ORES
Научно-практический электронный журнал
Оригинальные исследования (ОРИС), *ISSN 2222-0402*
www.ores.su
original-research.ru

УДК 728.1:699.841

СЕЙСМИЧНОСТЬ И СЕЙСМОГРАВИТАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ КАК ФАКТОРЫ АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНОГО ФОРМИРОВАНИЯ МАЛОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ ЮЖНАЯ ОСЕТИЯ

Плиев Аслан Созырович,
преподаватель кафедры инженерно-технических дисциплин, Юго-Осетинский государственный университет им. А. А. Тибилова, г. Цхинвал, Республика Южная Осетия
E-mail: pliev89@mail.ru

Мамиева Лана Георгиевна,
старший преподаватель кафедры инженерно-технических дисциплин, Юго-Осетинский государственный университет им. А. А. Тибилова, г. Цхинвал, Республика Южная Осетия
E-mail: Lanamamieva@mail.ru

Аннотация

Цель исследования — определить, каким образом сейсмичность и вызываемые ею сейсмогравитационные процессы должны учитываться при архитектурно-конструктивном формировании малоэтажных жилых зданий Республики Южная Осетия. Материалами послужили современные исследования сейсмичности Осетинского сектора Большого Кавказа, нормативно-технические документы по сейсмостойкому строительству и основаниям зданий, а также научные и официальные сведения о последствиях землетрясений 1991 и 2009 гг. Особое внимание уделено сейсмическим последствиям в ряде районов РЮО . Показано, что в условиях Южной Осетии опасность формируется не только прямым сейсмическим воздействием, но и вторичными процессами — обвалами, оползнями и перекрытием речных долин. На этой основе обоснована последовательность проектных решений: территория — участок — инженерно-геологические условия — сейсмическая и сейсмогравитационная опасность — рельеф — объемно-планировочная структура — конструктивная система — материалы — архитектурный облик — контроль строительства. Сделан вывод о необходимости регионально дифференцированных рекомендаций для равнинных, предгорных, склоновых и высокогорных территорий Республики.

Ключевые слова: Республика Южная Осетия, Дзауский район, Хахет, Гуфта, Квайса, малоэтажное жилье, сейсмичность, сейсмогравитационные процессы, горный рельеф, сейсмостойкость, архитектурно-конструктивные решения.

SEISMICITY AND SEISMOGRAVITATIONAL PROCESSES AS FACTORS IN THE ARCHITECTURAL AND STRUCTURAL FORMATION OF LOW-RISE RESIDENTIAL BUILDINGS IN THE REPUBLIC OF SOUTH OSSETIA

Pliev Aslan Sozyrovich,
Lecturer, Department of Engineering and Technical Disciplines, South Ossetian State University named after A. A. Tibilov, Tskhinval, Republic of South Ossetia
E-mail: pliev89@mail.ru

Mamieva Lana Georgievna,
Senior Lecturer, Department of Engineering and Technical Disciplines, South Ossetian State University named after A. A. Tibilov, Tskhinval, Republic of South Ossetia
E-mail: Lanamamieva@mail.ru

ABSTRACT

The aim of the study is to determine how seismicity and earthquake-triggered seismogravitational processes should be incorporated into the architectural and structural design of low-rise residential buildings in the Republic of South Ossetia. The study draws on recent research on the seismicity of the Ossetian sector of the Greater Caucasus, technical standards for earthquake-resistant construction and foundations, and scientific and official evidence concerning the 1991 and 2009 earthquakes. Particular attention is paid to the Dzau District, the village of Khakhet, the Patsa River valley, the Gufta area, and high-mountain Kvaisa. The analysis shows that regional hazard is formed not only by direct seismic shaking but also by secondary processes, including rockfalls, landslides, and the blockage of river valleys. A design sequence is proposed: territory — site — engineering-geological conditions — seismic and seismogravitational hazard — relief — spatial and planning structure — structural system — materials — architectural image — construction control. The results support regionally differentiated recommendations for flat, foothill, slope, and high-mountain areas of South Ossetia.

