

Научная статья

УДК 551.2/.3

DOI 10.46698/VNC.2025.38.64.001

Руины средневекового поселения Цагат Хинцаг – сейсмическая история в долине реки Гизельдон (Северная Осетия)

Андрей Михайлович КорженковФедеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук (ИФЗ РАН), заведующий лабораторией палеосейсмологии и палеогеодинамики, доктор геолого-минералогических наук, amkor61@yandex.ru**Юрий Владимирович Бутанаев**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов Сибирского отделения Российской академии наук (ТувИКОПР СО РАН), научный сотрудник лаборатории геодинамики, магматизма и рудообразования, jyra3@mail.ru**Александр Сергеевич Ларьков**ИФЗ РАН, заведующий лабораторией методов прогноза землетрясений, кандидат геолого-минералогических наук, las119@yandex.ru**Александр Николаевич Овсяченко**ИФЗ РАН, заведующий лабораторией сейсмотектоники и сейсмического микрорайонирования, кандидат геолого-минералогических наук, ovs@ifz.ru**Александр Анатольевич Аверин**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук (ИЗМИРАН), младший научный сотрудник, a_averin@mail.ru**Дмитрий Евгеньевич Едемский**ИЗМИРАН, ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук, deedemsky@gmail.com**Владислав Борисович Заалишвили**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный научный центр «Владикавказский научный центр Российской академии наук», научный руководитель Геофизического института – филиала Владикавказского научного центра РАН, профессор, доктор физико-математических наук, vzaal@mail.ru**Ольга Юрьевна Кашицына**ИФЗ РАН, научный сотрудник лаборатории методов прогноза землетрясений, кандидат культурологии, olgasviridoff@yandex.ru**Николай Георгиевич Кошевой**ИФЗ РАН, научный сотрудник лаборатории сейсмотектоники и сейсмического микрорайонирования, koshevoi98@inbox.ru

Аннотация. Руины поселения Цагат Хинцаг являются свидетельствами сильных сейсмических событий. Нами были выявлены: 1) Разрыв селеудерживающей дамбы и ее смещение на 2 м по правилу левого сдвига, что дает нам определение местоположения сейсмогенного разрыва и магнитуды сейсмического события $M \sim 7$. Похоже, что это первое сейсмическое событие, отраженное в постройках Цагат Хинцага. Его возраст – многие сотни, а то и первые тысячи лет. Это сильное землетрясение разрушило первоначальное поселение, построенное из значительных каменных блоков. Каменная кладка из этих блоков до сих пор сохранилась в нижних частях отдельных зданий поселения. Сейсмическая интенсивность при этом событии была $I_0 = IX-X$ баллов. 2) Деформации углов зданий, повороты субширотных стен вокруг вертикальной оси, повреждения и разрушения погребальных склепов, наклоны и опрокидывание каменных стел. Во время этого землетрясения имело место схождение небольших грунтовых оплывин, которые сместили вниз, к реке сельскохозяйственные стены поселения. Местная сейсмическая интенсивность при этом событии была $I_0 = VIII-IX$ баллов. Судя по результатам, полученным нами ранее в расположенных рядом селах Ацонага, Даллакау, Дзивгис, Цымыти, в соседней к востоку долине реки Фиагдон, возраст этого сейсмического события – XV–XVI вв. Однако возможно, что одно из сильных землетрясений с интенсивностью в эпицентральной зоне 9–10 баллов, вероятнее всего, датируется 23 февраля 1785 г. В ближайшем крупном населенном пункте Моздок при событии 23 февраля 1785 г. были зафиксированы сотрясения интенсивностью 7–8 баллов. 3) Третье сейсмическое событие, выраженное в схождение каменных глыб (камнепадов), привело к повреждению железных оградок современного облика. Мы предполагаем, что землетрясение произошло в конце XIX – начале XX вв., так как каменная стела 1914 года осталась неповрежденной. Сейсмическая интенсивность при этом сейсмическом событии была, по-видимому, $I_0 = VII-VIII$ баллов. Дополнительные полевые и камеральные исследования необходимы также в других древних поселениях региона для более полной параметризации древних сейсмических событий, а также для локализации древних эпицентральных зон в определенных структурах земной коры региона. Необходимы, кроме того, более точные определения возраста исторических сейсмокатастроф.

Ключевые слова: Цагат Хинцаг, река Гизельдон, сейсмические деформации, кинематические индикаторы, исторические землетрясения, Северная Осетия, Средневековье

Для цитирования: Корженков А.М., Бутанаев Ю.В., Ларьков А.С., Овсяченко А.Н., Аверин А.А., Едемский Д.Е., Заалишвили В.Б., Кашицына О.Ю., Кошевой Н.Г. Руины средневекового поселения Цагат Хинцаг – сейсмическая история в долине реки Гизельдон (Северная Осетия) // Вестник Владикавказского научного центра РАН. 2025. Т. 25. № 3. С. 67–81. DOI 10.46698/VNC.2025.38.64.001

The ruins of the medieval settlement Tsagat Khintsag – seismic history in the Gizeldon River valley (North Ossetia)

Korzhenkov Andrey Mikhailovich,

Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences (IFZ RAS), Head of the Laboratory of Paleoseismology and Paleogeodynamics, Federal State Budgetary Institution of Science. Dr. Sc., amkor61@yandex.ru.

Butanaev Yuri Vladimirovich,

Federal State Budgetary Institution of Science Tuvan Institute of Integrated Development of Natural Resources of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (TuvIKOPR SB RAS), Researcher at the Laboratory of Geodynamics, Magmatism and Ore Formation, yra3@mail.ru.

Larkov Alexander Sergeyevich,

Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences (IFZ RAS), Head of the Laboratory of Earthquake Forecasting Methods, PhD, las119@yandex.ru.

Ovsiuchenko Alexander Nikolaevich,

Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences (IFZ RAS), Head of the Laboratory of Seismotectonics and Seismic Microdistricting, PhD, ovs@ifz.ru,

Averin Alexander Anatolyevich,

Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation of the Russian Academy of Sciences (IZMIRAN), Junior Researcher, a_averin@mail.ru.

Edemsky Dmitry Evgenievich,

Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation of the Russian Academy of Sciences (IZMIRAN), Leading Researcher, PhD, deedemsky@gmail.com.

Zaalishvili Vladislav Borisovich,

Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Scientific Director of the Geophysical Institute, Professor, Dr, vzaal@mail.ru.

Kashitsyna Olga Yurievna,

Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences (IFZ RAS), Laboratory of Earthquake Forecasting Methods, Researcher, PhD, olgasviridoff@yandex.ru,

Koshevoy Nikolai Georgievich,

Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences (IFZ RAS), Laboratory of Seismotectonics and Seismic Microdistricting, Researcher, koshevoi98@inbox.ru.

Abstract. The ruins of the Tsagat Khintsag settlement are evidence of strong seismic events. We have identified: 1) A rupture of a mudflow retaining dam and its displacement by 2 m, which allows us to determine the location of the seismogenic rupture and the magnitude of the seismic event $M \sim 7$. It seems that this is the first seismic event reflected sinistral in the buildings of Tsagat Khintsag. Its age is many hundreds, or even the first thousands of years. This strong earthquake destroyed the original settlement built of significant stone blocks. The masonry of these blocks is still preserved in the lower parts of individual buildings of the settlement. The seismic intensity of this event was $I_0 = IX-X$. 2) Deformations of the corners of buildings, rotations of sublatitudinal walls around the vertical axis, damage and destruction of burial crypts, tilts and overturning of stone steles. During this earthquake, small landslides converged, which shifted the agricultural walls of the settlement downwards, towards the river. The local seismic intensity of this event was $I_0 = VIII-IX$. Judging by the results we obtained earlier, in the nearby villages of Atsonaga, Dallagkau, Dzivgis, Tsymyti in the neighboring valley of the Fiagdon River to the east, the age of this seismic event is the 15th-16th centuries. However, it is possible that one of the strong earthquakes with an intensity of 9-10 in the epicentral zone most likely dates back to February 23, 1785. In the nearest large settlement of Mozdok, tremors with an intensity of 7-8 were recorded during the event of February 23, 1785. 3) The third seismic event, expressed in the descent of stone blocks (rockfalls), damaged the iron fences of the modern appearance. We assume that the earthquake occurred in the late 19th – early 20th centuries, since the stone stele of 1914 remained intact. The seismic intensity during this seismic event was apparently $I_0 = VII-VIII$. Additional field and office studies are also needed in other ancient settlements of the region for a more complete parameterization of ancient seismic events, as well as for localization of ancient epicentral zones in certain structures of the earth's crust of the region. In addition, more accurate determinations of the age of historical seismic catastrophes are needed.

