материал, можно с уверенностью утверждать, что указанная система фортификации была возведена в начале II в. [Зубарев, Седых, 2013. С. 250–255], предположительно в начале правления императора Адриана. В эти годы на Боспоре правил царь Савромат I (93–123 гг.) – «выдающийся друг императора и римского народа» [Корпус..., 1965. С. 55, КБН, 46], который воевал с тавроскифами [Ярцев, 2014. С. 147–148].

Во второй половине III в. городище подверглось тотальному разгрому. Особенно пострадали оборонительные стены и башни, которые, судя по характеру повреждений, были взяты штурмом и практически полностью разрушены. В это время население городища переживало кризисный период дестабилизации, связанный с походами варваров на греко-римский мир. Не исключено, что городище «Белинское» пострадало во времена царя Тейрана, который по приказу императора Проба в 276 г. начал борьбу против действующего царя Савромата и его варварских союзников [Ярцев и др., 2015. С. 131–138]. Правда, судя по археологическому материалу, уже в конце III в., во время правления боспорского царя Фофорса (285–309 гг.), стены и башни крепости были восстановлены и усилены довольно мощным противотаранным поясом [Зубарев, Седых, 2013. С. 255–257].

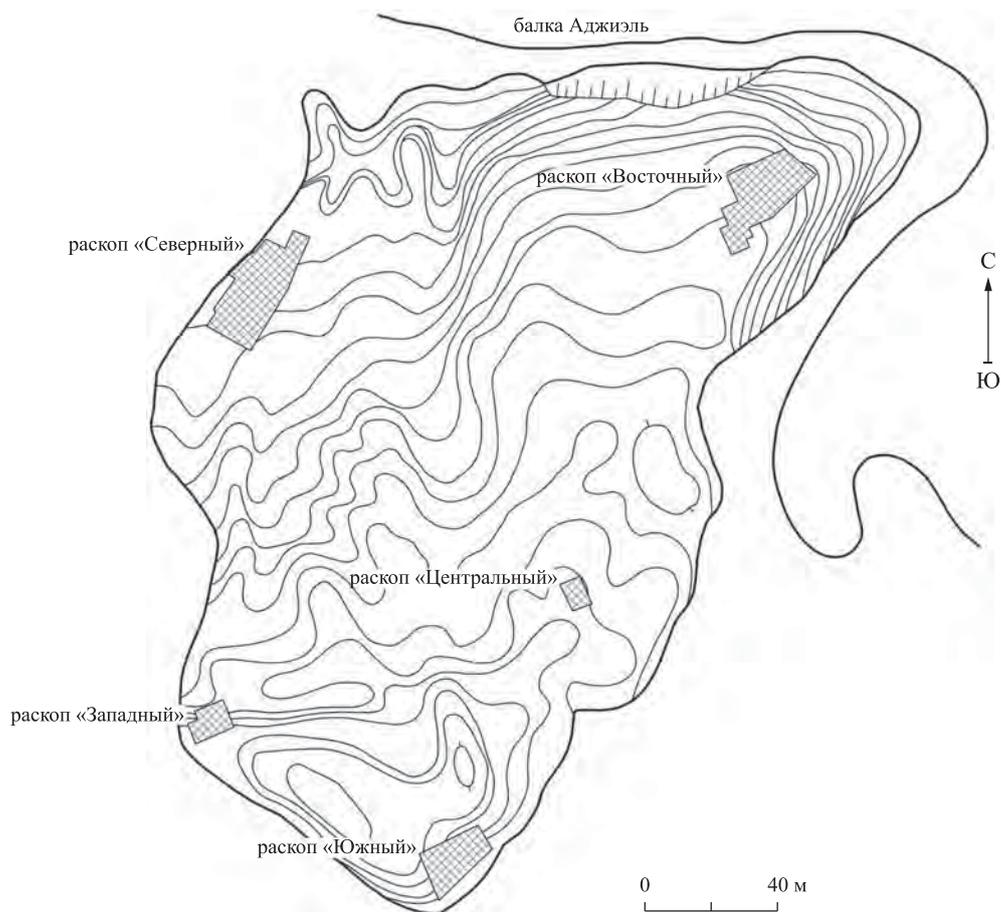


Рис. 2. Общий план городища «Белинское» (по [Зубарев, 2000. С. 69, рис. 2])

Окончательный разгром городища произошел между 318 и 322 г. и это вновь оказалось связано с активизацией племенного мира Северного Причерноморья. При этом, возможно, варваров использовал один из претендентов на боспорский трон. В дальнейшем фортификация городища больше не восстанавливалась, и мощная крепость превратилась в сельское поселение [Ярцев и др., 2015. С. 153–161]. Насколько сохранились стены и башни городища после данного разгрома, мы не знаем. Дело в том, что в 340-х годах остатки укреплений были целенаправленно скрыты под слоем плотноутрамбованного желтого суглинка, а многие оборонительные стены разобраны вплоть до самого фундамента. Возможно, это было связано с поражением Боспора в ходе так называемых боспорохерсонесских войн, известных по позднему источнику [Ярцев и др., 2015. С. 210–211]. Тем не менее, судя по выявленному характеру разрушений, не исключены и другие причины данных катастрофических событий.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДЫ

Исходя из материалов археологических исследований [Зубарев, Седых, 2013. С. 251], в истории городища можно выделить три строительных периода:

– первый строительный период – начало II – третья четверть III в.;

– второй строительный период – последняя четверть III – первая четверть IV в.;

– третий строительный период – вторая четверть IV – первая половина V в.

Два первых строительных периода, судя по археологическим данным, заканчивались жестокими разгромами городища [Ярцев и др., 2015. С. 131–138, 153–161]. В этой связи интерес представляют выявленные свидетельства деформации архитектурных комплексов городища за счет возможной сейсмической активности. Во время археосейсмологического исследования памятника был встречен практически полный известный спектр сейсмических деформаций. Наиболее важными из них являются сеймотектонические, а именно: выходы сейсмических разрывов (очагов) исторических землетрясений на поверхность.

В рамках настоящего исследования нами использовались три вида методов. Во-первых, это археосейсмологические наблюдения. Они проводились на трех раскопах: «Восточный», «Западный» и «Южный» (рис. 2). Эти участки были исследованы археологической экспедицией ТГПУ им. Л.Н. Толстого под руководством доктора исторических наук, профессора В.Г. Зубарева.

Во-вторых, в окрестностях городища проводились структурно-геоморфологические [Флоренсов, 1978;

Трифонов, Кожурин, 2010; Burbank, Anderson, 2012] и палеосейсмологические [Paleoseismology, 2009; Рогожин, 2012] исследования. С этой же целью была выполнена аэрофотосъемка с использованием БПЛА, на материалах которой построена цифровая модель рельефа городища и окрестностей. Цифровая модель дала возможность определить плановую морфологию и некоторые количественные параметры проявлений молодых тектонических деформаций в рельефе. Подобные исследования позволили очертить круг основных сейсмогенерирующих структур Керченского полуострова [Овсяченко и др., 2015, 2017, 2019, 2021]. Подчеркнем, что активный разлом в районе городища «Белинское» ранее детально не изучался.

В-третьих, проведено георадарное профилирование территории прибором повышенной мощности «Лоза-В». Георадар «Лоза-В» в течение ряда лет успешно применяется для решения различных геологических задач [Кореikin et al., 2012; Воронин, 2015; Едемский и др., 2018, 2021; Edemsky et al., 2021; Nappi et al., 2021; и др.]. Профилирование выполнено

антеннами с центральной частотой 100, 150 и 50 МГц и шагом по профилю 0.1–0.5 м. При интерпретации в первую очередь уделялось внимание особенностям волновой картины, а именно – конфигурации осей синфазности отраженных волн. По наличию резких изменений осей синфазности можно судить о нарушениях субгоризонтальной структуры среды и наличии тектонических разрывов и смещений [Владов, Старовойтов, 2004].

СЕЙСМОГЕННЫЕ ДЕФОРМАЦИИ НА ГОРОДИЩЕ «БЕЛИНСКОЕ»

Раскоп «Южный»

На территории раскопа (см. рис. 2; рис. 3) нами выявлен выход сейсмического разрыва (очага) исторического землетрясения на поверхность. Раскоп располагался в юго-западном углу крепости. Здесь археологически исследованы юго-западная куртина оборонительной стены со строительными остатками первого (1а) и второго (1б) строительных периодов, башня в месте стыка

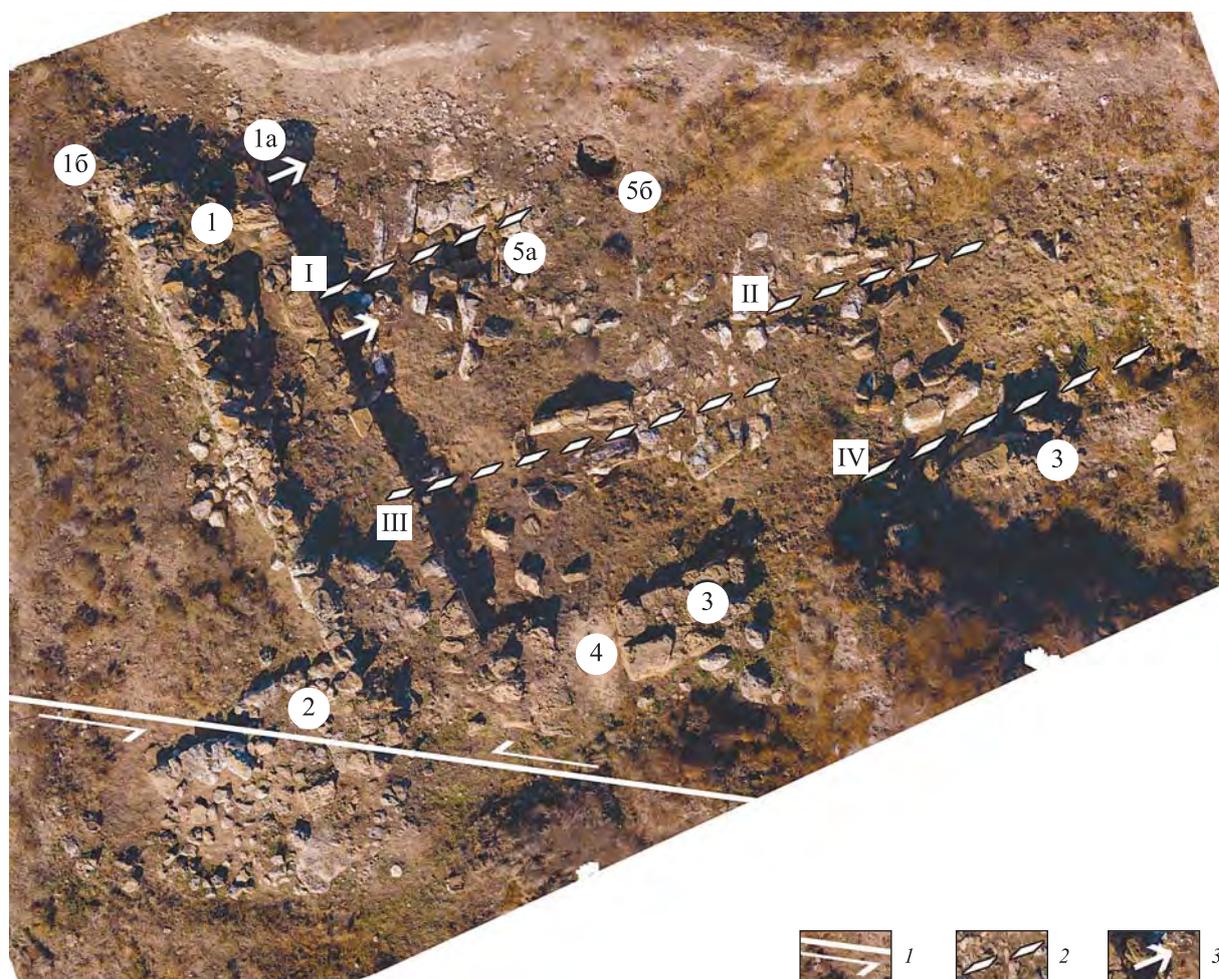


Рис. 3. Ортофотоплан раскопа «Южный» по результатам археологических раскопок 2005–2013 гг. Фотография 2021 г.

1 – сейсмогенный разрыв. Стрелки показывают направление смещения по дизъюнктиву; 2 – пул-апарта (I–III) – грабенообразные понижения с кулисным расположением; 3 – смещение фундаментов юго-западной куртины оборонительной стены со строительными остатками первого (а) и второго (б) строительного периодов; 2 – башня в месте стыка юго-западной и юго-восточной куртин; 3 – юго-восточная куртина первого строительного периода; 4 – калитка в юго-восточной куртине; 5 – хозяйственные ямы



Рис. 4. Раскоп «Южный». Левостороннее смещение северной стены юго-западной башни городища. Вид на восток. Фотография 2021 г.

Сплошная линия – сейсмогенный разрыв. Стрелки показывают направление смещения по дизъюнктиву; пунктирная линия – направление обрушения башни в юго-западном направлении

юго-западной и юго-восточной куртин (2), юго-восточная куртина первого строительного периода (3) с калиткой (4) и хозяйственные ямы (5 на рис. 3).

Северная стена юго-западной башни городища была разорвана субширотным ($\sim 100^\circ$) сейсмогенным разрывом (рис. 4), косо секущим строительный элемент. Азимут простираения поврежденной стены по ее северному фасау – 55° . Дизъюнктив смещает строительный элемент по правилу левого сдвига на 1 м. Необходимо отметить, что описываемая башня сильно разрушена. Ее каменная кладка сохранилась лишь на высоту одного–двух, редко трех рядов камней. Во время сейсмотектонических подвижек каменные блоки северного фаса в южном крыле разлома последовательно развернулись по часовой стрелке и сместились к югу с закономерным смещением каждого расположенного в восточной части камня на все большее расстояние.