Keywords: Republic of South Ossetia, Dzau District, Khakhet, Gufta, Kvaisa, low-rise housing, seismicity, seismogravitational processes, mountainous terrain, earthquake resistance, architectural and structural solutions.

Введение

Малоэтажное жилищное строительство Республики Южная Осетия развивается в условиях, где сейсмический фактор накладывается на горный и предгорный рельеф, неоднородное инженерно-геологическое строение площадок и широкое применение каменной, кирпичной и бутовой кладки. Поэтому архитектурное решение жилого дома нельзя рассматривать отдельно от безопасности территории, на которой он размещается. Современный обзор сейсмичности Осетинского сектора Большого Кавказа характеризует регион как активную сейсмическую область и подчеркивает необходимость различать общее, детальное сейсмическое районирование и сейсмическое микрорайонирование [1]. Для архитектурной практики это означает, что региональная оценка сейсмической опасности не заменяет исследования конкретной строительной площадки. В горной местности прямое сейсмическое воздействие нередко сопровождается вторичными процессами. Землетрясение 29 апреля 1991 г. вызвало многочисленные обвалы, оползни и каменные лавины в эпицентральной зоне [10, 11]. В Южной Осетии эти процессы проявились в разрушении п.Дзау, трагедии села Хахет и перекрытии русло в долины реки Паца крупным сейсмогенным оползнем [11, 12]. Сейсмический эпизод 2009 г. затронул существенно г. Квайсу, г.Цхинвал и прилегающую высокогорные территории [13,].

Таким образом, региональная специфика Южной Осетии состоит не только в повышенной сейсмичности, но и в сочетании сейсмического воздействия с опасными геоморфологическими процессами. Это требует переноса части решений по обеспечению безопасности на ранние стадии архитектурного проектирования — до окончательного выбора конфигурации дома и его конструктивной системы.

Цель исследования

Цель исследования — выявить регионально обусловленные принципы архитектурно-конструктивного формирования малоэтажных жилых зданий Республики Южная Осетия с учетом прямой сейсмической опасности и вторичных сейсмогравитационных процессов.

Для достижения цели решались следующие задачи: сопоставить научные данные о сейсмичности региона с документированными последствиями землетрясений в Дзауском районе и г.Квайсе; определить значение рельефа и инженерно-геологических условий для выбора участка; проанализировать архитектурно-планировочные и конструктивные решения малоэтажных домов; сформулировать последовательность проектных действий, ориентированную на условия Южной Осетии.

Материалы и методы исследования

Исходную научную базу составили обзор сейсмичности и сейсмической опасности Осетинского сектора Большого Кавказа [1], исследования последствий Рача-Дзауского землетрясения 1991 г. и связанных с ним склоновых деформаций [10, 11], научное описание Онийского-II землетрясения 7 сентября 2009 г. [13]. Для уточнения последствий землетрясения 1991 г. на территории Южной Осетии использован официальный материал Правительства Республики Южная Осетия [12].

Нормативно-техническая часть анализа основана на СП 14.13330.2018 и Изменении № 4 к нему [3, 4], СП 22.13330.2016 [5], СП 20.13330.2016 [6], СП 63.13330.2018 [7], СП 15.13330.2020 [8] и СП 42.13330.2016 [9]. Эти документы используются как техническая и методическая база на территории Республики Южная Осетия.

Методика включала сравнительный анализ источников, систематизацию факторов опасности и структурно-системное сопоставление архитектурных и конструктивных решений. Анализ проводился по цепочке «территория — площадка — рельеф и грунты — опасные процессы — планировочная структура — конструктивная система — материалы — эксплуатационная надежность». Такой порядок позволил отделить факторы, которые должны учитываться до начала архитектурного формообразования, от требований, уточняемых на стадии конструктивного расчета.