Keywords: Tsagat Khintsag, Gizeldon River, seismic deformations, kinematic indicators, historical earthquakes, North Ossetia, Middle Ages

For citation: Korzhenkov A.M., Butanaev Yu.V., Larkov A.S., Ovsiuchenko A.N., Averin A.A., Edemsky D.E., Zaalishvili V.B., Kashitsina O.Yu., Koshevoy N.G. The ruins of the medieval settlement Tsagat Khintsag – seismic history in the Gizeldon River valley (North Ossetia) // Bulletin of the Vladikavkaz Scientific Center of RAS. 2025. Vol. 25. No.3. P.... DOI 10.46698/VNC.2025.38.64.001

ВВЕДЕНИЕ

На обоих склонах в верховьях долины реки Гизельдон (или Даргавской долины) расположены руины позднесредневековых поселений. Ряды замшелой каменной кладки не сразу видны среди обильной растительности, лишь группы побеленных склепов выделяются среди объектов природного происхождения. Одно из таких поселений – Цагат Хинцаг («Северное село Хинцаговых» – осет.) – расположено на правом склоне долины названной реки (рис. 1) перед ее входом в ущелистый – антецедентный участок долины, пропиленный через Скалистый хребет.

В статье И.Т. Марзоева [2020] приводятся следующие цифры по переписи мужского населения

в Осетии, проведенного в 1863 г. В выселке Цагат Хинцаг проживало 17 семей общей численностью 83 человека. Однако уже через 23 года в этом селении проживало более 200 человек; возможно, в это число были включены лица женского пола. Так, Интернет сайт [«Потерянная Осетия»] сообщает, что в «Посемейных списках населенных пунктов Владикавказского округа Терской области на 1886 год» (том 1) в селе Цагат Хинцаг проживали представители трех осетинских родов: Албеговы – 128 чел., Беджисовы – 59 чел., Дауровы – 46 чел. До 1886 года в селе Цагат Хинцаг числилось 12 окладных дымов (отдельных домов), при произведенной фактической проверке оказалось таковых 20, с какого времени образовались новые дымы – сведения не имеются.

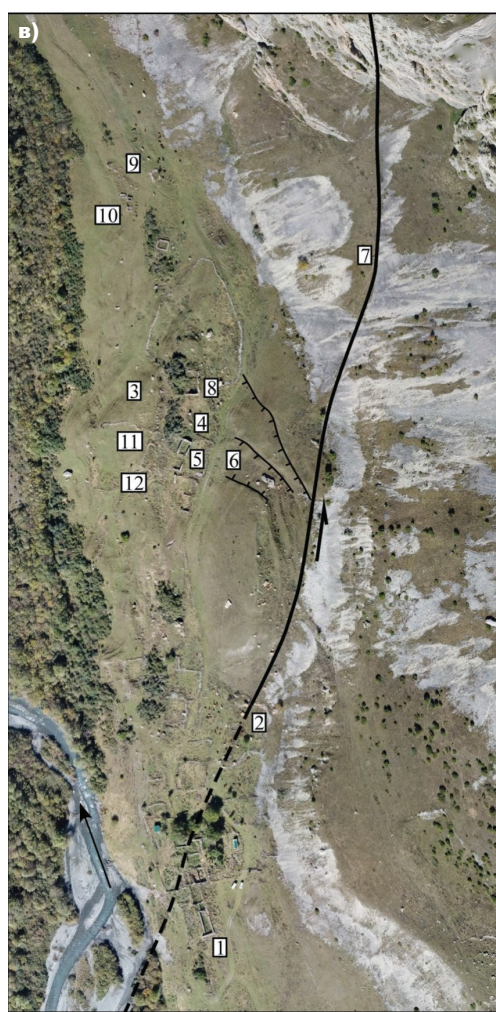


Рис. 1. Цифровая модель рельефа и дистанционные снимки места расположения древнего села Цагат Хинцаг:

а) мелкомасштабная цифровая модель рельефа;

б) космический снимок. Цагат Хинцаг («Северное село Хинцаговых» – осет.) расположено на правом склоне долины названной реки перед ее входом в ущелистый – антецедентный участок долины, пропиленный через Скалистый хребет. Стрелка показывает место расположения древнего поселения;

в) снимок с БПЛА поселения Цагат Хинцаг на правом склоне реки Гизельдон (направление течения реки показано черной стрелкой). Толстая черная линия – разлом; прерывистая – предполагаемая линия разлома, проходящая через постройки. Линии со штришками – сбросы, образующие грабен в теле древнего скального оползня; штришки показывают падение сместителя. Цифры в прямоугольничках – нумерация наших точек наблюдения.



Рис. 2. Крутой правый склон долины реки Гизельдон с коллювиальными шлейфами, смещенными по разлому (штриховая линия)

Вид на СВ. Здесь и далее наши фотографии 2023 года. Односторонняя стрелка показывает смещение вдоль разломной плоскости. Цифры нумеруют верхние части осыпей, оканчивающихся в разломной зоне. 3' – верхняя часть значительной осыпи, 3'' – ее нижнее продолжение. Наклонные стрелки показывают остатки стены загона для скота. Наша точка наблюдения № 7 на рис. 1.

Остатки каменных стен – свидетельства жилых и сельскохозяйственных построек – расположены преимущественно на невысокой (ранне-голоценовой?) аллювиальной террасе. Все стены могут быть подразделены на несколько групп:

- стены жилых и хозяйственных (дворовых) построек, башен;
- нижние части стен загон для скота; верхние части стен были глиняные или представляли собой переплетения, связки прутьев;
- стены-запруды, дамбы в долине сухого ручья, закрывающие поселение от весенних паводков и селевых выплесков;
- стены склепов, наземных и полуподземных.

Наука археосейсмология имеет свою методологию [14], которая позволяет отличать сейсмические деформации в строительных конструкциях от других, вызванных:

- военными действиями;
- статической нагрузкой со временем верхних частей сооружений на нижние;
- просадками подстилающего грунта;
- склоновыми процессами.

В полевой практике археосейсмолога иногда удается наблюдать выход сейсмического разрыва на дневную поверхность. Такие разрывы приводят к разрывам древних строительных конструкций и к латеральным и / или вертикальным смещениям строительных элементов: стен, акведуков, дорог и др. [3, 6, 7 и др.]. В таких случаях сразу удается ответить на 3 главных вопроса сейсмологии: где находится эпицентр землетрясения, какова его сила и (с помощью археологов и / или методов радиоизотопного датирования) каков возраст сейсмического события. Следует заметить, что случаи выходов на

поверхность разрывов при землетрясении довольно редкие. Чаще всего археосейсмологу приходится иметь дело с сейсмо-инерционными деформациями, которые возникают вследствие смещения нижней части сооружения вместе с подстилающим его грунтом и отставанием верхней части конструкции вследствие сил инерции.