Уникальным примером сейсмотектонических деформаций в юго-западном углу городища являются грабенообразные понижения (см. рис. 3) к северо-востоку от юго-западной башни (рис. 5–7). Здесь каменные плиты материка сильно наклонены (до субвертикального положения) по обеим сторонам образованных ими понижений. Более всего эти структуры напоминают грабены пул-апарты (pull-aparts), образующиеся вдоль значительных сбросо-сдвиговых структур.

Мегааналогами подобных структур являются Мертвое и Галилейское моря, а также впадина Хула вдоль рифта (трансформа) Мертвого моря. В нашем случае размеры одного из грабенов более скромные: ширина – 3 м, длина – 10 м, глубина – 1 м. Азимут простираения структуры – 65° . Угол наклона слагающих его плит – 61° , 67° в южной части и 31° – в северной части грабена. Важно отметить кулисообразное расположение описываемых грабенов (см. рис. 5; рис. 6, б). Они подставляют друг друга по правилу левых кулис, что означает их расположение над значительной левосдвиговой структурой. Азимуты простираения данных структур варьируются от 60 до 70° , что предполагает простираение глубинной структуры по азимуту 90 – 100° .

В северной части раскопа «Южный» было обнаружено ядро обновленной антиклинальной складки. Комплекс деформаций сформировался в фундаментах западной городской стены и хозяйственной яме 113 (см. рис. 6). Складка изгибает основание западной стены, а в ее своде вдоль ямы образовался компенсационный провал. Вертикальный изгиб стены – не менее 0.5 м. Отметим, что находящаяся по соседству со 113-й яма (см. рис. 3, «5б») имеет лишь незначительную трещину в восточной стене и не так сильно деформирована.

С помощью результатов археологических раскопок удалось разнести по времени формирование



Рис. 5. Раскоп «Южный». Кулисообразное расположение пул-апартов – грабенообразных понижений (показаны стрелками). Фотографии 2021 г.

a – ситуация до проведения археологических работ. Вид с северо-востока; *б* – ситуация на момент проведения археологических работ. Вид с юга

антиклинальных складок и грабенов. Первоначально сформировалось не менее трех кулисообразных грабенов (см. I–III на рис. 3; рис. 5; рис. 6, *б*; рис. 7; рис. 8, *a*). Во время строительства крепости на городище «Белинское» в начале II в. они частично были стесаны (см. рис. 7, *б*), частично сnivelированы подсыпкой [Зубарев, Смекалов, 2014. С. 223–224, рис. 13]. Нельзя

исключать и того, что некоторые плиты грабенов были инкорпорированы в фундаменты стен без дополнительных подрубок в качестве антисейсмического дизайна и увеличения несущих способностей оборонительных сооружений (см. рис. 6, *a*).

В этом же раскопе прослежены яркие деформации, порожденные не столь очевидными источниками, как

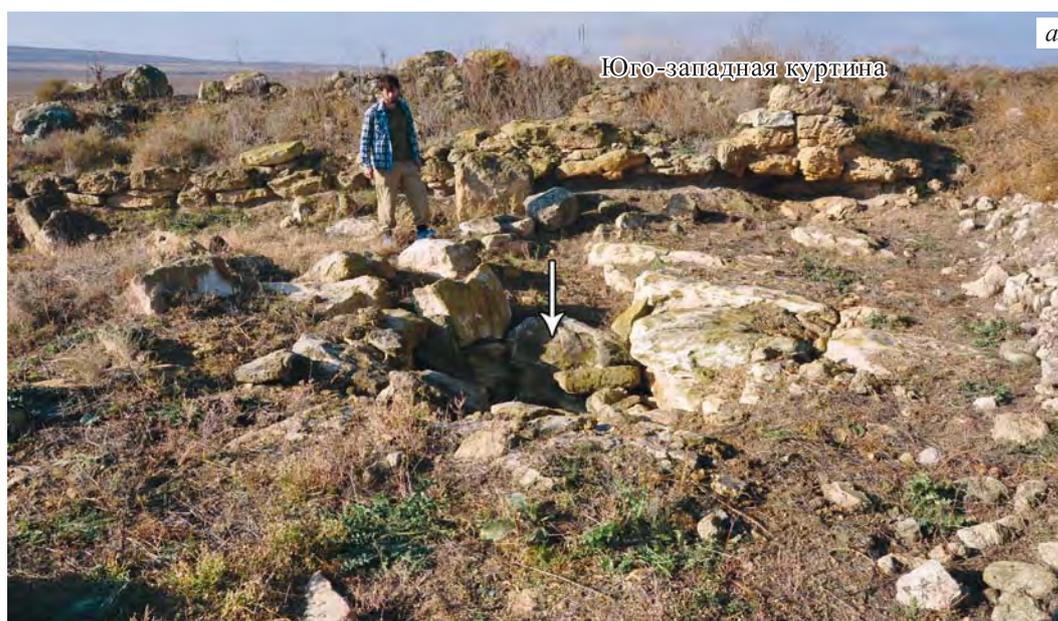


Рис. 6. Раскоп «Южный». Хозяйственная яма 113, разрушенная сейсмогенным грабеном (положение ямы показано стрелкой). Фотографии 2021 г.

a – ситуация до проведения археологических работ. Вид с северо-востока; *б* – ситуация на момент проведения археологических работ. Вид с юго-запада

описанные выше смещения и развороты. В основном они были зафиксированы в руинах юго-западной городской оборонительной стены с азимутом простирания 145° . Эта стена имеет сложную структуру и деформационные особенности, по всей вероятности, связанные с еще одним землетрясением. Она пережила два строительных периода. Более ранняя ее часть хорошо просматривается с тыльной стороны (см. рис. 5, *a*;

рис. 6, *a*; рис. 7). Оборонительная стена построена в технике трехслойной двухпанцирной кладки с забутовкой. Фасы сложены из хорошо фасированных крупных квадров ракушечника (см. рис. 8, *a*). На внутреннем фасы стены между первым и вторым рядами каменной кладки имеется горизонтальная «полочка» (см. рис. 8, *б*), ширина которой увеличивается от 10 см в южной, раскопанной, части до 20 см к северу. Любопытен



Рис. 7. Раскоп «Южный»

а. Юго-западная куртина. Включение субвертикальной (деформированной) плиты материка в нижнюю часть юго-западной стены городища. Стрелка показывает днище грабена. Садовые ножницы (для масштаба) лежат на большой деформированной (субвертикальной) плите материка.

б. Юго-восточная куртина. Стена и другие постройки рядом были построены на подтесанных (показаны стрелками) деформированных плитах материка

также наклон верхней части сохранившейся стены к западу. Такие деформации могли сформироваться при распространении максимальных сейсмических колебаний перпендикулярно или под некоторым углом к простираению куртины. Вместе с грунтом сместилась на восток и нижняя часть стены, над которой и образовалась «полочка». Верхняя же часть западной стены городища наклонилась на запад вследствие сил инерции.

Наличие «крепиды», прислоненной к оборонительной стене первого строительного периода с запада (внешней стороны городища), обычно объясняют значительными разрушениями в конце первого

строительного периода. Юго-западная куртина второго строительного периода в соответствии с общими тенденциями развития фортификации на Европейском Боспоре [Зубарев, Седых, 2013. С. 256] в это время приобретает пирамидальную форму. Это можно объяснить преодолением последствий сильных сейсмических воздействий, приведших к образованию «полочки» на внутреннем фесе стены и ее наклону на запад. По всей видимости, наклон был столь угрожающим, что древние строители укрепили первичную стену с запада стеной-контрфорсом.

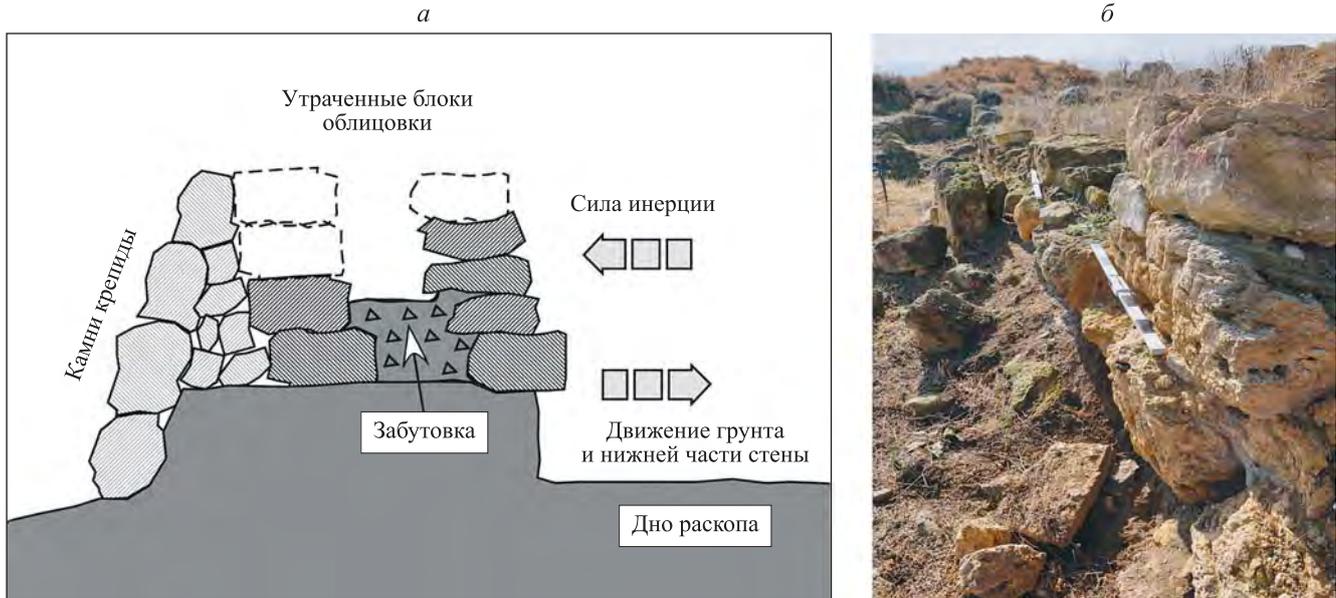


Рис. 8. Раскоп «Южный». Юго-западная куртина оборонительной стены

a – схематическая немасштабная зарисовка разреза стены; *б* – фотография 2021 г. Вид на юго-запад. Масштабные рейки лежат на описываемой в тексте «полочке»

Раскоп «Восточный»

На раскопе «Восточный» (см. рис. 2) археологическими методами во время полевых сезонов 2008–2021 гг. были изучены культурные слои нескольких строительных периодов. Признаки наиболее ярких и важных для понимания сейсмической периодизации разрушений городища «Белинское» событий установлены в археологических объектах второго строительного периода.

Наглядный пример площадных сейсмотектонических деформаций – значительные трещины, развитые к западу от бровки эрозионного уступа балки Аджиэль (рис. 9; рис. 10). Трещины длиной десятки метров ветвятся, имеют зигзагообразную форму и кулисно подставляют друг друга на затухании системы. Для понимания природы и времени формирования трещин необходимо обратиться к анализу зольника с кольцевой кладкой и комплекса хозяйственных ям, открытых на территории раскопа «Восточный».

Кольцевую кладку разрезает на две части трещина материковой скалы (рис. 11). Очевидно, что сначала была сооружена кладка, а потом сформировалась трещина, так как в трещине отсутствует каменная забивка или любая другая субструкция под кладку. Форма кольцевой кладки также деформирована – она несколько удлинена по субширотной оси. Это хорошо видно на археологическом плане, составленном по окончанию археологического раскопок комплекса. На то, что кладка не была оваловидной изначально, указывает горизонтальное смещение внешнего фаса в районе южного участка прохождения трещины под кладкой (см. рис. 10, а).

По всей видимости, аномальная вытянутость кольцевой кладки это результат площадных сейсмотектонических деформаций. Трещина вытянута в субмеридианальном направлении, под углом примерно 70° к

простирацию борта эрозионного бокового вреза в долине Аджиэль. Ориентировка трещины под углом около 45° к оси максимальной вытянутости кольцевой кладки укладывается в механизм тектонической трещины скалывания, которая ориентирована под углом 45° к оси максимального сжатия. Так же, под углом 45° , трещина ориентирована и к оси максимального сдвигания кольцевой кладки. На коротких участках трещина вытянута вдоль оси максимального сжатия, соответствующая механизму трещины отрыва. Таким образом, трещина имеет закономерную ориентировку в поле напряжений, восстанавливаемом по деформации кольцевой кладки, что говорит о единой причине их образования. Яркое проявление деформации, скорее всего, связано с близостью крутого эрозионного обрыва, т.е. наличием свободной боковой поверхности. Поскольку деформация кладки и образование (обновление) трещины произошли практически мгновенно, можно полагать, что они имеют сейсмотектоническую природу, но обусловлены не разрывными, а площадными сейсмотектоническими деформациями, отражающими локальное поле напряжений. Ориентировка осей максимального сжатия и растяжения соответствует левосдвиговой кинематике подвижки по разрыву субширотного простираения, обнаруженному в южной части городища.