Сейсмическая опасность и дифференциация строительных площадок

Для Южной Осетии методически неверно распространять одно значение сейсмической опасности на все строительные площадки. Даже внутри одного населенного пункта различаются состав и состояние грунтов, обводненность, крутизна склонов и локальные геологические процессы. Разделение общего, детального районирования и микрорайонирования, принятое в современных исследованиях региона [1], должно отражаться и в последовательности архитектурных решений. Градостроительный кодекс Республики Южная Осетия связывает проектирование и строительство с инженерными изысканиями и требованиями безопасности [2]. Поэтому исходной единицей анализа для малоэтажного дома должна быть не абстрактная территория населенного пункта, а конкретная площадка со своими грунтовыми и рельефными характеристиками.

Дзауский район: землетрясение 1991 г. и каскад вторичных процессов

29 апреля 1991 г. в районе Большого Кавказа произошло разрушительное Рача-Дзауское землетрясение. По данным полевых исследований, магнитуда главного толчка составляла около Ms = 7,0; землетрясение вызвало многочисленные типы склоновых деформаций, включая обвалы, оползни и каменные лавины [10]. Исследования очага также

фиксируют высокую интенсивность сотрясений в населенных пунктах эпицентральной зоны и значительное развитие вторичных сейсмогравитационных процессов [11]. Официальные материалы Южной Осетии указывают, что поселок Дзау был полностью разрушен, а село Хахет оказалось под оползнем; число погибших в республике составило 59 человек [12]. В данном случае безопасность застройки определялась не только прочностью зданий, но и положением населенных пунктов относительно потенциально неустойчивых склонов. Хахет представляет собой наиболее наглядный региональный пример, когда вторичный процесс становится главным поражающим фактором. Научные наблюдения связывают катастрофические разрушения в эпицентральной области с крупными сейсмогравитационными перемещениями [10, 11], а официальная югоосетинская источниковая база фиксирует уничтожение села в результате сошедшей массы грунта и горных пород [12]. Для проектирования это означает необходимость выделения зон возможного отрыва, транзита и накопления обвально-оползневого материала до выбора пятна застройки.

Дополнительный региональный пример связан с долиной реки Паца. По данным А. Н. Овсюченко и соавторов, во время землетрясения 1991 г. крупный сейсмогенный оползень полностью перегородил долину русло реки Паца; сформировавшееся подпрудное озеро [11]. Данный пример имеет непосредственное градостроительное значение: при оценке площадок необходимо учитывать не только устойчивость склонов, но и возможность перекрытия водотоков с последующим изменением гидрологического режима долины.

В архитектурно-градостроительном отношении этот каскад расширяет понятие безопасной строительной площадки. Для Дзауского района недостаточно исключить только участки с плохими грунтами; необходимо также учитывать траектории возможных обвалов и оползней, потенциальное перекрытие малых рек, зоны прорывного затопления и надежность единственных транспортных связей и мостов.

Квайса и землетрясение 2009 г.

Вторым региональным примером является Квайса. Онийское-II землетрясение 7 сентября 2009 г. характеризовалось магнитудой Ms = 5,8 [13]. Национальный сейсмологический обзор России за 2007–2010 гг. отмечает, что наиболее сильно была затронута зона вблизи эпицентра в окрестностях г Квайса; зафиксированные поверхностные нарушения носили преимущественно вторичный сейсмогравитационный характер и включали оползни, осыпи на горных склонах и селевые проявления по малым водотокам. Для высокогорного поселения это подтверждает необходимость учитывать одновременно состояние жилой застройки, свойства основания, рельеф и устойчивость транспортных связей.

Рельеф, инженерно-геологические условия и выбор участка

На сложном рельефе архитектурное проектирование начинается с оценки устойчивости склона, поверхностного стока, возможных оползневых процессов и свойств основания. Тип фундамента должен назначаться после инженерно-геологических изысканий; общие требования к проектированию оснований с учетом характеристик площадки приведены в СП 22.13330.2016 [5].Для Южной Осетии система «склон — основание — фундамент — надземная несущая система» должна рассматриваться как единое целое. Ошибка выбора участка не компенсируется усилением отдельных элементов дома, если само здание попадает в зону потенциального обвала, оползня или прорывного затопления.