Используя кинематические индикаторы деформаций (систематические наклоны, выдвигания и обрушения стен определенных ориентировок, а также вращения строительных элементов вокруг вертикальной или горизонтальной оси), имеется возможность определить направление на эпицентральную зону морфогенетического землетрясения, местную интенсивность сейсмических колебаний и (опять же с помощью археологов и методов радиоизотопного датирования) возраст сильных сейсмических событий [10, 11]. Эта методология неоднократно описывалась нами и другими исследователями, поэтому (чтобы не повторяться неоднократно от статьи к статье) мы просим читателей обратиться к нашим ранним работам и приведенным в них ссылкам.

ПОЛУЧЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Поселок Цагат Хинцаг расположен рядом с крутым правым склоном долины реки Гизельдон. Этот склон покрыт шлейфами оползней (рис. 1 и 2), имеющих свежий облик. Видно, что коллювиальные шлейфы развиваются в настоящее время. Необходимо отметить одну важную особенность этих осыпей: их верхние части оканчиваются в разломной зоне. Более того, крупные осыпи, развитые на всю высоту склона, латерально смещены вдоль

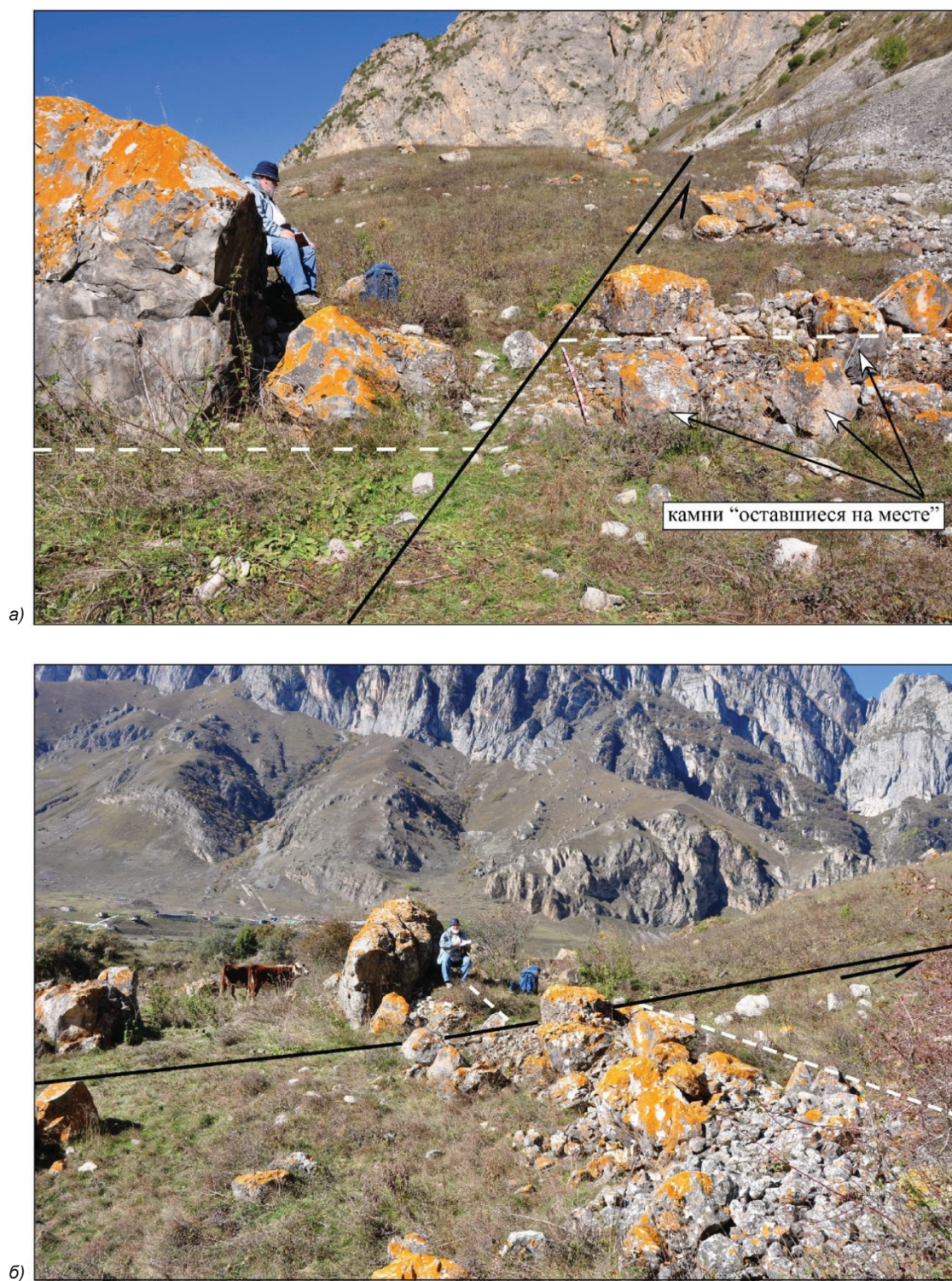


Рис. 3. Каменная дамба-уловитель, построенная поперек сухой ложбины, спускающейся к поселку Цагат Хинцаг. Тело дамбы смещено по разрыву (черная толстая линия). Односторонняя стрелка показывает направление смещения по дизъюнктиву:

а) вид на ССВ. Белая штриховая линия маркирует низ южного фаса дамбы. Мерная лента вытянута на 2 м;

б) вид на запад. Белая штриховая линия показывает северный фас дамбы



Рис. 4. Грабен СЗ простираения в центральной части оползня. Сопряженные сбросовые плоскости показаны стрелками. Вид на ЮВ

разломной плоскости по правилу левого сдвига на десятки метров.

Если долина Гизельдона в данной местности в целом имеет меридиональное простираение, то линия разлома имеет ССВ азимут. К северу от вышеописанной локации разломная зона спускается со склона в сухую ложбину, возникшую в тыловой части оползневого тела (рис. 1). Нижняя часть сухой долины выходит на южную часть поселка Цагат Хинцаг. По ней во время интенсивного таяния снегов или обильных дождей случается сходжение паводковых вод. Для предотвращения подтапливания поселка поперек ложбины была построена каменная дамба-уловитель (рис. 3). В своей западной части защитное сооружение смещено по описыва-

емому разлому. Латеральное смещение дамбы по нему (левый сдвиг) достигает 2.2 м. Во время сейсмической подвижки смещалось, по-видимому, восточное крыло разлома: часть каменных глыб в восточной части дамбы «остались на месте» во время резкого рывка. Описанное разрушение дамбы, несомненно, можно отнести к сейсмотектоническим дислокациям.

Грабенообразное понижение СЗ простираение, образовавшееся в центральной части оползневого тела, можно отнести к вторичным, промежуточным сейсмотектоническим-сейсмогравитационным деформациям (рис. 4). Во время сильного землетрясения из-за перетраивания в рыхлых отложениях сформировалась серия сопряженных сбросов (№



Рис. 5. Заколы (показаны штриховыми линиями) – плоскости отрыва будущих оползней в прибрежной части террасы на правом (восточном) склоне долины реки Гизельдон. Стрелками указаны руины средневековых построек (сельскохозяйственных стен, башен и склепов). Вид на ССЗ



Рис. 6. Наклоны, обрушения и выдвигания верхних частей зданий во время сильных землетрясений:

а) схема наклона здания при сильных землетрясениях по [12], с изменениями;

б) эпицентральная зона Измитского (Турция, 1999 г., $M_w = 7.6$, $I_0 = X$ баллов) землетрясения. Сейсмический разрыв показан белой прерывистой линией, а направление смещения (правый сдвиг) белыми стрелками. Серые стрелки показывают направление обрушения зданий. Большинство из них (90 %) обрушились в направлении противоположном сейсмотектоническим подвижкам. Фото проф. Эрхана Алтунеля.