Комплекс хозяйственных ям на раскопе «Восточный» рассечен той же трещиной, что и зольник (см. рис. 9; рис. 11, а). Деформации ям представлены деформациями горловин (см. рис. 11, в) и треснувших северных стенок (см. рис. 11, б). Одна из ям после повреждения горловины не была заброшена – ее отремонтировали: северная относительно трещины половина была расширена (увеличен диаметр) (см. рис. 11, г). Во многом это произошло за счет уничтожения

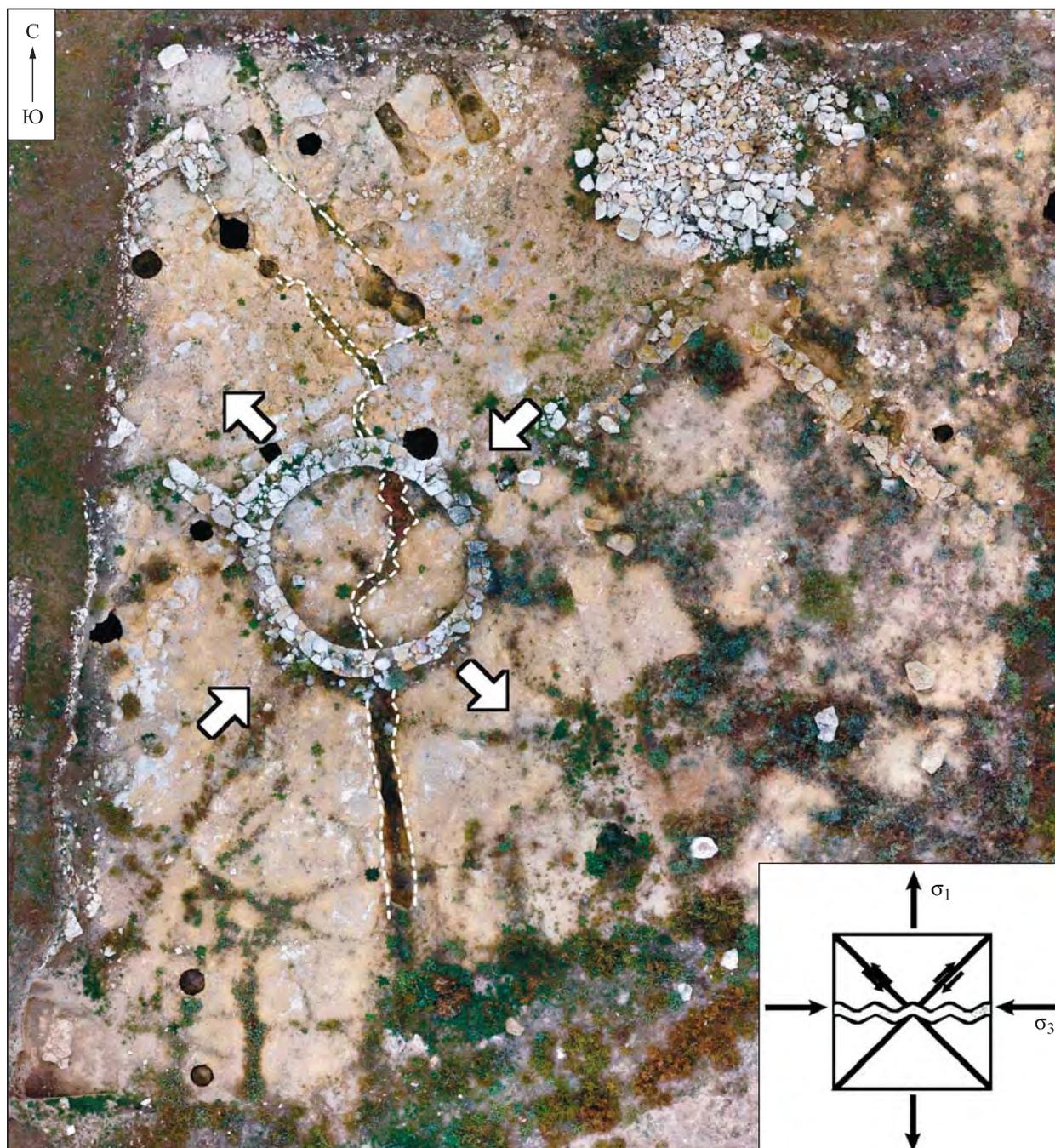


Рис. 9. Ортофотоплан раскопа «Восточный»

Пунктир – борта трещин; стрелки – ориентировка осей максимального горизонтального сжатия и растяжения. На врезке – ориентировка трещин отрыва (извилистая поверхность) и скалывания (встречные стрелки) по отношению к главным осям напряжений (по [Гончаров и др., 2005])

скальной полки для установки крышки. При этом такая полка на южной половине горловины осталась нетронутой. Это говорит о том, что крышка не могла устанавливаться над ямой после ремонта также уверенно и надежно, как до повреждения. Перерубка горловины ямы также хорошо заметна на диаметре ее горловины с южной и северной сторон от трещины (см. рис. 11, з).

Другим свидетельством борьбы с последствиями землетрясения на раскопе является попытка «залечить» трещину. Землетрясение повредило хозяйственные ямы, после чего они подверглись ремонту – трещины в их стенках были забиты камнями (см. рис. 11, б). Население городища также пыталось заделывать трещины и на поверхности грунта (рис. 12).

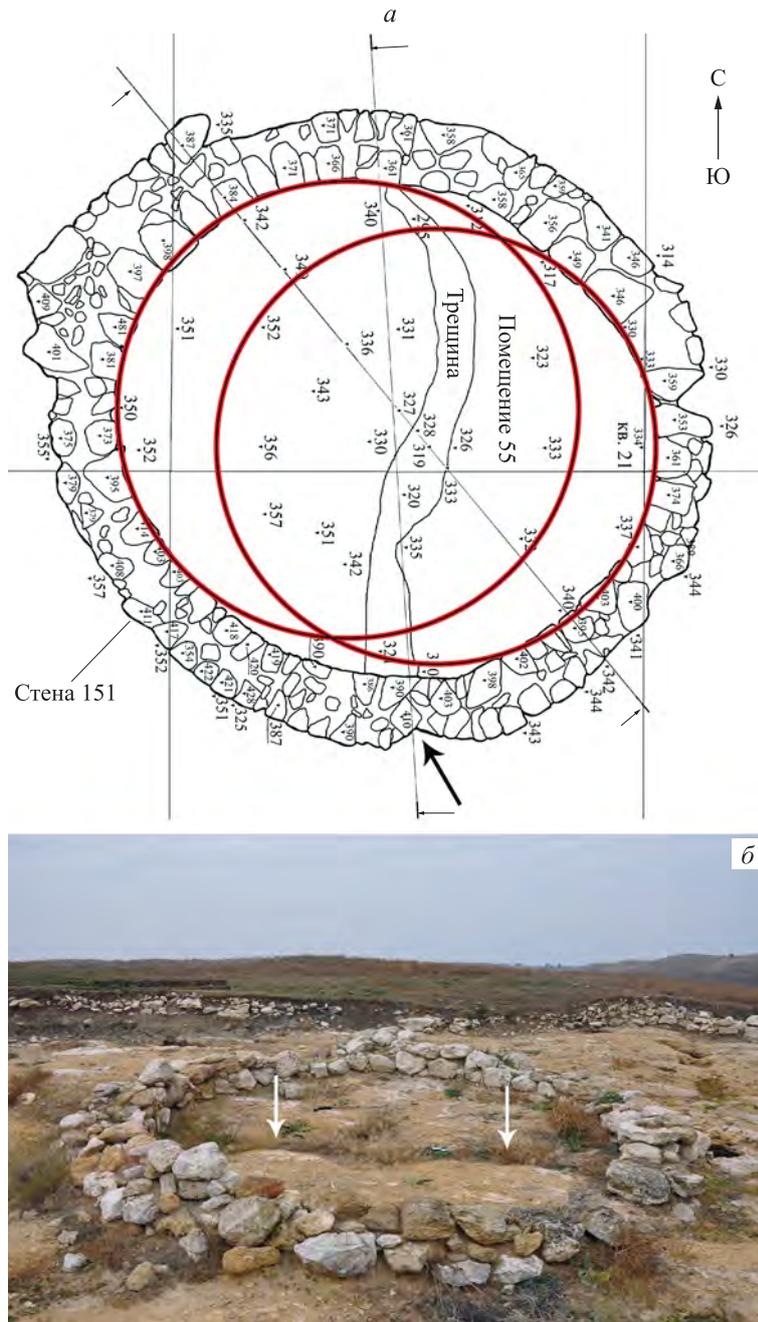


Рис. 10. Трещина на раскопе «Восточный» под зольником с кольцевой кладкой

а – план кольцевой кладки (по [Зубарев, Ярцев, 2020. С. 162, рис. 7]). Круги показывают смещение частей кольцевой кладки друг относительно друга по трещине; стрелкой указана деформация части кладки в месте прохождения под ней трещины; *б* – вид зольника на местности. Фотография 2021 г. Вид на запад. Длина трековой палки – 1.1 м

Раскоп «Западный»

На территории раскопа «Западный» сильной сейсмоинерционной деформации подверглась северо-западная оборонительная стена городища, которая одновременно является юго-восточной стеной западной башни. Сохранность стены очень плохая. Имеющиеся каменные блоки – это остатки внутреннего фаса кладки башни и внешнего фаса оборонительной стены («3» на рис. 13). Вероятно, по мере увеличения площади открытия комплекса его сохранность станет более ясна.

Описываемая стена (см. рис. 13; рис. 14) имеет простирание 40° (судя по простиранию ее слабоповрежденного участка в районе калитки). Два строительных блока облицовки, находящиеся друг над другом в центре стены сдвинулись к юго-востоку на 15–40 см и повернулись по часовой стрелке до 36° («а» на рис. 13 и 14; рис. 15). Еще один блок на западном окончании стены также сместился к юго-востоку на 20–50 см и повернулся по часовой стрелке («а» на рис. 13; «б» на рис. 14; рис. 15). В месте примыкания юго-восточной



Рис. 11. Раскоп «Восточный». Сейсмогравитационные трещины рассекают хозяйственные ямы. Вид на запад. Фотографии 2021 г.

а – ямы (показаны стрелками) к северу и северо-западу от зольника и кольцевой кладки: *а* – положение ямы 60, *б* – положение ямы 102; *б* – субвертикальная трещина (показана стрелкой) сечет стенки ямы 63; *в* – деформация горловины ямы 63 с выколом части горловины по субширотной оси деформации. Видна подрубка под массивную крышку ямы; *з* – интерпретация деформации ямы 63. Круги показывают два строительных периода оформления горловины ямы. Малый круг соответствует первоначальному диаметру ямы. Сохранившийся первоначальный край горловины ямы имеет деструктурированный и поврежденный характер. Большой круг соответствует периоду, когда произошла перерубка северо-восточного края ямы и ее горловина была расширена. Длина трековой палки – 1.1 м

стены башни к куртине ее фундаментный блок сместился в западном направлении и развернулся по часовой стрелке на 25° («в» на рис. 14). На плане этого не видно («в» на рис. 13), но сейчас, после утраты в процессе раскопок верхних горизонтов, можно проследить, что стена «изломана». Два блока внутреннего панциря оборонительной стены («б» на рис. 14), в свою очередь, сместились на юго-восток. Примыкающий к ним блок южной стены оборонительной стены с тыльной стороны развернулся по часовой стрелке на 18° («г» на рис. 14). Поскольку деформации не формируют единой картины разрушения узла обороны в конце первого строительного периода, можно в целом сказать, что повреждения западной башни сформировались не столько как результат «привычных» последствий сейсмических сотрясений, которые выражаются колебаниями, ударами и т.д., сколько за счет площадных и разрывных сейсмотектонических деформаций в очаге

землетрясения. Полученные повреждения фактически разрушили горжу (стену со стороны крепости) башни, которая конструктивно была продолжением северо-западной оборонительной стены. Значительным сейсмогенным деформациям оборонительный узел подвергся и на других участках («г» на рис. 14). Описание этих повреждений требует отдельной статьи.

Приведенные факты свидетельствуют о сильном сейсмическом воздействии, действовавшем косо к простиранию стены – вдоль оси восток–северо-восток – запад–юго-запад, что совпадает с нашим наблюдением на раскопе «Южный», относящимся по времени ко второму землетрясению. Некоторая несистематичность повреждений, которую также можно наблюдать на участке раскопа «Западный», характерна для эпицентральных зон землетрясений, в которых преобладает вертикальная компонента сейсмогенных подвижек.



Рис. 12. Раскоп «Восточный». Заделка камнями сейсмогравитационной трещины, прошедшей через хозяйственную яму

Раскоп «Северный»

Результаты полевых работ 2021 г. на раскопе «Северный» (см. рис. 2) показали, что сейсмогенные деформации достаточно часто встречаются на городище «Белинское». Анализ архивного фотоматериала позволил найти яркую сейсмогенную деформацию на раскопе «Северный». Здесь внешний фас стены был деформирован вывалом двух последовательных пакетов кладки длиной около 1.0–1.5 м («а» на рис. 16) и 2.0–3.0 м («б» на рис. 16). Вывалившийся большой пакет кладки оборонительной стены наклонился примерно на 30° перпендикулярно уклону местности в

юго-западном направлении. Подобная деформация стены могла образоваться, если максимальные сейсмические колебания распространялись бы вдоль простирания стены, а сама стена испытывала сжатие. Однако вывал части стены и его направление соответствуют тому, что максимальные сейсмические колебания действовали перпендикулярно простиранию строительной конструкции, и она упала по направлению к эпицентру землетрясения. Таким образом, некоторая несистематичность деформаций указывает на расположение строительной конструкции в эпицентральной области землетрясения.