Архитектурно-планировочная структура

При горизонтальных сейсмических воздействиях более предсказуемую пространственную работу обеспечивают относительно компактные планы, регулярное расположение жестких элементов и последовательная передача нагрузок по высоте. Чрезмерно вытянутые планы, сложные Г-, Т- и П-образные конфигурации, большие

консоли и резкие изменения жесткости требуют специального обоснования. Сложная композиция не исключается, но ее части должны быть конструктивно согласованы либо разделены антисейсмическими швами в соответствии с принятой расчетной схемой. Специальные требования к компоновке зданий в сейсмических районах устанавливаются СП 14.13330.2018 с последующими изменениями [3, 4].

Конструктивные системы и материалы

Камень остается важным материалом архитектурной идентичности Южной Осетии, однако необходимо различать его применение в качестве несущей кладки и в качестве облицовочного или декоративного материала. Для кладочного здания критичны раствор, перевязка, сопряжение стен, положение проемов и связь с перекрытиями. Общие положения по каменным конструкциям приведены в СП 15.13330.2020 [8], но специальные требования к сейсмостойкости должны приниматься по профильным нормам [3, 4].

Железобетонный каркас дает большую свободу планировки, но сам по себе не является гарантией сейсмостойкости. Его надежность определяется расчетной работой колонн, ригелей и узлов, положением элементов жесткости, качеством армирования и бетонирования, а также взаимодействием каркаса с ненесущим заполнением. Общие требования к железобетонным конструкциям установлены СП 63.13330.2018 [7]. Монолитные стеновые системы позволяют формировать связанную пространственную структуру, однако их эффективность напрямую зависит от качества выполнения работ. Независимо от выбранной системы, перекрытия должны участвовать в передаче горизонтальных усилий, а стены, каркас, фундамент и основание — работать в составе единой расчетной схемы.

Масса декоративных элементов также имеет значение. Применение местного камня в фасадах и цоколях целесообразно сохранять как региональный прием, но тяжелая облицовка должна иметь расчет и обоснованное механическое крепление.

Предлагаемый принцип архитектурно-конструктивного формирования

По результатам анализа предлагается последовательность принятия решений для малоэтажного жилья Республики Южная Осетия: территория → конкретный участок → инженерно-геологические условия → сейсмическая опасность → сейсмогравитационные и гидрологические вторичные процессы → рельеф → объемно-планировочная структура → конструктивная система → материалы → архитектурный облик → контроль строительства.

Принципиальное отличие этой схемы состоит в том, что сейсмичность рассматривается не как проверка уже сформированного дома, а как исходный фактор архитектурного формообразования. Для горных территорий Дзауского района и Кударского ущелья к нему добавляется предварительное исключение площадок, находящихся в зонах возможных обвалов, оползней, перекрытия русел и прорывного затопления.

Рекомендации для практики строительства Республики Южная Осетия

Первое направление — формирование региональной базы инженерно-геологических и сейсмических данных для наиболее активно осваиваемых территорий с последовательным развитием детального районирования и микрорайонирования.

Второе направление — обязательное совместное принятие ключевых решений архитектором и инженером-конструктором до фиксации планировочной схемы, а также контроль изменений, выполняемых непосредственно в ходе индивидуального строительства.

Третье направление — разработка регионального каталога архитектурно-конструктивных схем не как набора типовых домов, а как системы ограничений и рекомендуемых приемов для разных условий: относительно ровных участков, предгорных, склоновых площадок, и высокогорных территории.

Для склоновых и долинных площадок в таком каталоге должны отдельно учитываться зоны обвалов и оползней, прорывного паводка, а также надежность подъездных дорог, мостов и инженерных сетей. Эти факторы определяют не только сохранность здания, но и возможность эвакуации и последующего восстановления территории.

Выводы

1. Для Республики Южная Осетия сейсмический фактор должен оцениваться совместно с рельефом, инженерно-геологическими условиями и потенциальными вторичными сейсмогравитационными процессами. Региональная характеристика сейсмичности не заменяет оценку конкретной площадки [1].