в) схематическое изображение смещения верхней части современного памятника на кладбище в селе Бель-Алды в направлении эпицентра Суусамырского ($M_s = 7.3$, $I_0 = IX-X$ баллов) землетрясения в Кыргызстане в 1992 г.

6 на рис. 1). Высота сбросовых уступов – до 1 м. Их длина – десятки метров – ограничена шириной оползневого тела.

Аналогичную природу имеют заколы – зарождающиеся плоскости будущих оползней, развитые в западной части террасы реки Гизельдон (№ 3 на рис. 1). Бывшая ровная аллювиальная поверхность превращена в серию вытянутых в СВ направлении гребней и понижений (рис. 5) глубиной до 2 м. Сейсмическая природа этих форм рельефа не вызывает сомнений. Если бы землетрясение, их создавшее, имело бы большую интенсивность или продолжительность, описываемые заколы превратились бы в оползневые плоскости.

Описанные выше деформации относятся к сейсмотектоническому (разрывы) и сейсмо-гравитационному (оползни) типам. Однако на территории поселения Цагат Хинцаг в развалинах жилых и сельскохозяйственных построек наблюдаются так называемые сейсмо-инерционные повреждения и разрушения. Они возникают вследствие запаздывания вовлечения в движение верхних частей построек во время сильных подвижек или колебаний грунта [10], как это показано на рис. 6.

Наиболее информативными для определения направления на эпицентральную зону являются отдельно стоящие объекты, такие как колонны, кладбищенские памятники, столбы и др. В брошенном поселении Цагат Хинцаг таковыми являются надмогильные стелы на небольшом сельском погосте, расположенном к северу от жилых и сельскохозяйственных построек (рис. 7). Его географические координаты: N 42° 51' 51", E 44° 27' 06", H = 1 387 м. Наблюдается наклон почти всех каменных стел в СВ направлении. Вот параметры одной из них: наклон по азимуту 50°, угол наклона 63°. Количественные характеристики другой стелы: азимут наклона 60°, угол 65°. Некоторые стелы упали на грунт в том же направлении. Важно отметить, что по соседству со стелами находятся металлические могильные оградки, железные прутки которых имеют значительные повреждения, возможно из-за камнепадов. Возраст этих оградок известен: конец XIX – начало XX веков.

Мы уже упоминали, что стены, испытывавшие горизонтальное динамическое воздействие от грунта, в верхней своей части испытывают инерционное отставание в этом движении и, соответственно,



Рис. 7. Наклоны и опрокидывание стел в восточном направлении. Деформации железных оградок

а) Общий вид на ЮВ части погоста с каменными стелами. Аркообразные стрелки означают направления падения стел. Вертикальная стрелка указывает на деформированную железную оградку.

б) Деталь предыдущего снимка

деформации обрушения, наклона или выдвигения в сторону источника сейсмических подвижек или колебаний. Эти деформации возникают в стенах, простирающихся перпендикулярно направлению сейсмического воздействия. Стены построек, простирающие которых совпадает с направлением сейсмических воздействий, также деформируются, но уже другим образом (рис. 8). В результате того, что перпендикулярные стены одного строения колеблются в разных направлениях и с различной амплитудой, в смежных углах постройки возникают сжимающие или растягивающие усилия, что в обоих случаях приводит к повреждению или разрушению углов здания. Углы строительной конструкции – наиболее уязвимые ее части при сейсмических воздействиях.

Углы одной из построек в нашей точке наблюдения № 1 в Цагат Хинцаге деформированы (рис. 1 в, 9). Ее географические координаты: N 42° 51' 35", E

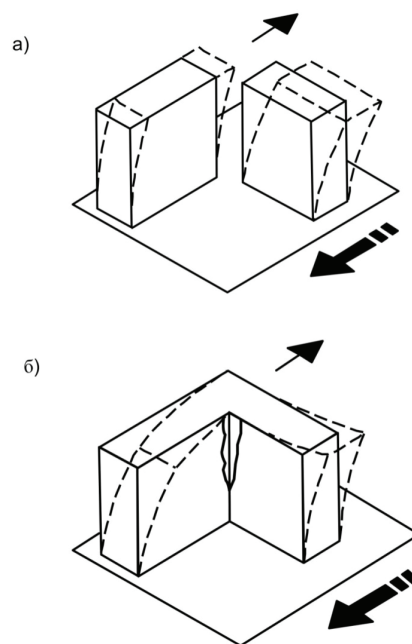


Рис. 8. Модель деформации углов здания во время сильного землетрясения по [10] с изменениями

44° 27' 06", Н = 1387 м. Южная стена строения в своей восточной части имеет значительный косой разрыв, по которому восточная стена оторвалась от южной (рис. 9а). Во время сейсмических подвижек центральная часть стены выдвинулась к северу, и ее восточная часть развернулась против часовой стрелки. В связи с таким движением каменная кладка выступает сейчас к югу на расстоянии от 15 до 37 см. Длина образовавшейся трещины 3 м. Ширина стены 0.9 м, ее остаточная высота 3 м.

Пострадало и западное окончание описываемой стены (рис. 9б). Ее азимут простираения на этом участке 72°. Низ стены стоит на больших фундаментах камнях. Сравнимый с ними по размеру каменный блок выдвинулся на юг на расстояние в 35 см и повернулся против часовой стрелки на 3°. Над этим камнем имеется муфта в фасе (облицовке) стены, размеры которой 70 x 50 см. Здесь ранее тоже находился каменный блок, но выпал при деформации стены.

Интереснейшими деформациями, возникающими при сейсмических воздействиях, являются развороты строительных конструкций целиком, их частей и отдельных строительных блоков. Такие повороты возникают в случае, если сейсмические подвижки или колебания воздействуют на удлиненный строительный элемент под углом к его простираению (рис. 10б). Так, если сейсмические подвижки

направлены по биссектрисе между перпендикулярными стенами, в стенах одной ориентировки можно будет наблюдать вращение частей стен по часовой стрелке, а в перпендикулярных стенах – повороты частей стен против часовой стрелки вокруг вертикальной оси (рис. 10в).

Такие развороты наблюдались нами в поселении Цагат Хинцаг в точке наблюдения № 4 (рис. 1в). Здесь изучались остатки разрушенной субширотной стены, сохранившейся лишь на уровень до 2 каменных блоков. Вся стена была «перетряхнута» во время сейсмического воздействия, однако видно, что нижние, фундаментные камни сохраняют «строй». Азимут их простирания 80–84°. В то же время верхние камни последовательно смещаются к югу. Величина их смещения увеличивается с востока на запад, в связи с чем поворот верхнего ряда камней относительно нижнего против часовой стрелки читается отчетливо. Азимуты простирания верхних каменных блоков меняются от 48° до 70°. Смещение камней к югу при повороте достигает значительных величин, так, каменный блок «а» на рис. 11а сместился к югу на 30 см, а камень «б» – на 60 см. Западная часть этой стены испытала самое большое смещение, и ее верхняя часть просто обрушилась к югу. Следует отметить и значительный наклон повернутых каменных блоков, вовлеченных в движение, на юг. Величина наклона меняется от 82° до 54°.

Другой разворот верхнего (второго) ряда сохранившейся части субширотной стены изучался нами в точке наблюдения № 11 (рис. 1в, 11б). Ее географические координаты: N 42° 51' 40", E 44° 27' 04", H = 1387 м над у. м. Здесь также древняя стена сохранилась на высоту лишь в два камня. Однако верхний ряд камней повернулся по часовой стрелке единым пакетом. Общее простирание стены, судя по нижнему ряду каменных блоков, 75°. Повернутый пакет имеет простирание 95°. Последний, восточный камень повернутого пакета отодвинулся на юг во время движения на 40 см. Остаточная высота стены 1 м. Ее ширина тоже около 1 м.