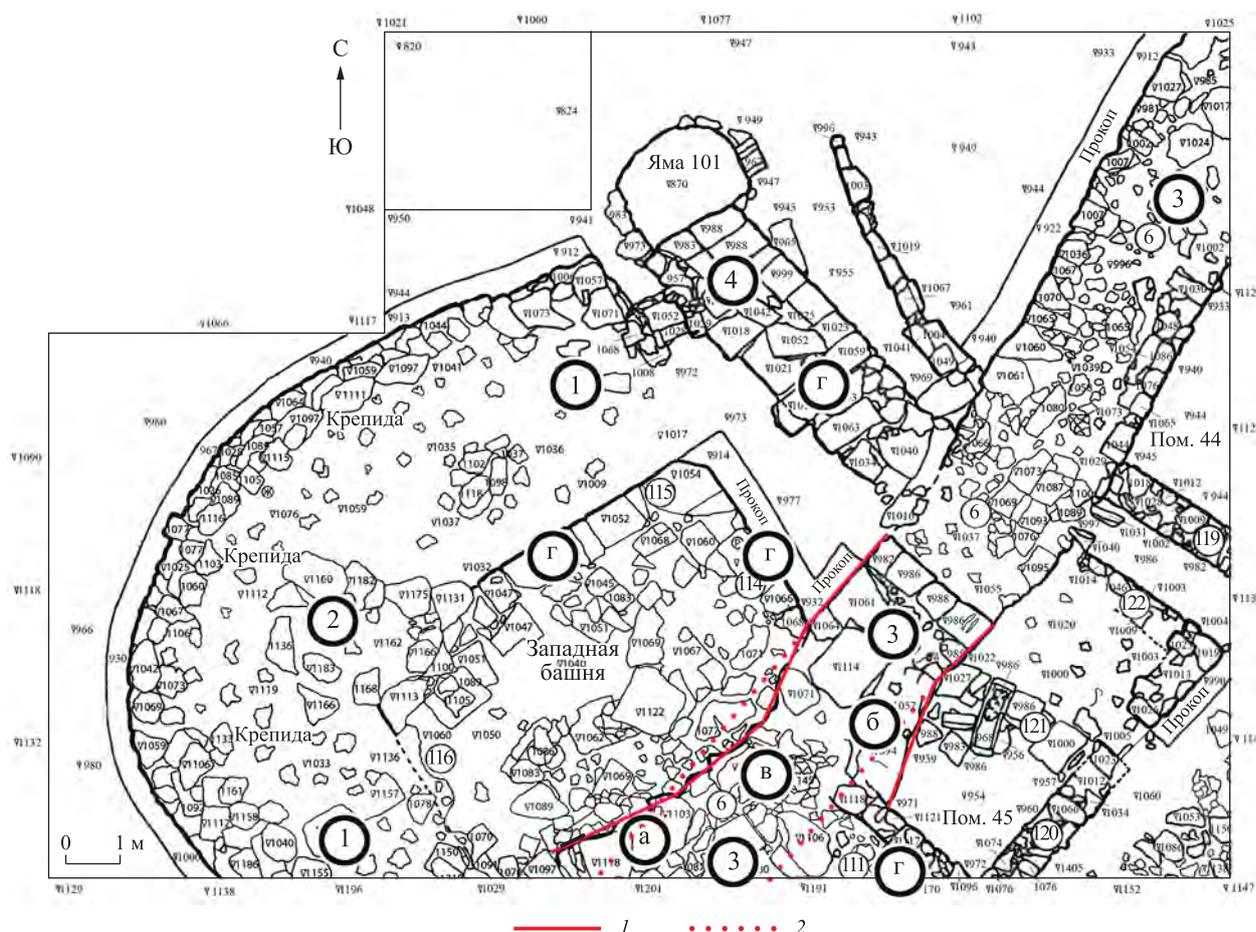


Рис. 13. Раскоп «Западный». Западная башня и северо-западная оборонительная стена. План участка (по [Зубарев, Седых, 2013. С. 267, рис. 4])

1 – простираение фасов оборонительной стены первого строительного периода; 2 – первоначальная реконструируемая трасса прохождения оборонительной стены первого строительного периода. 1–4 – остатки построек: 1 – кладка башни второго строительного периода; 2 – сохранившиеся блоки облицовки пирамидального пояса башни; 3 – оборонительная стена первого строительного периода; 4 – дополнительная стена – протейхизма. а–г – деформации: а – развернутые по часовой стрелке блоки внешнего фаса оборонительной стены; б – развернутый против часовой стрелки блок внутреннего фаса оборонительной стены; в – флексурный излом на оборонительной стене; г – другие деформации

РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОМАГНИТНОЙ РАЗВЕДКИ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДИЩА

Мы использовали данные ранее выполненной С.Л. Смекаловым магнитной разведки большей части территории памятника (рис. 17, а) [Зубарев, Смекалов, 2014].

Особое внимание привлекает «главная улица», разделяющая городище практически на две равные части. Примечательно, что она выделяется линейной отрицательной магнитной аномалией, в отличие от других «улиц», представленных линейными положительными аномалиями [Зубарев, Смекалов, 2014. С. 217]. Рельефу этой аномалии отвечает извилистый ров глубиной 0.5–1.0 м, шириной до 5 м, по которому наезжана современная грунтовая дорога. Он хорошо читается в рельефе городища и прорезает его, начиная с северо-западной границы от склона балки Аджиэль. В центре памятника, в районе «площади», ров смещается, но продолжается дальше, уходя за пределы городища, где имеет аналогичное выражение в рельефе. Это

позволяет предполагать здесь наличие тектонического разрыва. Помимо линеамента, прослеженного вдоль «главной улицы», на карте выделяются несколько других линейных аномалий, разделяющих и секущих участки с различной структурой магнитного поля.

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ГОРОДИЩЕ

Городище расположено на вершине и северном склоне вытянутой в широтном направлении асимметричной гряды (рис. 18). Гряда сложена желтовато-серыми, слабосцементированными известняками-ракушечниками с прослоями глин, отнесенными к мзотическому ярусу верхнего неогена [Алейникова, Самулева, 1970].

В склонах балки Аджиэль, а также в карьере, расположенном на вершине гряды примерно в 900 м к востоку от городища, можно наблюдать пологий изгиб слоев известняков. Залегание слоев обрисовывает свод аркообразной антиклинальной складки с углами падения на крыльях 5–10°. В своде складки шириной 20–25 м слой

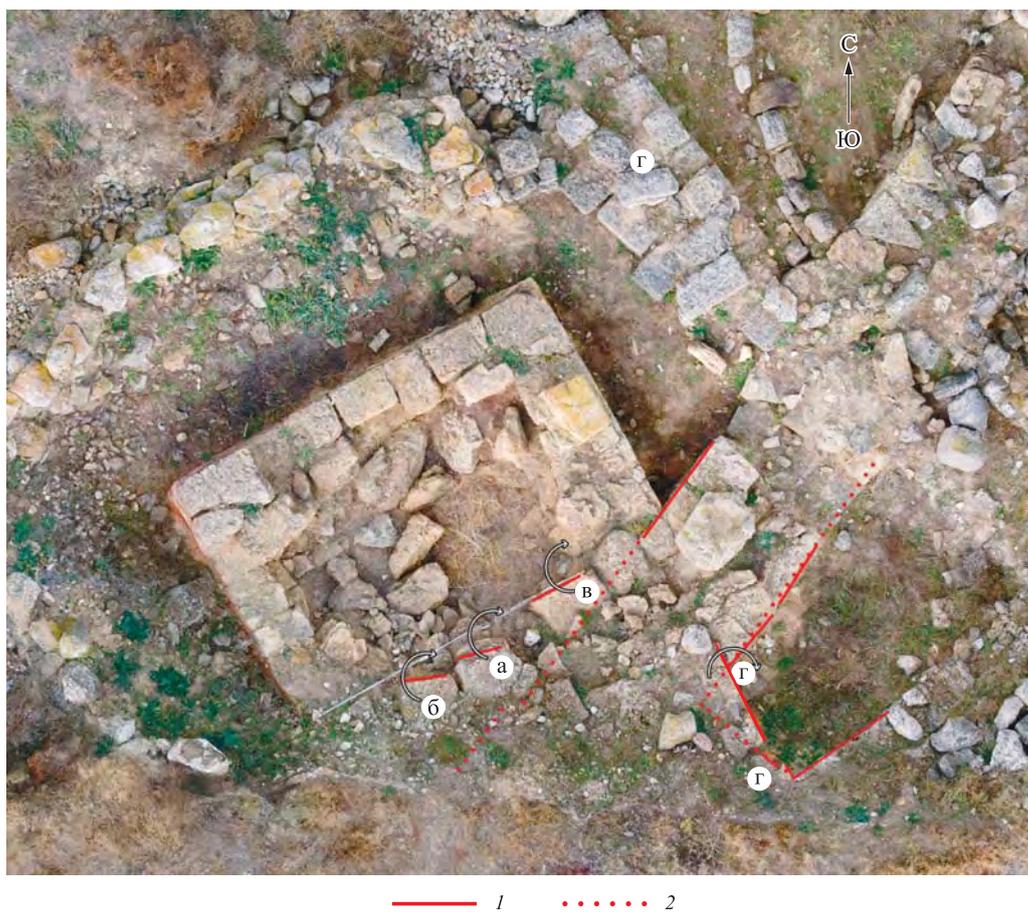


Рис. 14. Раскоп «Западный»

Усл. обозн. см. на рис. 13



Рис. 15. Раскоп «Западный». Разрушенный северо-западный фас юго-восточной стены западной башни. Вид на северо-восток. Фотография 2021 г.

Пунктирные линии – грани каменных блоков северо-восточного фаса, по которым были проведены замеры их современных азимутов простираций

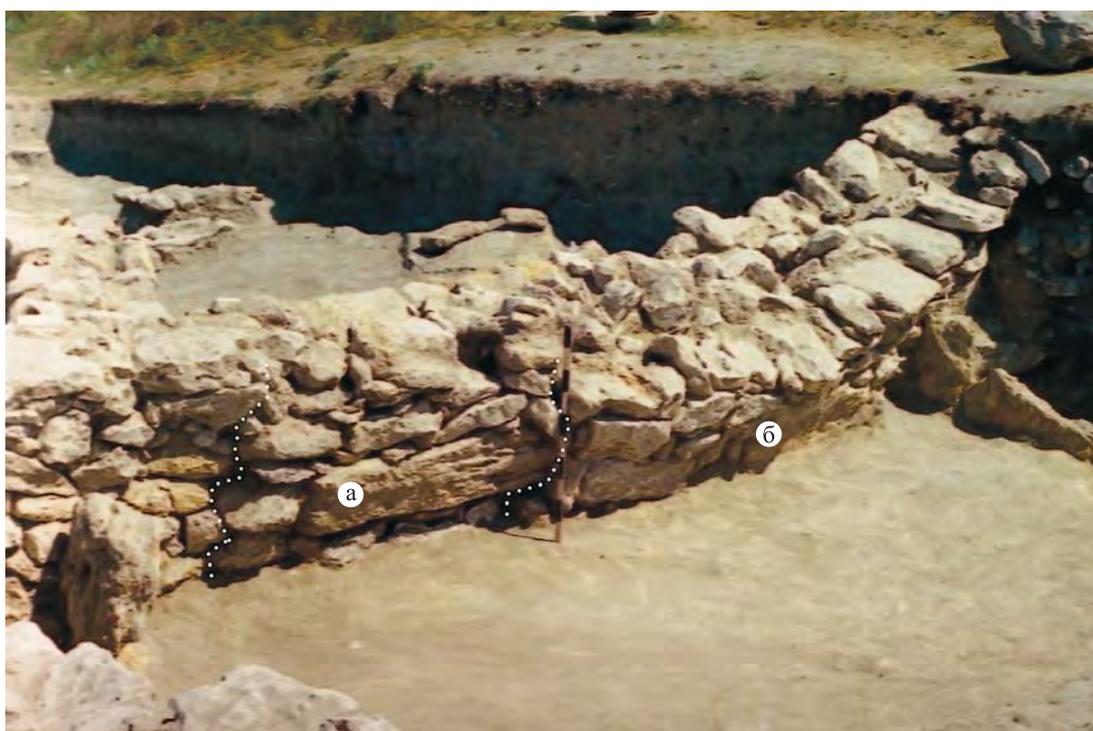


Рис. 16. Раскоп «Северный». Городская оборонительная стена (внешний фас). Деформация кладки городской оборонительной стены (внешний фас): разрыв, смещение и наклон части стены в северо-западном направлении
 а, б – пакеты блоков деформированной оборонительной стены

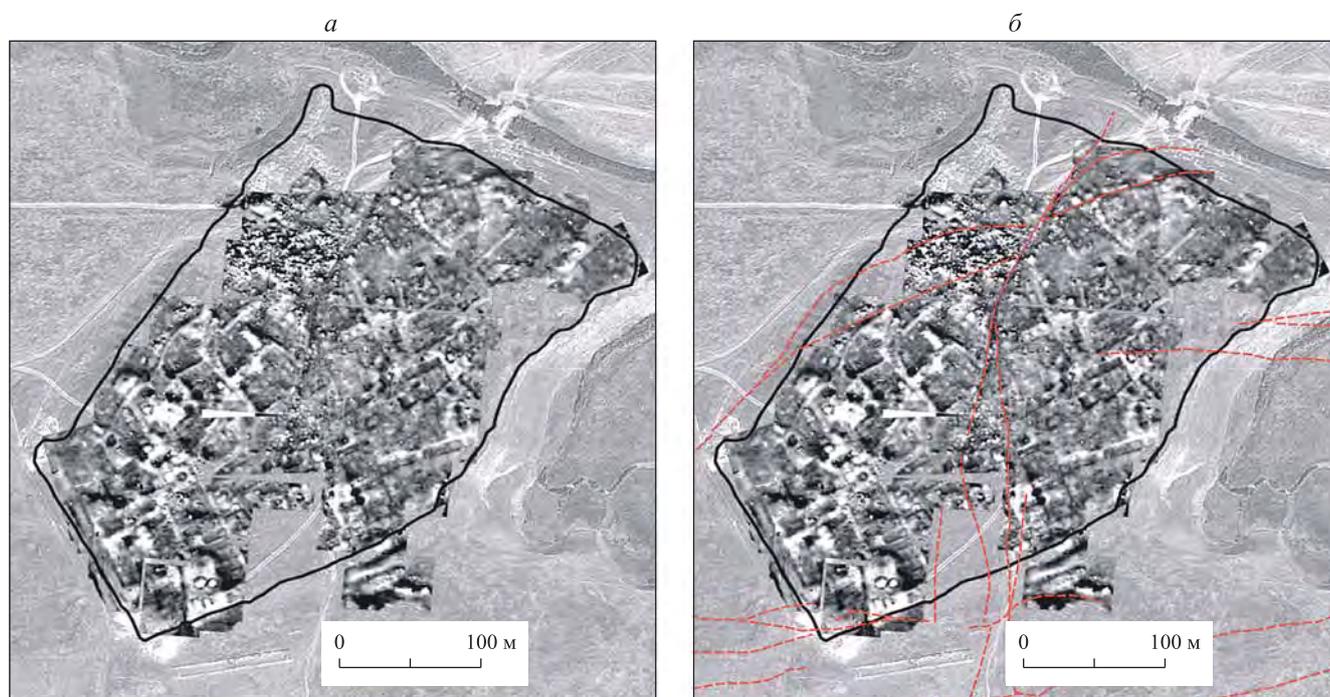


Рис. 17. Карта аномалий индукции магнитного поля на городище «Белинское», полученная по результатам съемки 2007–2012 гг. [Зубарев, Смекалов, 2014. С. 212, рис. 2]) (а) и ее интерпретация с нанесенными предполагаемыми тектоническими разрывами (б)