2. События 1991 г. в Дзауском районе показывают, что наиболее опасным может быть не только прямое разрушение зданий, но и последовательность вторичных процессов «землетрясение — оползень/обвал — перекрытие речной долины — изменение гидрологического режима». Хахет и долина р.Паца являются ключевыми региональными примерами такого механизма [10–12].

3. Землетрясение 2009 г. в районе Квайсы подтверждает необходимость учитывать в высокогорных поселениях не только расчетную сейсмичность, но и вторичные сейсмогравитационные процессы, состояние существующей застройки и устойчивость транспортных связей [13].

4. Архитектурная и конструктивная схемы малоэтажного дома в сейсмоактивной зоне должны формироваться параллельно. Для каменной кладки критичны связи и сопряжения, для каркасных и монолитных систем — расчетная схема, узлы и качество исполнения [3, 4, 7, 8].

5. Предложенная последовательность проектных решений переносит учет сейсмической и сейсмогравитационной опасности на начало архитектурного проектирования и может быть использована как основа для региональных методических рекомендаций и дальнейшей типологической разработки малоэтажного жилья Южной Осетии.

Список литературы:

1. Дзеранов Б. В., Гвишиани А. Д., Дзебоев Б. А., Заалишвили В. Б., Саяпина А. А., Мельков Д. А., Габараев А. Ф., Фоменко Н. А. Сейсмичность и оценки сейсмической опасности Осетинского сектора Большого Кавказа. Обзор // Russian Journal of Earth Sciences. 2025. Т. 25, № 1. ES1004. DOI: 10.2205/2025ES000959.
2. Градостроительный кодекс Республики Южная Осетия: Закон Республики Южная Осетия от 10 июля 2013 г. № 93.
3. СП 14.13330.2018. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*: утв. приказом Минстроя России от 24.05.2018 № 309/пр; введ. 25.11.2018 (с изм.).
4. Изменение № 4 к СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах»: утв. приказом Минстроя России от 19.09.2024 № 632/пр; введ. 20.10.2024.
5. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*: утв. приказом Минстроя России от 16.12.2016 № 970/пр; введ. 17.06.2017 (с изм.).
6. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*: утв. приказом Минстроя России от 03.12.2016 № 891/пр; введ. 04.06.2017 (с изм.).

7. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003: утв. приказом Минстроя России от 19.12.2018 № 832/пр; введ. 20.06.2019 (с изм.).
8. СП 15.13330.2020. Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81 (с изм.).
9. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89* (с изм.).
10. Jibson R. W., Prentice C. S., Borissoff B. A., Rogozhin E. A., Langer C. J. Some observations of landslides triggered by the 29 April 1991 Racha earthquake, Republic of Georgia // Bulletin of the Seismological Society of America. 1994. Vol. 84, No. 4. P. 963–973. DOI: 10.1785/BSSA0840040963.
11. Овсюченко А. Н., Мараханов А. В., Ларьков А. С., Новиков С. С. Позднечетвертичные дислокации и сейсмотектоника очага Рачинского землетрясения (Большой Кавказ) // Геотектоника. 2014. № 6. С. 55–76. DOI: 10.7868/S0016853X14050051.
12. Глава правительства почтил память жертв землетрясения в Дзауском районе // Правительство Республики Южная Осетия. 29.04.2025. URL: https://rsogov.org/news/4851.
13. Габсатарова И. П., Головкова Л. В., Селиванова Е. А. Онийское-II землетрясение 7 сентября 2009 г. с Kp = 14,2, Ms = 5,8 (Грузия) // Землетрясения Северной Евразии, 2009 год. Обнинск: ГС РАН, 2015. С. 325–333. EDN: WGNFBR.