Еще один поворот по часовой стрелке вокруг вертикальной оси прост изучен нами в точке наблюдения № 12 (рис. 1в, 11в), она находится в 20 метрах южнее предыдущей. Здесь имеются остатки стены с простиранием 65°. Она сохранилась на высоту лишь двух рядов каменных блоков, до 1 м в абсолютных величинах. Ширина стены 0.9 м. Во время события сейсмической деформации верхний ряд каменных блоков оторвался от нижнего и еди-

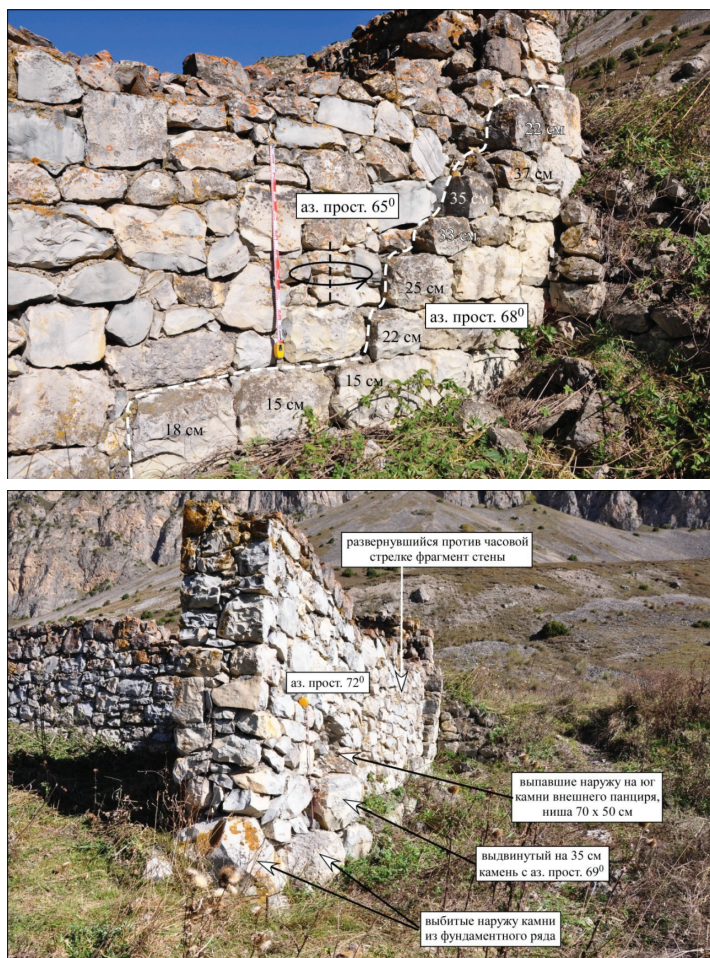


Рис. 9. Деформации в углах южной стены в точке наблюдения № 1 (см. рис. 1в):

а) повреждения в ЮВ углу постройки. Штриховая линия – разрыв со смещением в стене. Цифры справа (восточнее) разрыва – величина выступа смежной перпендикулярной стены в сантиметрах. Слева (западнее) от разрыва часть стены развернулась против часовой стрелки вокруг вертикальной оси на 3°;

б) деформации в западной части стены: выдвигения, разворот и выпадение наружу значительных каменных блоков

ным пакетом сместился – повернулся по часовой стрелке. Простирание повернутого пакета 90°. Его западная, максимально повернутая часть отодвинулась к северу от своего первоначального положения на 0.5 м. Длина повернутого пакета 5 м.

Очень часто строительные конструкции имеют комплекс – набор различных деформаций. Таковые были встречены нами в компактной группе погребальных склепов в точке наблюдения № 10 (рис. 1в, 12). Ее координаты: N 42° 51' 51", E 44° 27' 04", H = 1379 м над у. м. Здесь были изучены: разрушенный склеп «1», сравнительно хорошо сохранившийся склеп «2» и сильно деформированный склеп «3».

Склеп «1» сильно разрушен (рис. 13а). Частично уцелели лишь нижние части субширотных стен с простиранием 85°. Обломки стен и плитчатой крыши упали внутрь строения, западная стена упала на запад. Любопытно, что в руинах восточной

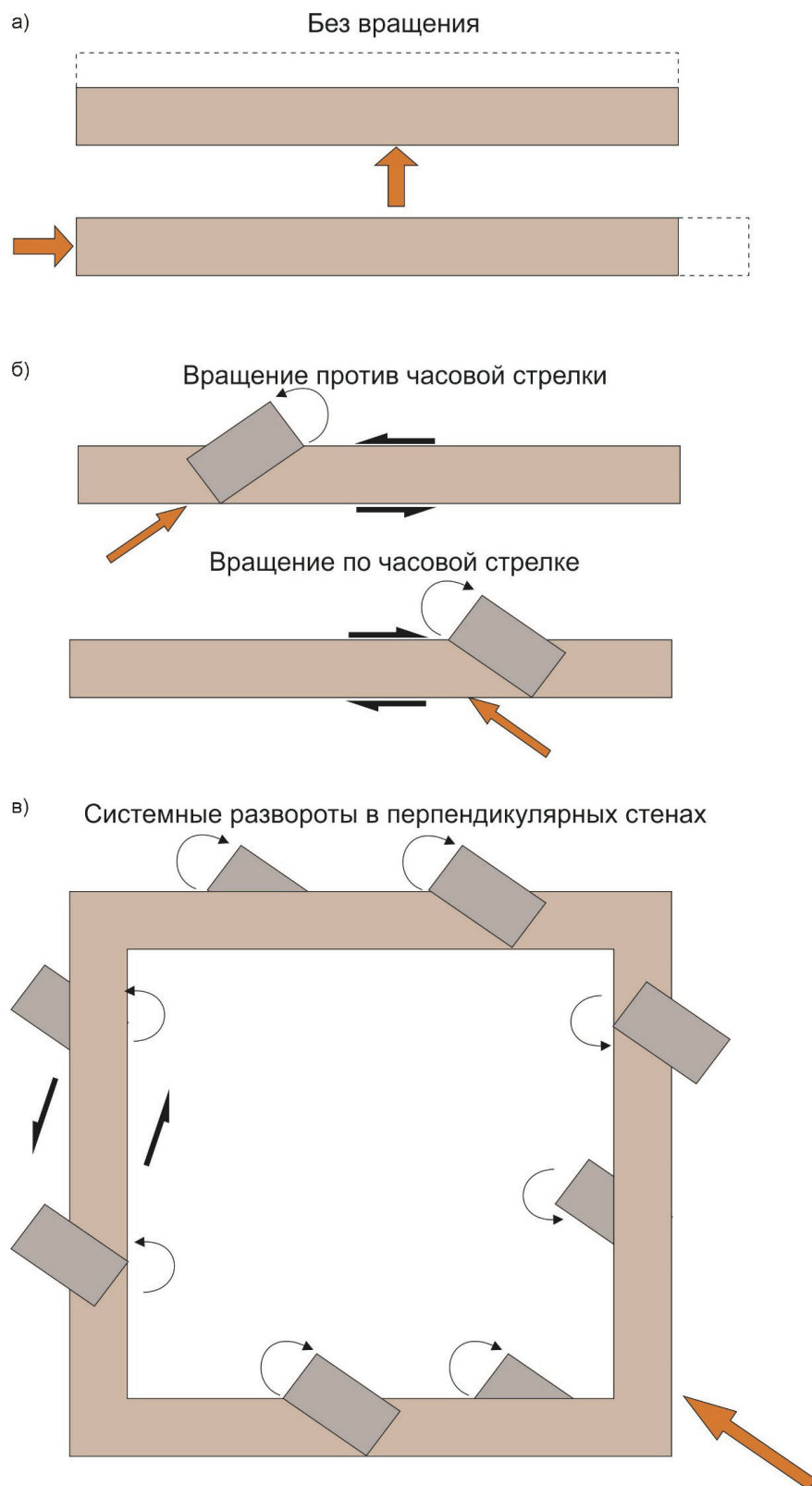


Рис. 10. Вращение элементов здания [после 1, с изменениями]:

- а) сейсмические колебания перпендикулярные к стене не вызывают вращения;
 б) сейсмические колебания, направленные под углом к стене, приводят к вращению элементов здания;
 в) сейсмические колебания, действующие вдоль биссектрисы между перпендикулярными стенами здания, вызывает противоположное вращение в этих стенах.