б. Пунктирные линии – предполагаемые тектонические разрывы

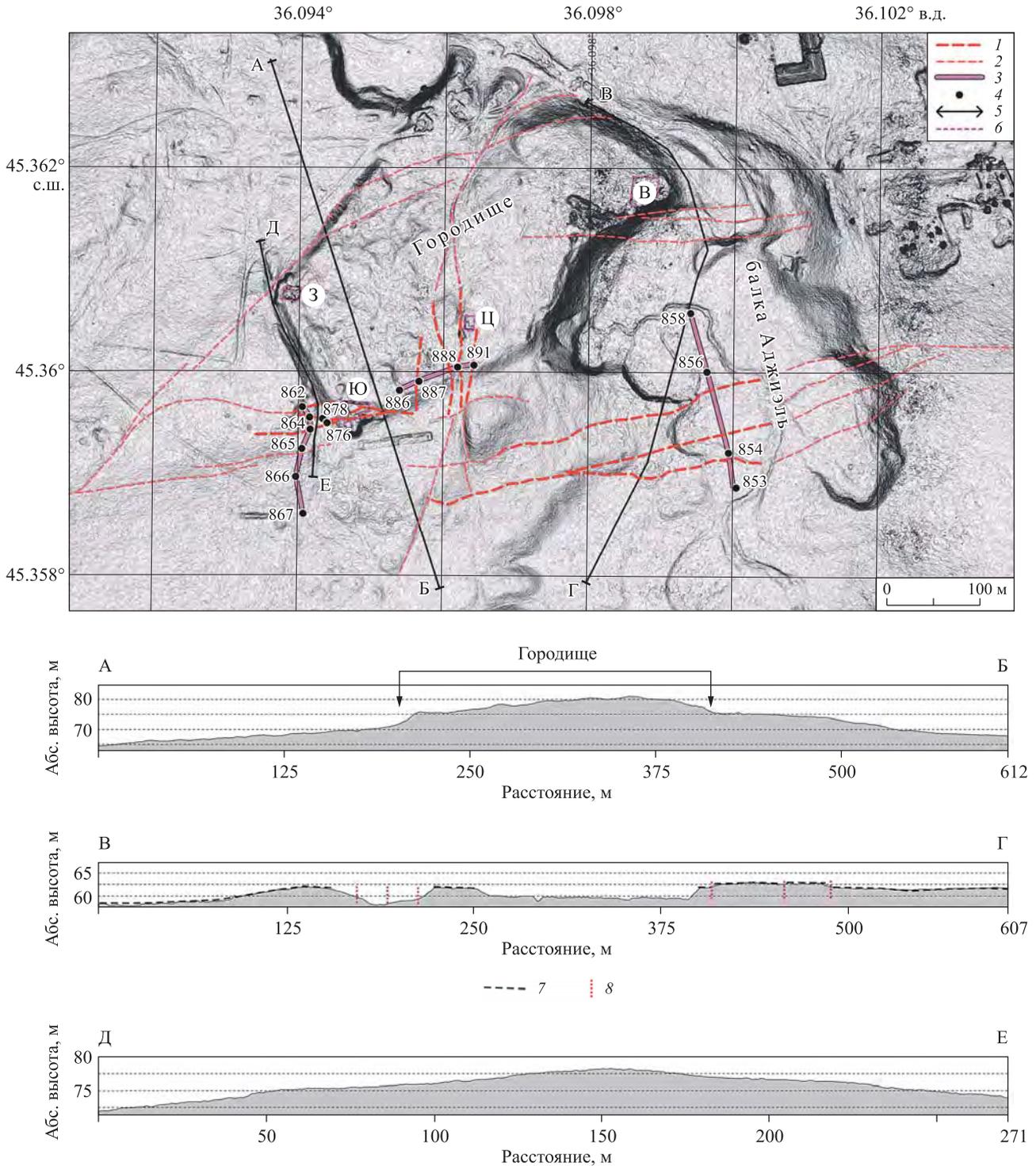


Рис. 18. Морфотектоническая схема района городища «Белинское» (основа – цифровая модель рельефа по данным аэрофотосъемки с помощью БПЛА)

1 – тектонические разрывы, прослеженные по геолого-геофизическим данным и в рельефе, в виде уступов или линейных ложбин; 2 – предполагаемые разрывы по геоморфологическим и геомагнитным данным; 3 – георадарные профили; 4 – пикеты георадарных профилей; 5 – положение профилей рельефа, представленных на рисунке (на профилях соотношение горизонтального и вертикального масштабов 1:3); 6 – контуры археологических раскопов: Ю – «Южный», Ц – «Центральный», З – «Западный», В – «Восточный»; 7 – поверхность первой надпойменной террасы; 8 – тектонические уступы

залегают субгоризонтально. Аналогичное строение коренные породы имеют и в пределах городища [Зубарев, Смекалов, 2014. С. 215]. Антиклиналь – асимметричная, имеющая более крутое южное крыло, где углы

падения достигают 10°, тогда как на северном крыле наблюдается плавное погружение под углом около 5°.

Гряда имеет такой же асимметричный поперечный профиль. Коренные породы – известняки-ракушечни-

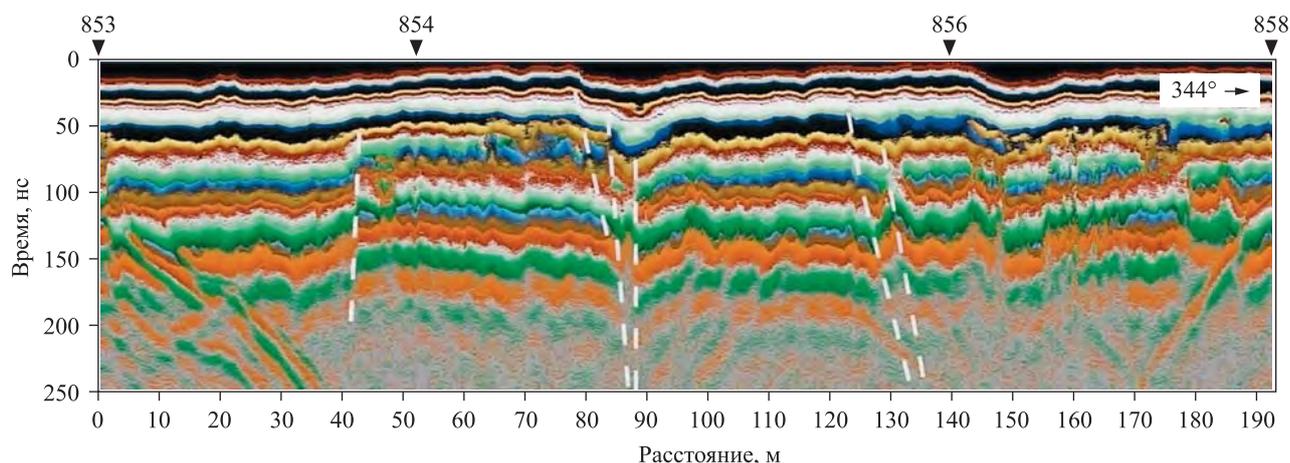


Рис. 19. Георадарный разрез (50 МГц) в днище долины балки Аджиэль

Белые пунктирные линии – предполагаемые тектонические разрывы; 853, 854, 856, 858 – пикеты профиля (расположение см. на рис. 18)

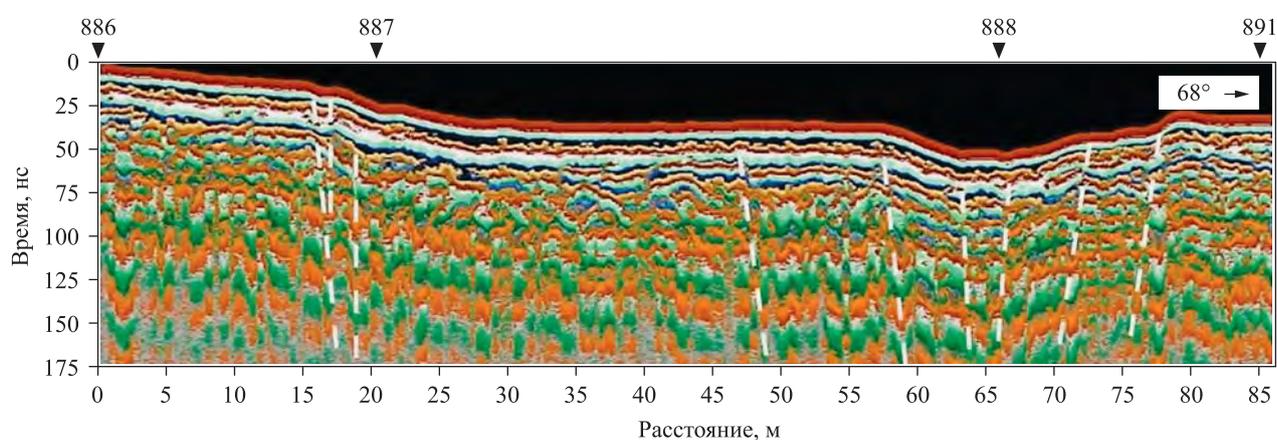


Рис. 20. Георадарный разрез (150 МГц) вдоль южной оборонительной стены (вала) городища «Белинское» перпендикулярно простиранию «главной улицы» (рва с дорогой)

Белые пунктирные линии – предполагаемые тектонические разрывы; 886–888, 891 – пикеты профиля (расположение см. на рис. 18)

ки – не отличаются устойчивостью к денудации и имеют полурыхлую консистенцию. Прямое соответствие рельефа структуре залегания неустойчивых коренных пород позволяет полагать, что гряда образовалась в результате плиоцен-четвертичного роста антиклинальной складки.

О росте складки в позднем голоцене свидетельствует и серия локальных надпойменных террас в днище балки Аджиэль, испытывающих поднятие на пересечении с антиклинальной грядой. Интересно, что морфология долины, где развиты широкие надпойменные террасы и глубокие боковые эрозионные врезы, резко не соответствует современному стоку. Современный русловой врез развит фрагментарно и представлен узким, неглубоким (менее 1 м) руслом, образованным временными водотоками. О молодом, позднеголоценовом, возрасте террас и боковых врезов свидетельствует частичный разрыв территории городища. Поверхность надпойменных террас и высокой поймы испытывает резкие

вертикальные изгибы вдоль уступов субширотного (ВСВ) простирания (профиль В–Г на рис. 18).

Обращает на себя внимание продольный профиль днища по оборонительному рву западной стены городища (профиль Д–Е на рис. 18). Вдоль рва фиксируется плавный изгиб днища, в целом конформный контурам свода антиклинальной складки. Высотные отметки днища рва в пределах городища меняются от 76.5 м на окраинах до 78 м в центральной части, т.е. примерно на 1.5 м. Глубина рва варьирует в пределах 2–3 м. Современный эрозионный врез здесь отсутствует. Можно предположить, что ров был изогнут в результате подрастания складки в историческое время. К сожалению, археологические раскопки на территории этого внутрикомплексного объекта городища до настоящего времени не проводились. Однако следование общим требованиям античного фортификационного искусства говорит больше в пользу роста складки уже после его сооружения. По всей вероятности, археологическое изучение рва могло бы дать ответ на этот

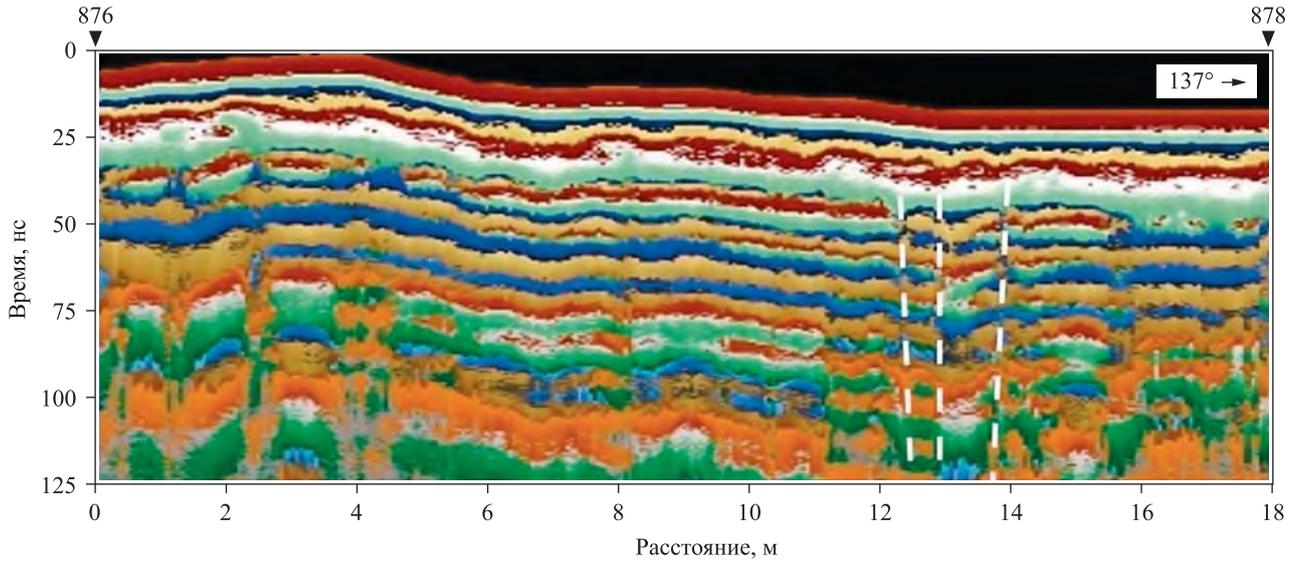


Рис. 21. Георадарный разрез (100 МГц) в 20–23 м к западу от разрыва северной стены южной башни городища «Белинское»