References:

1. Dzeranov B. V., Gvishiani A. D., Dzeboev B. A., Zaalishvili V. B., Sayapina A. A., Melkov D. A., Gabaraev A. F., Fomenko N. A. Seismicity and Seismic Hazard Assessments of the Ossetian Sector of the Greater Caucasus. Review. Russian Journal of Earth Sciences. 2025;25(1):ES1004. DOI: 10.2205/2025ES000959.
2. Gradostroitelnyi kodeks Respubliki Yuzhnaya Osetiya [Urban Planning Code of the Republic of South Ossetia]: Law of the Republic of South Ossetia No. 93 of July 10, 2013. (In Russ.).
3. SP 14.13330.2018. Stroitelstvo v seismicheskikh rayonakh [Seismic Building Design Code]. Updated edition of SNiP II-7-81*. Approved by Order of the Ministry of Construction of Russia No. 309/pr, May 24, 2018; effective November 25, 2018, with amendments. (In Russ.).
4. Amendment No. 4 to SP 14.13330.2018 Stroitelstvo v seismicheskikh rayonakh [Seismic Building Design Code]. Approved by Order of the Ministry of Construction of Russia No. 632/pr, September 19, 2024; effective October 20, 2024. (In Russ.).
5. SP 22.13330.2016. Osnovaniya zdanii i sooruzhenii [Soil Bases of Buildings and Structures]. Updated edition of SNiP 2.02.01-83*. Approved by Order No. 970/pr, December 16, 2016; effective June 17, 2017, with amendments. (In Russ.).
6. SP 20.13330.2016. Nagruzki i vozdeistviya [Loads and Actions]. Updated edition of SNiP 2.01.07-85*. Approved by Order No. 891/pr, December 3, 2016; effective June 4, 2017, with amendments. (In Russ.).
7. SP 63.13330.2018. Betonnye i zhelezobetonnye konstruktsii. Osnovnye polozheniya [Concrete and Reinforced Concrete Structures. General Provisions]. Updated edition of

SNiP 52-01-2003. Approved by Order No. 832/pr, December 19, 2018; effective June 20, 2019, with amendments. (In Russ.).
8. SP 15.13330.2020. Kamennye i armokamennye konstruktsii [Masonry and Reinforced Masonry Structures]. Updated edition of SNiP II-22-81, with amendments. (In Russ.).
9. SP 42.13330.2016. Gradostroitelstvo. Planirovka i zastroika gorodskikh i selskikh poselenii [Urban Planning. Planning and Development of Urban and Rural Settlements]. Updated edition of SNiP 2.07.01-89*, with amendments. (In Russ.).
10. Jibson R. W., Prentice C. S., Borissoff B. A., Rogozhin E. A., Langer C. J. Some observations of landslides triggered by the 29 April 1991 Racha earthquake, Republic of Georgia. Bulletin of the Seismological Society of America. 1994;84(4):963–973. DOI: 10.1785/BSSA0840040963.
11. Ovsyuchenko A. N., Marakhanov A. V., Larkov A. S., Novikov S. S. Late Quaternary dislocations and seismotectonics of the Racha earthquake source, the Greater Caucasus. Geotectonics. 2014;48(6):440–458. DOI: 10.1134/S0016852114050057.
12. Pravitelstvo Respubliki Yuzhnaya Osetiya [Government of the Republic of South Ossetia]. Konstantin Dzhussoev pochtil pamyat zhertv zemletryaseniya v Dzauskom raione [Konstantin Dzhussoev paid tribute to the victims of the earthquake in the Dzau District]. April 29, 2025. Available at: https://rsogov.org/news/4851 (accessed October 6, 2026). (In Russ.).
13. Gabsatarova I. P., Golovkova L. V., Selivanova E. A. Oni-II zemletryasenie 7 sentyabrya 2009 g. s Kp = 14.2, Ms = 5.8 (Gruziya) [Oni-II earthquake of September 7, 2009, Kp = 14.2, Ms = 5.8]. Zemletryaseniya Severnoi Evrazii, 2009 god [Earthquakes in Northern Eurasia, 2009]. Obninsk: GS RAS; 2015. P. 325–333. EDN: WGNFBR. (In Russ.).