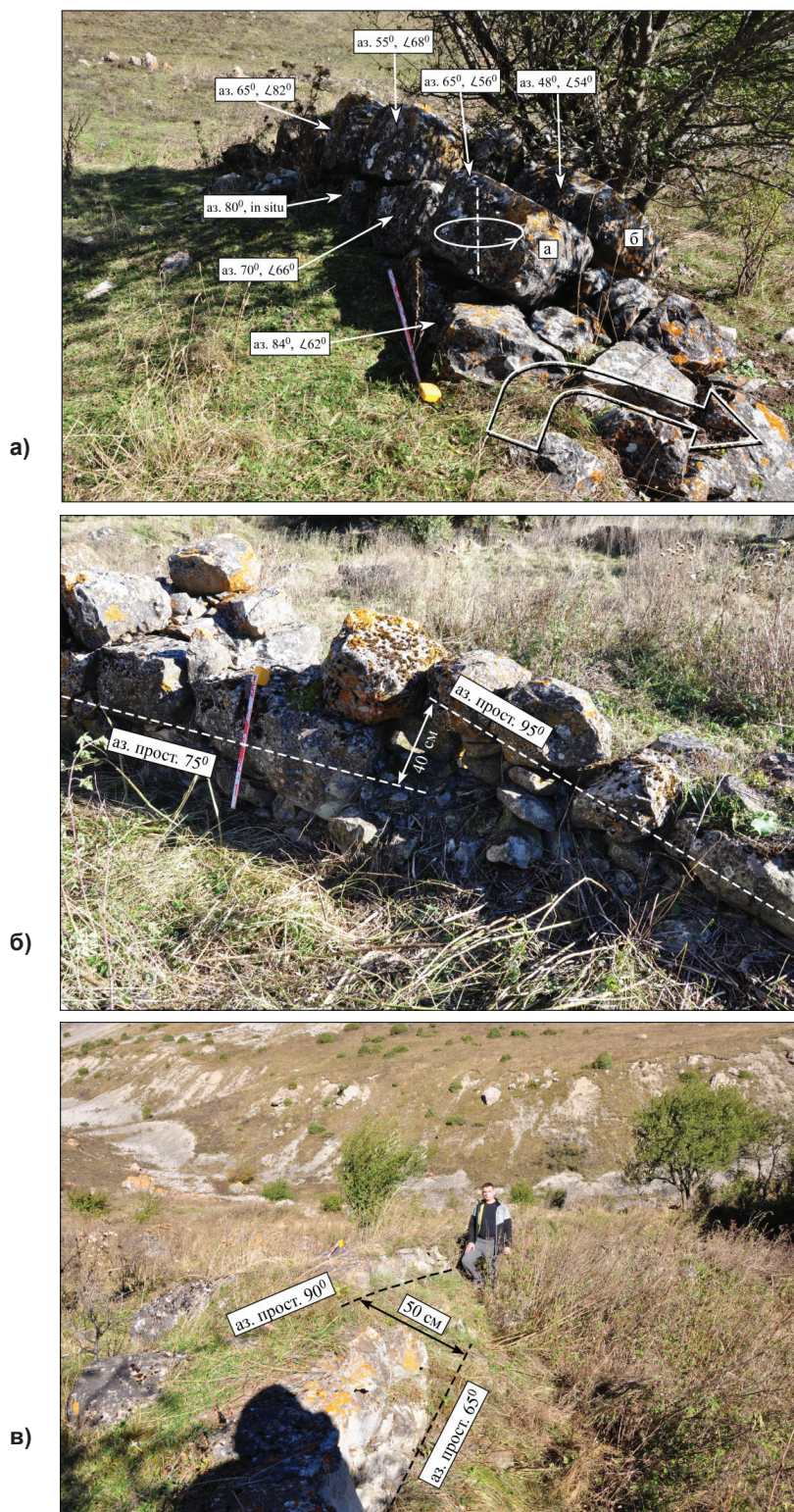


Рис. 11. Повороты по часовой стрелке (вокруг вертикальной оси) верхних частей субширотных стен. Описание в тексте:

а) точка наблюдения № 4 (см., рис. 1 в). Разворот против часовой стрелки, наклон и обрушение на юг верхнего ряда сохранившейся части субширотной стены;
 б) точка наблюдения № 11 (см. рис. 1 в). Разворот по часовой стрелке верхнего ряда сохранившейся части субширотной стены;
 в) точка наблюдения № 12 (см. рис. 1 в). Разворот по часовой стрелке верхнего ряда камней сохранившейся части субширотной стены

стены склепа находится неповрежденная цементная стела, на которой сохранился год захоронения – 1914. Создается впечатление, что стела имеет гораздо более юный возраст, чем сам склеп, однако их взаимосвязь неясна. Необходимы либо исторические, либо археологические исследования.

Второй склеп (рис. 13б), отстоящий в нескольких метрах к ЮВ от первого, сохранился сравнительно хорошо, хотя и у него отсутствует плитчатая крыша, ее обломки находятся внутри постройки. Азимут простираения длинных стен погребального сооружения 90°.

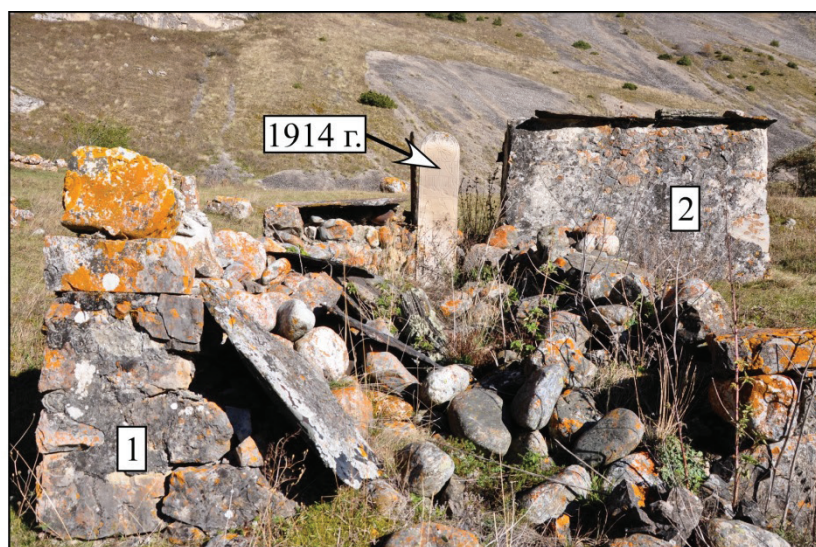
Третий склеп (рис. 14) сильно деформирован. Его широтные стены (азимут простираения 90°) попали в субмеридиональную расселину в рельефе, разделяющую склеп на две части. К востоку от этой расселины от погребального сооружения остались только руины (рис. 14б), в то время как западная часть сравнительно хорошо сохранилась, хотя в западной стене склепа имеются межблоковые вертикальные трещины, центральная из которых имеет ширину зазора до 7 см (рис. 14а). Заметно также, что северо-восточный угол склепа выпал наружу в северо-восточном же направлении (рис. 14б). По всей видимости, образование понижения в рельефе (расселины) и привело к деформации третьего погребального сооружения.