Белые пунктирные линии – предполагаемые тектонические разрывы; 876, 878 – пикеты профиля (расположение см. на рис. 18)

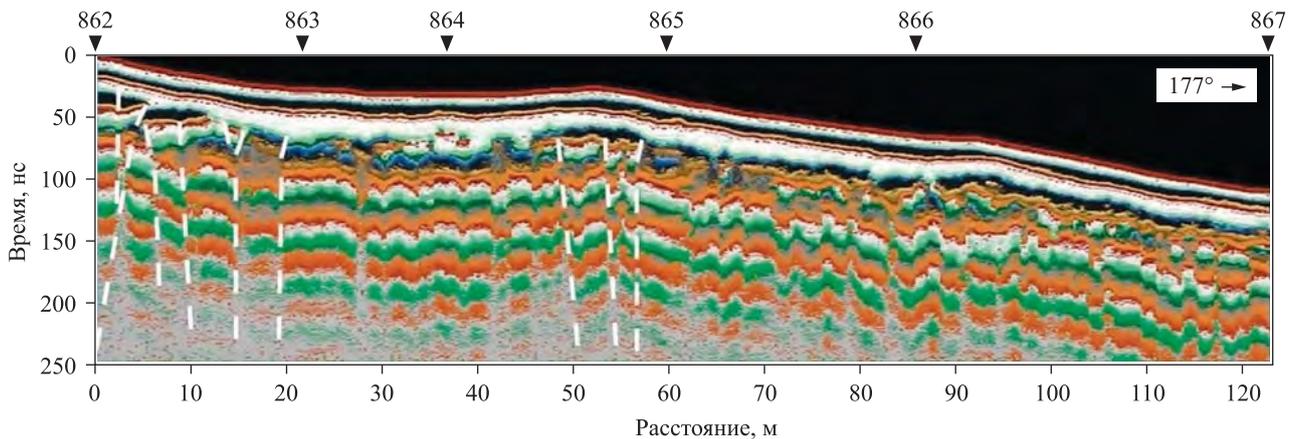


Рис. 22. Георадарный разрез (100 МГц) в 34–35 м к западу от разрыва северной стены южной башни городища «Белинское»

Белые пунктирные линии – предполагаемые тектонические разрывы; 862–867 – пикеты профиля (расположение см. на рис. 18)

вопрос и открыть специфические деформации его дна, если складка сформировалась после его строительства.

Строение приповерхностного разреза в районе уступов в днище долины и раскопа «Южный» было изучено методом георадарного профилирования на глубину до 15 м. Профили пройдены антеннами 50, 100 и 150 МГц (рис. 19–22). Геологическое строение приповерхностной среды, как правило, характеризуется отсутствием многослойной субгоризонтальной структуры с радиоконтрастными границами между слоями и достаточно часто отсутствием маркирующих слоев, по которым можно оценивать тектонические смещения. Известняки и перекрывающие их суглинки – относительно мягкий материал, который в результате тектонических смещений чаще всего не формирует

четко очерченных линий разрывов. Последние на георадарных разрезах представляют собой некую зону разрушения.

В днище долины балки Аджиэль верхние слои разреза сложены суглинистыми наносами временных водотоков, имевших в том числе и катастрофический характер, что выражено мощными боковыми эрозионными врезами. На георадарном разрезе (см. рис. 19) нарушение осей синфазности наблюдаются на отметках 40–50, 78–90 и 120–130 м, что может свидетельствовать о тектонических трещинах или разрывах со смещением. Четкие границы зоны нарушений подповерхностных слоев ниже 50 нс также сформированы в районе отметок 125–140 м. За исключением отметки 78–80 м непосредственно в приповерхностном слое

нарушений не наблюдается. На отметках 80–100 м находится локальное понижение слоев, которое можно интерпретировать как погребенный эрозионный врез. Не исключен и эрозионно-тектонический вариант образования данного понижения или вариант только тектонической переработки с выходом линии разлома на поверхность и формированием в верхней части разгрузочной воронки.

Следующий профиль пройден перпендикулярно простиранию рва, совпадающего с дорогой, или «главной улицей» (см. рис. 20), вдоль которого по данным магнитной съемки предположительно выявляется тектонический разрыв. Профиль проложен по поверхности вала, маркирующего южную крепостную стену городища. На георадарном разрезе ниже уровня 25 м наблюдается изменение волновой картины с формированием гипербола, что свидетельствует о наличии локальных аномалий, скорее всего, представляющих собой строительные конструкции или иные свидетельства человеческой деятельности эпохи бытования городища. Дорога, вероятно, проложена по линии разрыва, который сформировал в рельефе воронкообразное понижение с субгоризонтальной слоистой структурой. Участки слоистой структуры разреза нарушены несколькими субвертикальными или крутонаклонными зонами с разрушенной (трещиноватой), вероятно, в результате тектонических смещений структурой. Предполагаемая субвертикальная трещина (разрыв) также фиксируется на отметках 15–20 м. Отмеченные нарушения в целом образуют структуру проседания (грабен), ориентированную вкрест простирания антиклинальной гряды. Севернее эта структура по данным магнитной съемки прослеживается в рельефе и в пределах городища.

Георадарный профиль пройден также в 20–23 м к западу от разрыва южной башни городища, в днище оборонительного рва (см. рис. 21). На простирании разрыва стены на георадарном разрезе фиксируется зона нарушений субгоризонтальной слоистой структуры, сопровождающая тектонический разлом.

Аналогичные зоны нарушений субгоризонтальной слоистой структуры, имеющие более сложное строение в северной части профиля, фиксируются и в 34–35 м к западу от разрыва южной башни городища (см. рис. 22). Профиль проложен на склоне оборонительного рва и спускается к подножью относительно крутого южного склона асимметричной антиклинальной гряды. Нарушения здесь выявлены в коренных известняках и маломощном суглинистом покрове.

По совокупности собранных геолого-геофизических данных составлена карта тектонических разрывов (см. рис. 16), которые прослежены на поверхности в виде уступов или линейных ложбин. На местности (дно долины балки Аджиэль) они смещают поверхности террас, включая высокую пойму, а на георадарных разрезах представлены нарушениями субгоризонтальной структуры среды. Такой же разрыв выражен леводвиговым смещением кладки башни на раскопе «Южный». Все сказанное позволяет рассматривать эти нарушения в качестве молодых тектонических разрывов, некоторые из которых являлись выходом очага сильного землетрясения на поверхность.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Территория Боспорского царства, занимавшего Керченский полуостров, в древности неоднократно подвергалась сейсмическим катаклизмам. Довольно хорошая сохранность исторического ландшафта древнего государства с целой инфраструктурой городских поселений, начиная от столицы и заканчивая периферийными селами и отдельными усадьбами, оборонительные системы, в том числе и соответственно оборудованная древняя «государственная граница» Боспора в виде Узунларского вала с комплексом военных крепостей на нем, дает материал для параметризации древних землетрясений. Результаты работ последних лет (табл. 1), которые были проведены в том числе и при участии авторов настоящей статьи, требуют краткого обзора и сопоставительного анализа датировок всех исторических землетрясений района исследования. Это повысит достоверность выводов и позволит избежать необоснованных завышений сейсмичности территории.

Для территории Керченского полуострова пока нет специализированных обобщающих археосейсмологических исследований. Имеющиеся публикации в основном посвящены исследованию отдельных объектов и их анализу (см. табл. 1). Здесь необходимо остановиться на работах Н.И. Винокурова и А.А. Никонова [1998. С. 103–107, 112], коллектива авторов под руководством Н.И. Винокурова [*Винокуров и др.*, 2015] и под руководством А.М. Корженкова и А.Н. Овсоченко [*Овсоченко и др.*, 2021. С. 5, 34–37]. Особенно актуальна в рассматриваемом контексте последняя статья.

Анализ представленных в табл. 1 данных дает возможность локализовать эпицентры (эпицентральные области) нескольких землетрясений, затронувших Боспорское царство. Наиболее древнее из них произошло во второй половине IV – начале III в. до н.э. Оно было приурочено к Южно-Азовскому разлому. Во время этого события имел место выход сейсмического очага на поверхность на территории Зенонова Херсонеса. Следующее по времени землетрясение произошло в 63 г. до н.э. и также имело эпицентральную область, приуроченную к Южно-Азовскому разлому. В середине – второй половине III в. на Керченском полуострове произошли два землетрясения с эпицентральными областями, связанными с Южно-Азовским (оперяющие разрывы вышли на поверхность на городище Сююр-Таш) и Южно-Керченским разломами. Относительная хронология событий имеет отличия. Землетрясение Южно-Азовского разлома, видимо, более раннее и произошло после 234–239 гг. Судя по данным археологических исследований городищ Михайловское и Сююр-Таш, его хронология укладывается в середину (вторую треть) III в. (см. табл. 1). Землетрясение с эпицентральными областями, приуроченной к Южно-Керченскому разлому, судя по раскопкам и исследованиям Мирмекия, произошло во второй половине III в. – около 267/68–275/76 гг. Выявленные в Илурате, Киммерике и Китее последствия этого землетрясения в целом подтверждают эти хронологические выводы (см. табл. 1).

На городище «Белинское» нами был прослежен целый комплекс сейсмогенных разрывов и деформаций.

Таблица 1. Параметризация древних землетрясений на территории Керченского полуострова по материалам сейсмоархеологических исследований последних лет

Памятник / объект	Хронология	Положение эпицентральной зоны или направление ее расположения*	Интенсивность / оценка последствий	Источник
Античная усадьба в районе бух. Генеральская	Начало последней четверти IV в. до н.э.	Южно-Азовский разлом	$I_L \geq IX$ баллов (MSK-64)	[Корженков и др., 2020. С. 49–50]
	Не датировано			
Артезиан	Середина – вторая половина III в.	Не определено	Тотальное разрушение	[Винокуров, Никонов, 1998. С. 103–107, 112; Винокуров и др., 2015. С. 59]
Зенонов Херсонес	Вторая половина IV – начало III в. до н.э.	Южно-Азовский разлом; выход очага на поверхность на территории памятника	Не определено	[Овсяченко и др., 2019б. С. 133, 147, 149]
	Ранее рубежа VI–V вв. до н.э.	Южно-Азовский разлом	Не определено	[Овсяченко и др., 2019б. С. 133, 149]
	63 г. до н.э.	Эпицентральный разлом; Южно-Азовский разлом	Около IX баллов (ESI)	
	Ранее второй половины IV в.	Южно-Азовский разлом	Не определено	
	Первая треть – середина VI в.		Всеобщее и катастрофическое разрушение	
	XVIII в.		Не определено	
Золотое (берег)	II в. (весна – начало лета)	Не определено	Не определено	[Винокуров, Никонов, 1998. С. 108–112]
	Середина – вторая половина III в.	Не определено	Полное разрушение	[Там же. С. 112]
Илурат	Вторая половина III в.	Южно-Керченский разлом	Не определено	[Корженков и др., 2016б. С. 38]
Киммерник	Вторая половина III в.	Эпицентральный разлом; Южно-Керченский разлом	Полное разрушение	[Там же]
Китей	63 (?) г. до н.э.	Близость эпицентральной области	$I_L \leq IX$ баллов (MSK-64)	[Корженков и др., 2016а. С. 376–379; Molev et al., 2019. P. 337]
	После III в. до н.э.	Субширотная ось с запада	$I_L \leq IX$ баллов (MSK-64)	[Там же]
	Середина – вторая половина III в.	Эпицентральный разлом; Южно-Керченский разлом	$I_L \leq IX$ баллов (MSK-64)	[Корженков и др., 2016а. С. 376, 378–379; Molev et al., 2019. P. 336–338]
Мирмекий	Первая половина осени 63 г. до н.э.	Керченский полуостров	Разрушения	[Блаватский, 1977. С. 57]
	Середина IV в. до н.э. (более древние? после V в. до н.э.)	Ось ССВ–ЮЮЗ	$I_L \leq IX$ баллов (MSK-64)	[Овсяченко и др., 2021. С. 5, 34]
	Середина III в. до н.э.	Субширотная ось с востока		[Там же. С. 5, 34–35]
	63 (64) г. до н.э.	Южно-Азовский разлом		[Там же. С. 5, 35–36]
	Начало II в.	Южно-Азовский разлом (?)		[Там же. С. 5, 36]
	Вторая половина III в. (267/68–275/76 гг.)	Южно-Керченский разлом		[Там же. С. 5, 36–37]

Таблица 1 (окончание)

Памятник / объект	Хронология	Положение эпицентральной зоны или направление ее расположения*	Интенсивность / оценка последствий	Источник
Михайловское городище	Не датировано	Широтная ось с востока	$VIII \leq I_0 \leq IX$ баллов (MSK-64)	[Корженков и др., 2018б. С. 117, 127–128]
	Вторая треть III в. (после 234–239 гг.)	Субмеридиальная ось (ССЗ–ЮЮВ)	$VIII \leq I_0 \leq IX$ баллов (MSK-64)	[Там же. С. 128]
Нимфей	III в. до н.э.	Не определено	$VIII \leq I_0 \leq IX$ баллов (MSK-64)	[Корженков и др., 2018а. С. 117]
	63 (?) г. до н.э.	ось СВ–ЮЗ	$VIII \leq I_0 \leq IX$ баллов (MSK-64)	[Там же. С. 113, 117]
После середины II в.	Очаг к юго-востоку от памятника	[Там же. С. 113, 117]		
Тиритака	Середина – конец III в. до н.э.	Не определена	I_L не менее IX баллов (MSK-64)	[Там же. С. 318]
	63 (?) г. до н.э.	Субширотная ось с восточного направления		
Пантикапей	Первая половина осени 63 г. до н.э.	Керченский полуостров	Разрушения	[Блаватский, 1977. С. 56–57]
Поселение Госпиталь-1	Вторая половина IV – первая треть III в. до н.э.	Не определено; возможна близость очага; разрушения могли быть усилены катастрофическими грязевулканическими деформациями земной поверхности	$I_L \geq IX$ баллов (MSK-64)	[Корженков и др., 2019б. С. 146; Рукавишников и др., 2019. С. 71–72]
Сююр-Таш	Первая половина (?) III в. до н.э.	Эпицентральная зона; Южно-Азовский разлом	$I_L = IX-X$ баллов (MSK-64)	[Корженков и др., 2020. С. 70–71]
	Не позднее рубежа II–I вв. до н.э.	Не определено	Не определено	
	63 (?) г. до н.э.	Южно-Азовский разлом	$I_L \geq IX$ баллов (MSK-64)	
	Около середины III в.	Южно-Азовский разлом; оперяющие разрывы вышли на поверхность на городище	$I_L \geq VIII$ баллов (MSK-64)	[Там же. С. 71]
	Около 70-х годов VI в.	Южно-Азовский разлом; эпицентральная область северо-восточнее в непосредственной близости	$I_L \geq IX$ баллов (MSK-64)	

*Полужирным выделены случаи, когда было возможно определить локализацию эпицентра древнего землетрясения.