Отдельно от описанной группы склепов, метрах в 35 от погребального сооружения «1», находится еще один – полупогребенный «северный» склеп (рис. 15). Его фасадная часть (стена) имеет ЮВ азимут простираения 145°. Можно было бы заявить, что склеп сравнительно хорошо сохранился, однако с обоих боков сооружения виден отрыв фронтальной стены от перпендикулярных смежных. Отрывы претерпели полувкопанные стены СВ простираения с азимутом 50°. Ши-



**Рис. 12. Погост
покинутого поселения
Цагат Хинцаг в точке
наблюдения № 10
(рис. 1в). Вид на ЮВ**

Группа склепов, произвольно пронумерованная для удобства описания. Стрелками показаны вертикально стоящие каменные стелы. Линия на склоне – сейсмостектонический разрыв, односторонняя стрелка указывает направление по нему смещения



а)



б)

**Рис. 13. Деформации
погребальных
сооружений (склепов
1–3), стел, оградок):**

а) почти полностью разрушенный первый склеп (вид на восток). Стела 1914 года не повреждена;
б) второй склеп хорошо сохранился, лишь части его плитчатой крыши обрушились вовнутрь. Вид на запад



Рис. 14. Деформации склепа «3»:

а) вид на восток. Межблоковые вертикальные трещины в западной стене сооружения;

б) вид за ЮЗ. Восточная часть склепа разрушена. СВ угол сооружения выпал на СВ

рина зияния в разрывах достигает 20 см. Неясно назначение субпараллельных с порталной стеной выступов каменной кладки: архитектурный дизайн или стены-контрфорсы?

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Руины поселения Цагат Хинцаг являются свидетельствами сильных сейсмических событий. Нами были выявлены:

- разрыв селеудерживающей дамбы и ее смещение на 2 м по правилу левого сдвига, что дает нам определение местоположения сейсмогенного разрыва и магнитуды сейсмического события $M \sim 7$. Похоже, что это первое сейсмическое событие, отраженное в постройках Цагат Хинцага. Его возраст – многие сотни, а то и первые тысячи лет. Это сильное землетрясение разрушило первоначальное поселение, построенное из значительных каменных блоков. Каменная кладка из этих блоков до сих пор сохранилась в нижних частях отдельных

зданий поселения. Сейсмическая интенсивность при этом событии была $I_0 = IX-X$ баллов;

- деформации углов зданий, повороты субширотных стен вокруг вертикальной оси, повреждение и разрушения погребальных склепов, наклоны и опрокидывание каменных стел. Во время этого землетрясения имело место схождение небольших грунтовых оплывин, которые сместили вниз, к реке сельскохозяйственные стены поселения. Местная сейсмическая интенсивность при этом событии была $I_0 = VIII-IX$ баллов. Нам не удалось определить направление на историческую эпицентральной зону, так как субширотные стены построек показали развороты как по, так и против часовой стрелки. Наклоны и опрокидывание стел на восток, возможно, связаны с оползанием грунта вниз – на запад, к руслу реки Гизельдон. Судя по результатам, полученным нами ранее, в расположенных рядом селах Ацонага, Даллагкау, Дзивгис, Цымыти в соседней к востоку долине реки Фиагдон, возраст этого сейсмического события – XV–XVI вв. [2, 3, 6, 8]. Однако возможно, что одно из сильных зем-



Рис. 15. Деформация «северного» склепа: отрыв стен СВ простираения от фронтальной части:

а) вид на восток;
б) вид на СЗ

летрясений с интенсивностью в эпицентральной зоне 9–10 баллов, вероятнее всего, датируется 23 февраля 1785 г. В ближайшем крупном населенном пункте Моздоке при событии 23 февраля 1785 г. были зафиксированы сотрясения интенсивностью 7–8 баллов;

- третье сейсмическое событие, выраженное в схождение каменных глыб (камнепадов) привело к повреждению железных оградок современного облика. Мы предполагаем, что землетрясение произошло в конце XIX – начале XX вв., так как каменная стела 1914 года осталась неповрежденной. Сейсмическая интенсивность при этом сейсмическом событии была, по-видимому, $I_0 = VII-VIII$ баллов.

Дополнительные полевые и камеральные исследования необходимы также в других древних

поселениях региона для более полной параметризации древних сейсмических событий, а также для локализации древних эпицентральных зон в определенных структурах земной коры региона. Необходимы, кроме того, более точные определения возраста исторических сейсмокатастроф.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Полевые исследования и камеральный анализ сейсмических деформаций в руинах позднесредневекового поселения Цагат Хинцаг были проведены при финансовой поддержке Государственной программы исследований Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корженков А.М., Мазор Э. Структурная реконструкция сейсмических событий: Руины древних городов как окаменевшие сейсмографы // Известия МОН РК, НАН РК. 2001. № 1. С. 108–125. URL: <https://istina.msu.ru/publications/article/105769042/>
2. Корженков А.М., Чшие В.Т., Ларьков А.С., Овсяченко А.Н., Едемский Д.Е., Аверин А.А., Кашицына О.Ю. Древняя застройка сел. Цымыти (Северная Осетия) как комплексный инструмент деформаций Средневекового и Нового времени // Геофизические процессы и биосфера. 2024. Т. 23, № 2. С. 75–93. DOI: 10.21455/GPB2024.2-6. DOI: 10.21455/GPB2024.2-6
3. Корженков А.М., Чшие В.Т., Ларьков А.С., Овсяченко А.Н., Едемский Д.Е., Аверин А.А., Андреева Н.В. Высокая историческая сейсмичность в Северной Осетии по данным археосейсмологии (на примере поселения Дзивгис) // Вопросы инженерной сейсмологии. 2023. Т. 50, № 2. С. 76–110. DOI: 10.21455/VIS2023.2-4
4. Марзоев И.Т. Именной список мужского населения Осетинского округа 1863 года как исторический источник // Известия СОИГСИ. 2020. № 38 (77). С. 169–179. DOI: 10.46698/o5943-1729-6165-d
5. Мультимедийная карта памятников культуры и покинутых сел Северной и Южной Осетии. Потерянная Осетия. 2012–2024. URL: <https://lostosetia.ru/object/76/?ysclid=ltmxsk6gkb899958945/#спес> (дата обращения: 15.03.2025)
6. Овсяченко А.Н., Едемский Д.Е., Нечаев С.Ю., Корженков А.М., Заалишвили В.Б., Ларьков А.С., Аверин А.А. Исследования очагов сильных исторических землетрясений методами геофизики, палео-, архео- и исторической сейсмологии: Фиагонская котловина в Северной Осетии // Геология и геофизика Юга России. 2024. № 14 (1). С. 65–90. DOI: 10.46698/VNC.2024.50.37.005
7. Овсяченко А.Н., Корженков А.М., Малышев А.А., Едемский Д.Е., Бутанав Ю.В., Ларьков А.С., Андреева Н.В. Сейсмические деформации в античном городище Раевское и сейсмостектоника Северо-Западного Кавказа // Геофизические процессы и биосфера. 2023. Т. 22, № 2. С. 1–34. DOI: 10.21455/GPB2023.2-3
8. Чшие В.Т., Корженков А.М., Овсяченко А.Н., Ларьков А.С., Андреева Н.В., Едемский Д.Е., Аверин А.А. Руины селения Даллагкау в Северной Осетии – «окаменевшие сейсмоскопы» // Вопросы инженерной сейсмологии. 2024. Т. 51, № 1. С. 25–49. DOI: 10.21455/VIS2024.1-3. DOI: 10.21455/VIS2024.1-3
9. Arnold C. Architectural considerations // The seismic design handbook. N.Y.: Chapman and Hall Publ. 1989. P. 142–170. URL: <http://civilwares.free.fr/The%20Seismic%20Design%20Handbook/Chapter%2006-Architectural%20Consideration.pdf>
10. Korzhenkov A.M., Mazor E. Structural reconstruction of seismic events: ruins of ancient cities as fossil seismographs. Science and new technologies. 1999. № 1. P. 62–74. URL: https://www.researchgate.net/publication/294848234_Structural_reconstruction_of_seismic_events_ruins_of_ancient_cities_as_fossil_seismographs
11. Mazor E., Korzhenkov A.M. Applied archeoseismology: decoding earthquake parameters recorded in archeological ruins / The Makhteshim Country: A Laboratory of Nature. Geological and Ecological Studies in the Desert Region of Israel. 2001. P. 123–153. URL: https://www.researchgate.net/profile/Andrey-Korzhenkov-2/publication/294884997_Applied_archeoseismology_Decoding_earthquake_parameters_recorded_in_archeological_ruins/links/56c57be308aea564e304ed55/Applied-archeoseismology-Decoding-earthquake-parameters-recorded-in-archeological-ruins.pdf
12. Rapp G. Assessing archaeological evidence for seismic catastrophes // Geoarchaeology. 1986. V. 1. P. 365–379. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/gea.3340010403>
13. S. Stiros, R.E. Jones. Archaeoseismology. British Schoolat Athens. 1996. 268 p. URL: https://www.researchgate.net/profile/Stathis-Stiros/publication/311516493_Stiros_S_Identification_of_earthquakes_from_archaeological_data_methodology_criteria_and_limitations_In_Stiros_S_and_R_Jones_eds_Archaeoseismology_Fitch_Laboratory_Occasional_Paper_7_Oxford_129-152_19/links/584a56e808ae686033a7745b/Stiros-S-Identification-of-earthquakes-from-archaeological-data-methodology-criteria-and-limitations-In-Stiros-S-and-R-Jones-eds-Archaeoseismology-Fitch-Laboratory-Occasional-Paper-7-Oxford.pdf