Повреждения объектов памятника характерно как для первого строительного периода, так и для второго. Некоторые сеймотектонические разрывы, очевидно, сформировались до строительства крепости. Это ставит перед нами достаточно сложный вопрос датировки и разделения последствий землетрясений между разными событиями. С этой целью проанализируем данные табл. 2. Очевидно, что на городище «Белинское» нами зафиксированы следы не менее трех катастрофических землетрясений: до основания городища (событие А), в конце первого строительного периода (событие В) и во время (в конце?) второго строительного периода (событие С).

Событие А (4 в табл. 2). Сильное землетрясение (интенсивность $I_L \geq IX$ баллов по шкале MSK-64), приведшее к образованию грабенов, произошло до начала II в., или, другими словами, до начала строительства крепостной стены городища «Белинское». В пользу этого говорят три обстоятельства. Во-первых, одна из вертикальных плит грабена (III на рис. 3) была частично срублена под установку фундаментов юго-восточной оборонительной стены (см. рис. 7, а). Во-вторых, юго-западная куртина была построена с включением в ее нижнюю часть деформированной (вертикальной) плиты грабена (см. рис. 5). В-третьих, скальный материк с грабенами был перекрыт (снивелирован) грунтом перед

Таблица 2. Деформации, обнаруженные на территории городища «Белинское» и его ближайшей округи, связанные с землетрясениями

№ п/п	Рисунок	Раскоп	Описание деформаций	Эпицентральная зона и/или ось распространения максимальных сейсмических колебаний	Строительный период
1	3, «1а»; 8	«Южный»	Смещение фундаментов южной куртины оборонительной стены, завал стены в юго-западном направлении	Субмеридиальная	1-й
2	3, «2»; 4; 19		Сейсмогенный разрыв, повредивший южную башню	Эпицентр	2-й
3	3, «5»; 5, б		Сейсмогенный грабен, разрушивший хозяйственную яму 113		1-й
4	3, «I–III»; 5, а; 7		Пул-апартаы – грабенообразные понижения с кулисным расположением	Эпицентр	ранее 1-го
5	9; 10; 11, а	«Восточный»	Деформация кольцевой кладки сеймотектонической трещиной	Эпицентр	2-й
6	9; 11, б–г		Хозяйственные ямы, поврежденные сеймотектонической трещиной	Эпицентр	2-й
7	11, в, г		Ремонт горловины хозяйственной ямы	Субмеридиальная	3-й
8	11, б		Ремонт (забивка камнем) сеймотектонической трещины в стенках хозяйственных ям	Эпицентр	3-й
9	12		Ремонт (забивка камнем) сеймотектонической трещины	Эпицентр	2-й
10	13, «а»	«Западный»	Разворот по часовой стрелке блоков горжи западной башни	Субширотная	1-й
11	13, «б»		Разворот против часовой стрелки блока внутреннего фаса северо-западной оборонительной стены	Субмеридиальная	1-й
12	13, «в»		Флексурный излом на оборонительной стене	Субширотная	1-й
13	13, «2»		Значительное разрушение западной башни и перекрытие ее остатков кладкой второго строительного периода	Эпицентр	1-й
14	16	«Северный»	Деформация кладки оборонительной стены: разрыв, смещение и наклон части стены в северо-западном направлении	Субмеридиальная	1-й
15	15; 18; 20		Тектонический разрыв на месте «главной улицы»	Эпицентр	(?) ранее 1-го, 1-й, 2-й
16	18, профиль Д–Е		(?) Антиклинальный изгиб дна рва	Эпицентр	(?) 1-й или 2-й

началом строительства крепости [Зубарев, Смекалов, 2014. С. 223–224, рис. 13]. Можно допустить, что тектонический разрыв на месте «главной улицы» (см. 4 в табл. 2) и прочие зафиксированные нами в окрестностях городища разрывы (см. рис. 16) начали формироваться еще до строительства городища и во время событий В и С лишь обновлялись. Подобные деформации характерны для эпицентров землетрясений.

Среди каталогизированных землетрясений, приведенных в табл. 1, хронологически и территориально выделяется землетрясение второй половины IV – начала III в. до н.э., которое могло стать причиной формирования грабенов. Хотя такое допущение имеет исключительно гипотетический характер – грабены могли сформироваться ранее.

Событие В представлено деформациями в строительных конструкциях первого строительного периода. По большей части они выявлены в оборонительных сооружениях городища в раскопах «Южный», «Западный» и «Северный» (1, 3, 10–14 в табл. 2). Это землетрясение практически полностью уничтожило оборонительную систему городища как единый фортификационный комплекс. Все описанные в статье повреждения западной башни приходится именно на событие В. Повреждения башни и оборонительной стены не подвергались ремонту, а были законсервированы «как есть» при сооружении пирамидального пояса во время второго строительного периода (1 на рис. 13). Характерно, что во время раскопок на западном углу башни удалось открыть облицовочные блоки этого пояса, которые перекрывали деформированные конструкции башни (см. рис. 14).

Отметим, что, несмотря на значительность и масштабность разрушений в строительных конструкциях западной башни и прилегающих к ней элементах первого строительного периода, повреждения в кладках второго строительного периода не обнаружены. В этом же нас убеждает и смещение фундаментов юго-западной куртины, ее наклон и ремонт этого повреждения пирамидальным противотаранным поясом (он же контрфорс) второго строительного периода (1 в табл. 2). Судя по сильным деформациям, описанным на территории раскопа «Южный», можно было бы предположить, что землетрясение имело значительную интенсивность сейсмических колебаний – $I_L \geq IX$ баллов по шкале MSK-64, а его эпицентр находился вдоль оси ВСВ–ЗЮЗ. Однако отсутствие систематичности в явно одновременных повреждениях оборонительных сооружений на раскопах «Западный» и «Северный» заставляет склониться к выводу, что мы имеем дело больше с площадными и разрывными сейсмотектоническими деформациями, характерными для очаговой зоны землетрясения.

Обратимся к деформации ямы 113 (3 в табл. 2). Во время второго строительного периода она была перекрыта каменным навалом к внутреннему фасу оборонительной стены. Это во многом определяет ее возраст первым строительным периодом. Во время древнего землетрясения она повреждается компенсационным провалом от подрастания складки грабена, включенного в фундамент западной оборонительной стены первого строительного периода. Сама стена после этого также деформируется в горизонтальной плоскости с опусканием ее южного крыла. Такие повреждения подтверждают наши выводы о том, что деформации события В соответствуют эпицентральной зоне землетрясения. Это землетрясение произошло или сразу после гибели городища в ходе военных действий в конце первого строительного периода, или заложило предпосылки для военной катастрофы третьей четверти III в.

Очевидно событие В оставило следы на городищах Михайловское и Сююр-Таш, эпицентральной области которых связана с Южно-Азовским разломом (см. табл. 1). Хронология землетрясения на первом памятнике укладывается во временные рамки второй трети III в. [Корженков и др., 2018б. С. 128]. Это позволяет с осторожностью предполагать, что землетрясение

все-таки было одной из причин военной катастрофы в конце первого строительного периода.

Событие С (2, 5–9, 15–16 в табл. 2). Очевидно, что на городище «Белинское» мы имеем дело с эпицентральной зоной этого сейсмического события. Разрыв южной башни, ставший несомненно катастрофой для жителей городища, является в то же время необыкновенной удачей для археосейсмологов. Выход сейсмического очага на поверхность и смещение им строительных элементов известного возраста сразу же дают ответы на три главных вопроса сейсмологии: где, какой силы и когда. Чаще всего специалисты по археосейсмичности имеют дело с так называемыми сеймоинерционными деформациями – свидетелями сильных сейсмических колебаний, исходящих из неизвестного поначалу источника. Требуется немало усилий, замеров и аналитических размышлений, чтобы определить, откуда шли сейсмические подвижки. Затем по макросейсмическим шкалам оценить местную интенсивность сейсмических колебаний и с помощью археологических методов определить в конце концов возраст сейсмического события.

Чтобы параметризовать сейсмическое событие, затронувшее городище «Белинское» между первой четвертью и второй четвертью IV в. [Зубарев, Ярцев, 2019. С. 245; 2020. С. 164], мы использовали эмпирическую формулу из статьи [Wells, Coppersmith, 1994] для средних значений смещения по сдвиговым разрывам:

$$M = 7.04 + 0.89 \lg(AD).$$

Нам известна величина смещения части южной башни городища по изученному дизъюнктиву (минимальная, средняя или максимальная). Принимаем наш замер как среднюю величину: $AD = 1.0$ м. В таком случае магнитуда исторического землетрясения составляет $M = 7.0(\pm 0.5)$. Таким магнитудам в эпицентральных зонах соответствует сейсмическая интенсивность $I \geq IX$ баллов по шкале MSK-64.

Несмотря на катастрофическую силу землетрясения, сказать, что оно привело к полному разрушению городища «Белинское», нельзя. Во многом об этом свидетельствуют его последствия на раскопе «Восточный». Во-первых, кольцевая кладка и зольник продолжают функционировать до первой четверти V в. [Зубарев, Ярцев, 2019. С. 245]. Во-вторых, полностью перекрытая зольником кольцевая кладка не должна была бы приобрести подобных деформаций. То есть на момент деформации она если и не была полностью открыта, то зольник над ней и в ней только начал формироваться. Сейсмогравитационная трещина, повредившая эту кольцевую кладку, подвергается забивке строительным камнем, поставленным ортостатно (9 в табл. 2). Подвергаются ремонту в том числе и хозяйственные ямы: либо перерубаются их горловины (7 в табл. 2), либо забиваются камнем трещины в их стенках (1, 8 в табл. 2). Хозяйственные ямы относятся ко второму строительному периоду, но продолжают использоваться в течение третьего. Это явно указывает на время события С – конец второго или начало третьего строительного периода, или между 318 и 322 г.

Хронологически событию С соответствует ранее датируемое второй половиной IV в. землетрясение, следы которого были прослежены на Зеноновом Херсонесе (см. табл. 1). Предполагается, что его источником был Южно-Азовский разлом [Овсяченко и др., 2019а. С. 133, 149].

Остаются недатированными антиклинальный изгиб дна оборонительного рва (16 в табл. 2) и деформации тектонического разрыва на «главной улице» (15 в табл. 2). Ответы на эти вопросы можно получить при дальнейшем археологическом изучении этих объектов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате изучения следов древних землетрясений на территории городища «Белинское» были открыты и описаны различные сеймотектонические и сейсмоинерционные деформации. Корреляция полученных данных с результатами многолетних археологических раскопок памятника дала возможность достаточно точно датировать два землетрясения. Оба события совпали (стали причинами?) с окончанием соответственно первого и второго строительного периода.

В первом случае землетрясение произошло в третьей четверти III в. с интенсивностью $I_L \geq IX$ баллов по шкале MSK-64. Территории городища «Белинское» находились в его эпицентральной зоне. Во втором случае землетрясение произошло между 318 и 322 г. Объекты памятника находились в его эпицентральной зоне. На территорию городища пришелся выход сейсмического очага на поверхность. Магнитуда землетрясения составила $M = 7.0(\pm 0.5)$, а интенсивность $-I_L \geq IX$ баллов по шкале MSK-64.

Также было исследовано еще одно землетрясение, которое произошло до основания крепости городища «Белинское», не ранее начала II в. Его эпицентр располагался на территории городища, а интенсивность землетрясения можно оценить как $I_L \geq IX$ баллов по шкале MSK-64.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда № 22-12-00083.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

Алейникова П.К., Самулева В.И. Геологическая карта СССР. М. 1 : 200 000. Сер. Крымская. Л. L-37-XIX/XXV / Ред. М.В. Муратов. Киев: Киевгеология, 1970.

Блаватский В.Д. Землетрясение 63 г. до н.э. на Керченском полуострове // Природа. 1977. № 8. С. 56–57.