REFERENCES

1. Korzhenkov A.M., Mazor E. Strukturalnaya rekonstruktsiya sejsmicheskix soby'tij: Ruiny' drevnix gorodov kak okamenevshie sejsmografy // Izvestiya MON RK, NAN RK. 2001. № 1. S. 108–125. URL: <https://istina.msu.ru/publications/article/105769042/>
2. Korzhenkov A.M., Chshiev V.T., Lar'kov A.S., Ovsyuchenko A.N., Edemskij D.E., Averin A.A., Kashicya O.Yu. Drevnyaya zastrojka sel. Cymy'ti (Severnaya Osetiya) kak kompleksny'j instrumentarij deformatsij Srednevekovogo i Novogo vremeni // Geofizicheskie processy' i biosfera. 2024. T. 23, № 2. S. 75–93. DOI: 10.21455/GPB2024.2-6. DOI: 10.21455/GPB2024.2-6
3. Korzhenkov A.M., Chshiev V.T., Lar'kov A.S., Ovsyuchenko A.N., Edemskij D.E., Averin A.A., Andreeva N.V. Vy'sokaya istoricheskaya sejsmichnost' v Severnoj Osetii po danny'm arxeosejsmologii (na primere poseleniya Dzivgis) // Voprosy' inzhenernoj sejsmologii. 2023. T. 50, № 2. S. 76–110. DOI: 10.21455/VIS2023.2-4
4. Marzoev I.T. Imennoj spisok muzhskogo naseleniya Osetinskogo okruga 1863 goda kak istoricheskij istochnik // Izvestiya SOIGSI. 2020. № 38 (77). S. 169–179. DOI: 10.46698/o5943-1729-6165-d
5. Mul'timedijnaya karta pamyatnikov kul'tury' i pokinuty'x sel Severnoj i Yuzhnoj Osetii. Poteryannaya Osetiya. 2012–2024. URL: <https://lostosetia.ru/object/76/?ysclid=ltmxsk6gkb899958945/#спес> (data obrashcheniya: 15.03.2025)
6. Ovsyuchenko A.N., Edemskij D.E., Nechaev S.Yu., Korzhenkov A.M., Zaalishvili V.B., Lar'kov A.S., Averin A.A. Issledovaniya ochagov sil'ny'x istoricheskix zemletryasenij metodami geofiziki, paleo-, arxeo- i istoricheskoy sejsmologii: Fiagonskaya kotlovina v Severnoj Osetii // Geologiya i geofizika Yuga Rossii. 2024. № 14 (1). S. 65–90. DOI: 10.46698/VNC.2024.50.37.005
7. Ovsyuchenko A.N., Korzhenkov A.M., Malyshev A.A., Edemskij D.E., Butanaev Yu.V., Lar'kov A.S., Andreeva N.V. Sejsmicheskie deformatsii v antichnom gorodishhe Raevskoe i sejsmotehnika Severo-Zapadnogo Kavkaza // Geofizicheskie processy' i biosfera. 2023. T. 22, № 2. S. 1–34. DOI: 10.21455/GPB2023.2-3
8. Chshiev V.T., Korzhenkov A.M., Ovsyuchenko A.N., Lar'kov A.S., Andreeva N.V., Edemskij D.E., Averin A.A. Ruiny' seleniya Dallagkau v Severnoj Osetii – «okamenevshie sejsmoskopy'» // Voprosy' inzhenernoj sejsmologii. 2024. T. 51, № 1. S. 25–49. DOI: 10.21455/VIS2024.1-3. DOI: 10.21455/VIS2024.1-3
9. Arnold C. Architectural considerations // The seismic design handbook. N.Y.: Chapman and Hall Publ. 1989. P. 142–170. URL: <http://civilwares.free.fr/The%20Seismic%20Design%20Handbook/Chapter%2006-Architectural%20Consideration.pdf>
10. Korzhenkov A.M., Mazor E. Structural reconstruction of seismic events: ruins of ancient cities as fossil seismographs. Science and new technologies. 1999. № 1. P. 62–74. URL: https://www.researchgate.net/publication/294848234_Structural_reconstruction_of_seismic_events_ruins_of_ancient_cities_as_fossil_seismographs
11. Mazor E., Korzhenkov A.M. Applied archeoseismology: decoding earthquake parameters recorded in archeological ruins / The Makhteshim Country: A Laboratory of Nature. Geological and Ecological Studies in the Desert Region of Israel. 2001. P. 123–153. URL: https://www.researchgate.net/profile/Andrey-Korzhenkov-2/publication/294884997_Applied_archeoseismology_Decoding_earthquake_parameters_recorded_in_archeological_ruins/links/56c57be308aea564e304ed55/Applied-archeoseismology-Decoding-earthquake-parameters-recorded-in-archeological-ruins.pdf
12. Rapp G. Assessing archaeological evidence for seismic catastrophes // Geoarchaeology. 1986. V. 1. P. 365–379. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/gea.3340010403>
13. S. Stiros, R.E. Jones. Archaeoseismology. British Schoolat Athens. 1996. 268 p. URL: https://www.researchgate.net/profile/Stathis-Stiros/publication/311516493_Stiros_S_Identification_of_earthquakes_from_archaeological_data_methodology_criteria_and_limitations_In_Stiros_S_and_R_Jones_eds_Archaeoseismology_Fitch_Laboratory_Occasional_Paper_7_Oxford_129-152_19/links/584a56e808ae686033a7745b/Stiros-S-Identification-of-earthquakes-from-archaeological-data-methodology-criteria-and-limitations-In-Stiros-S-and-R-Jones-eds-Archaeoseismology-Fitch-Laboratory-Occasional-Paper-7-Oxford.pdf