Бунэ В.И., Медведева Н.С. Оценка магнитуды землетрясения 63 г. до н.э. в Керченском проливе // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1990. № 3. С. 61–63.

Винокуров Н.И., Никонов А.А. О следах землетрясений античного времени на западе Европейского Боспора // Рос. археология. 1998. № 4. С. 98–113.

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.

Владов М.Л., Старовойтов А.В. Введение в георадиолокацию: Учеб. пособие. М.: Изд-во МГУ, 2004. 153 с.

Воронин А.Я. Критерии идентификации строения и функциональных свойств почвенного профиля в георадиолокационных исследованиях с использованием георадара «ЛЮЗА-В» // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2015. № 80. С. 106–128.

Гончаров М.А., Талицкий В.Г., Фролова Н.С. Введение в тектонофизику. М.: КДУ, 2005. 496 с.

Едемский Д.Е., Попов А.В., Прокопович И.В., Дегтерев А.В., Рыбин А.В. Опыт георадиолокационного зондирования почвенно-пирокластического чехла юго-восточной части о. Матуа (Курильские острова) // Вестн. КРАУНЦ. Науки о Земле. 2018. Вып. 40, № 4. С. 69–81.

Едемский Д.Е., Тумской В.Е., Овсяченко А.Н. Георадиолокационное зондирование отложений в пределах деградирующего полигонального микрорельефа в Арктике // Криосфера Земли. 2021. Т. XXV, № 5. С. 55–69.

Зубарев В.Г. Античное поселение у села Белинское: Предварительные итоги раскопок в 1996–1999 гг. // Древности Боспора. 2000. Вып. 10. С. 63–77.

Зубарев В.Г., Седых Е.Е. Планировка и основные этапы застройки городища «Белинское» во II – первой половине V вв. н.э. // Боспорские исследования. 2013. Вып. 28. С. 250–274.

Зубарев В.Г., Смекалов С.Л. Культурно-исторический ландшафт городища «Белинское» // Древности Боспора. 2014. Вып. 18. С. 209–225.

Зубарев В.Г., Ярцев С.В. Предварительные итоги и перспективы археологических раскопок в восточной части городища «Белинское» // XX Боспорские чтения. Боспор Киммерийский и варварский мир в период античности и средневековья. Основные итоги и перспективы исследований: Материалы Междунар. науч. конф. / Ред.-сост. В.Н. Зинько, Е.А. Зинько. Симферополь; Керчь, 2019. С. 241–249.

Зубарев В.Г., Ярцев С.В. Круглые каменные сооружения на городище «Белинское» в Восточном Крыму // Древности Боспора. 2020. Т. 25. С. 155–175.

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 Междунар. круглого стола, г. Санкт-Петербург, 22–23 ноября 2016 г. СПб.: ПАЛАЦЦО, 2016а. С. 272–281.

Корженков А.М., Овсяченко А.Н., Ларьков А.С. сейсмические деформации в древнем городе Илурате // Природа. 2016б. № 10. С. 30–38.

Корженков А.М., Ларьков А.С., Овсяченко А.Н., Соколова О.Ю. Следы сильных землетрясений в руинах боспорского города Нимфея // Боспорские исследования. 2018а. Вып. XXXVII. С. 111–138.

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. 2018б. Т. 22. С. 115–132.

Корженков А.М., Овсяченко А.Н., Ларьков А.С., Зинько В.Н. Следы сильных землетрясений на древнем го-

- родище Тиритака в Восточном Крыму // Боспорские исследования. 2019а. Вып. 38. С. 137–159.
- Корженков А.М., Овсяченко А.Н., Федосеев Н.Ф., Ларьков А.С. Комплекс деформаций строительных конструкций в греческом археологическом памятнике «Госпиталь», г. Керчь, Крым // Геология и геофизика юга России. 2019б. Вып. 9 (1). С. 135–149.
- Корженков А.М., Масленников А.А., Овсяченко А.Н., Ларьков А.С., Родина С.Н. Следы сейсмических катастроф в руинах усадебных комплексов IV–III вв. до н.э. в Крымском Приазовье // Проблемы истории, филологии, культуры. 2020. № 3. С. 49–76.
- Корпус боспорских надписей / Под ред. акад. В.В. Струве (отв. ред.) и др. М.; Л.: Наука, 1965. 952 с.
- 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 // Докл. Акад. наук. 2017. Т. 472, № 1. С. 89–92.
- Овсяченко А.Н., Вакарчук Р.Н., Корженков А.М., Ларьков А.С., Сысолин А.И., Рогожин Е.А., Мараханов А.В. Активные разломы Керченского полуострова: Новые результаты // Докл. Акад. наук. 2019а. Т. 488, № 4. С. 408–412.
- Овсяченко А.Н., Корженков А.М., Масленников А.А., Вакарчук Р.Н., Ларьков А.С., Сысолин А.И. Следы и хронология сильных исторических землетрясений на мысе Зюк в Восточном Крыму // Физика Земли. 2019б. № 4. С. 133–152.
- Овсяченко А.Н., Корженков А.М., Ларьков А.С., Бутанав Ю.В., Мараханов А.В., Рогожин Е.А. Следы и хронология сильных землетрясений в стенах древнего города Мирмекий, Восточный Крым // Вопросы инженерной сейсмологии. 2021. Т. 48, № 2. С. 5–42. <https://doi.org/10.21455/VIS2021.1-3>
- Рогожин Е.А. Очерки региональной сеймотектоники. М.: ИФЗ РАН, 2012. 340 с.
- Рукавишников И.В., Двуреченская Н.Д., Двуреченский О.В., Алексеев А.В., Федосеев Н.Ф. Исследования поселения Госпиталь 1 в Керчи // Крым – Таврида. Археологические исследования в Крыму в 2017–2018 гг.: К 100-летию российской академической археологии. М.: Ин-т археологии РАН, 2019. Т. I. С. 63–74.
- Трифонов В.Г., Кожурин А.И. Проблемы изучения активных разломов // Геотектоника. 2010. № 6. С. 79–98.
- Флоренсов Н.А. Очерки структурной геоморфологии. М.: Наука, 1978. 283 с.
- Ярцев С.В. Северное Причерноморье в римский период и проблема готской экспансии. Тула: ТГПУ им. Л.Н. Толстого, 2014. 356 с.
- Ярцев С.В., Зубарев В.Г., Бутовский А.Ю. Греко-варварский Крым в период поздней античности (III–IV вв. н.э.: от морских походов до битвы при Адрианополе). Тула: ТГПУ им. Л.Н. Толстого, 2015. 544 с.
- Burbank D.W., Anderson R.S. Tectonic geomorphology. 2nd ed. Chichester: Wiley-Blackwell, 2012. 454 p.
- Edemsky D., Popov A., Prokopovich I. Geophysical survey of Tunnug mound periphery, Tuva, Russia // J. Appl. Geophys. 2021. V. 189 (14). 104326. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2021.104326>
- Kopeikin V.V., Morozov P.A., Edemskiy F.D., Edemskiy D.E., Pavlovskii B.R., Sungurov Yu.A. Experience of GPR application in oil-and-gas industry // Proc. of the 14th Intern. conf. on ground penetrating radar, Shanghai, China. 2012. V. 3. P. 817–819.
- 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. 2019. V. 10, N 4. P. 331–338.
- Nappi R., Paoletti V., D'Antonio D., Soldovieri F., Capozzoli L., Ludeno G., Porfido S., Michetti A.M. Joint interpretation of geophysical results and geological observations for detecting buried active faults: The case of the «Il Lago» plain (Pettoranello del Molise, Italy) // Remote Sens. 2021. V. 13, is. 8. P. 1555–1558.
- Paleoseismology. 2nd ed. / Ed. by J.P. McCaullin. Burlington; San Diego; London: Elsevier, 2009. 613 p.
- Wells D.L., Coppersmith K.J. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement // Bull. Seismol. Soc. Amer. 1994. V. 84, N 4. P. 974–1002.

Сведения об авторах

ЗУБАРЕВ Виктор Геннадьевич – Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого. Россия, 300026, г. Тула, просп. Ленина, д. 125. E-mail: parosta@mail.ru

ЯРЦЕВ Сергей Владимирович – Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого. Россия, 300026, г. Тула, просп. Ленина, д. 125. E-mail: s-yartsev@yandex.ru

ЕДЕМСКИЙ Дмитрий Евгеньевич – Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН. Россия, 108840, г. Москва; г. Троицк, Калужское шоссе, д. 4. E-mail: deedemsky@gmail.com

КОРЖЕНКОВ Андрей Михайлович – Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. Россия, 123242, г. Москва, ул. Б. Грузинская, д. 10, стр. 1. E-mail: korzhenkov@ifz.ru

ЛАРЬКОВ Александр Сергеевич – Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. Россия, 123242, г. Москва, ул. Б. Грузинская, д. 10, стр. 1. E-mail: las119@yandex.ru

МОИСЕЕВ Дмитрий Анатольевич – Общество с ограниченной ответственностью «Цитадель». Россия, 295047, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Узловая, д. 2/7. E-mail: ohota_d@ukr.net

ОВСЮЧЕНКО Александр Николаевич – Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. Россия, 123242, г. Москва, ул. Б. Грузинская, д. 10, стр. 1. E-mail: ovs@ifz.ru

СЫСОЛИН Александр Иванович – Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. Россия, 123242, г. Москва, ул. Б. Грузинская, д. 10, стр. 1. E-mail: alexandr.sysolin@gmail.com

THE SEISMIC FACTOR IN THE HISTORY OF BELINSKOE SETTLEMENT (KERCH PENINSULA, CRIMEA)

© 2022 V.G. Zubarev¹, S.V. Yartsev¹, D.E. Edemsky², A.M. Korzhenkov³, A.S. Larkov³,
D.A. Moisieiev^{4*}, A.N. Ovsyuchenko³, A.I. Sysolin³

¹ Lev Tolstoy Tula State Pedagogical University, Tula, Russia

² Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radiowave Propagation, Russian Academy of Sciences, Moscow; Troitsk, Russia

³ Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

⁴ Citadel LLC, Simferopol, Crimea Republic, Russia

*e-mail: ohot_a_d@ukr.net

Abstract. This article is about the study of seismic deformations in the walls of ancient structures of Belinskoe settlement on Kerch Peninsula, a border fortress and a city of the Bosporan Kingdom. A distinctive feature of this work is the combination of a field archaeoseismological survey of ancient fortress archaeological ruins, the study of archival archaeological materials and field geophysical work on the site and its immediate surroundings. As a result it was possible to obtain an objective seismic history of Belinskoe settlement, describe previously unknown earthquakes and date some of them with an accuracy of half a decade. It was possible due to the unique for Crimean archeology combination of methods of field archeology, archeoseismology, paleoseismology, seismotectonics and geophysics. There are traces of three catastrophic earthquakes. The first disaster dates by the time before the foundation of the fortress (not earlier than the beginning of the II century). Its epicentral zone locates on the site and in its local area. The second earthquake dates by the 3rd quarter of the III century with intensity $I_1 \geq IX$ points (MSK-64 scale). The epicenter was located on the territory of Belinskoe settlement and, probably, in its local area. This earthquake occurred either immediately after the destruction of the fortress during military operations at the end of the 1st building period, or it formed a background for the military catastrophe. The third earthquake dates between 318 and 322 and coincides with the end of the 2nd building period of the site history. Epicentral zone of this earthquake locates on the territory of the site, where the seismic focus came to the surface. The magnitude of the earthquake was $M = 7.0(\pm 0.5)$, and the intensity $I_1 \geq IX$ points (MSK-64 scale).

Keywords: Belinskoe settlement, The Bosporan Kingdom, seismic deformations, kinematic indicators, archaeoseismology, seismic ruptures, ancient earthquakes, East Crimea.

About the authors

ZUBAREV Victor Gennadievich – Lev Tolstoy Tula State Pedagogical University. Russia, 300026, Tula, Lenin av., 125. Email: parosta@mail.ru

YARTSEV Sergey Vladimirovich – Lev Tolstoy Tula State Pedagogical University. Russia, 300026, Tula, Lenin av., 125. Email: s-yartsev@yandex.ru

EDEMSEKY Dmitriy Evgenievich – Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radiowave Propagation, Russian Academy of Sciences. Russia, 108840, Moscow; Troitsk, Kaluzhskoe highway, 4. E-mail: deedemsky@gmail.com

KORZHENKOV Andrey Mikhailovich – Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences. Russia, 123242, Moscow, Bolshaya Gruzinskaya st., 10-1. E-mail: korzhenkov@ifz.ru

LARKOV Alexander Sergeevich – Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences. Russia, 123242, Moscow, Bolshaya Gruzinskaya st., 10-1. E-mail: las119@yandex.ru

MOISIEIEV Dmitriy Anatolievich – Citadel Limited Liability Company. Russia, 295047, Crimea Republic, Simferopol, Uzlovaya st., 2/7. E-mail: ohot_a_d@ukr.net

OVSYUCHENKO Alexander Nikolaevich – Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences. Russia, 123242, Moscow, Bolshaya Gruzinskaya st., 10-1. E-mail: ovs@ifz.ru

SYSOLIN Alexander Ivanovich – Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences. Russia, 123242, Moscow, Bolshaya Gruzinskaya st., 10-1. E-mail: alexandr.sysolin@gmail.com

Cite this article as: Zubarev V.G., Yartsev S.V., Edemskij D.E., Korzhenkov A.M., Larkov A.S., Moisieiev D.A., Ovsyuchenko A.N., Sysolin A.I. The seismic factor in the history of Belinskoe settlement (Kerch Peninsula, Crimea), *Geofizicheskie Protsestry i Biosfera* (Geophysical Processes and Biosphere), 2022, vol. 21, no. 2, pp. 44–70 (in Russian). <https://doi.org/10.21455/gpb2022.2-3>

English version: *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, 2022, vol. 58. ISSN: 0001-4338 (Print), 1555-628X (Online). <https://link.springer.com/journal/volumesAndIssues/11485>