

DOI: 10.54503/0515-961X-2024.77.1-2-41

СЕЙСМИЧЕСКИЙ РИСК НАСЕЛЕНИЯ АРМЕНИИ

Назаретян Сергей¹, Арутюнян Рубен²

¹Территориальная служба сейсмической защиты Министерства внутренних дел
Республики Армения, г. Ереван

e-mail: snaznssp@mail.ru

²Институт геологических наук НАН РА, г. Ереван

e-mail: roubenhar@web.am

Поступила в редакцию 29.02.2024

Основной целью данной статьи является оценка и составление карты сейсмического риска населения территории Армении вследствие максимальных сейсмических воздействий в данном пункте согласно строительным нормам 2020г. Риск оценен по 10 ячейкам с площадью 1.1–4.9тыс. км², которые соответствуют сейсмическим зонам действующей нормативной вероятностной карты общего сейсмического районирования. Людские потери были рассчитаны для всех населенных пунктов Армении (49 городов и 949 сел), расположенные в разных ячейках, с учетом тяжелых повреждения (четвертой и пятой степеней) жилых зданий. Основными научными результатами проведенных исследований являются разработанный методический подход для оценки риска и составленная первая карта риска населения Армении.

Ключевые слова. Сейсмическая опасность, здания, население, уязвимость, риск.

Введение

Для стабильного развития урбанизированных территорий весьма актуальна оценка риска природных опасностей, из которых, для многих развивающихся стран, расположенных в сейсмоактивных зонах, наиболее важны оценка и снижение сейсмического риска. Социальные (людские) потери вследствие сильных землетрясений и сейсмический риск зданий тесно связаны. Основное количество жертв землетрясения бывает вследствие тяжелых повреждений (4 и 5 степеней по строительным нормам Армении) зданий и сооружений при интенсивности 8 баллов и больше (по шкале EMS-98). Следовательно, для оценки людских потерь сначала необходимо оценить сейсмический риск зданий, а затем на его основе рассчитать вероятные людские потери. Для территории отдельных городов Армении были проведены такие расчеты, причем риск зданий оценивался для разных сей-

смических сценарий (Баласанян и др., 2004; Project..., 2012; Назаретян, 2013; Nazaretyan et al., 2022; Nazaretyan et al., 2023). Но оценка людских потерь для всей территории республики с учетом одновременного воздействия максимально возможных землетрясений в сейсмогенных зонах, проводится впервые. Кажется, что нет необходимости оценить риск жилых зданий и проживающих в них людей для всей территории Армении положив в основу сейсмической опасности ожидаемые максимальные ускорения грунта в любом населенном пункте согласно нормативной карте ОСР 2020г., т.к. исключается одновременное возникновение сильных землетрясений во всех сейсмогенных разломах с магнитудой равной сейсмическому потенциалу каждого разлома. Но такая оценка сейсмического риска необходима в первую очередь для планирования работ по снижению высокого сейсмического риска, что является весьма важной задачей для обеспечения безопасности населения Армении. Это и является **основной целью** данной статьи.

Первая оценка риска территории Армении проведена специалистами Национальной службы сейсмической защиты РА под руководством С.Ю. Баласаняна в 1994г. В основу оценки были положены данные по 21 городам с населением более 20.000 человек и занимаемой площадью более 10км². Риск был рассчитан с учетом сейсмической опасности, количества населения этих городов и площади, занимаемой зданиями с низкой сейсмостойкостью. В итоге был оценен риск сейсмических потерь 21 городов и составлена схематическая карта риска (Balassanian et al., 2018).

Нами в данной работе сделана попытка оценить риск по 10 небольшим ячейкам (секторам), а затем и всей территории Армении. Для достижения поставленной цели была разработана специальная методика и использованы многочисленные исходные данные о сейсмичности, жилых зданиях, демографии территории республики для оценки риска. Известно, что сейсмический риск территории городов Армении высок, особенно риск г.Еревана, где проживает около 40% населения республики. Риск столицы сформировался в основном в 1957–1989 годах, вследствие возведения многоквартирных зданий, из которых 818 высокоуязвимые и 2.300 со средней уязвимостью (Nazaretyan et al., 2022). В настоящей работе при рассмотрении риска территории столицы республики использованы данные этой статьи.

Основные причины высокого сейсмического риска территории Армении многочисленны. Нами в данной работе будут рассмотрены три наиболее важные причины, которые существенно влияют на уровень риска: занижение уровня сейсмической опасности почти всей территории республики особенно по нормативным картам 1937–1989 годов; высокая сейсмическая уязвимость жилых зданий и населения.

Исходные данные и методика оценки сейсмического риска населения РА

В работе широко использованы многочисленные фактические данные Статистического комитета (Управления) и Министерства (Комитета) градостроительства РА, научные результаты по оценке сейсмической опасности и

риска, данные о последствиях 1988г. Спитакского и других сильных землетрясений на территории Армении и в разных регионах мира и др.:

➤ Данные по зданиям (Жилищный фонд РА и коммунальные услуги в 2018г. <https://armstat.am/am/?nid=82&id=2201>; Статистический ежегодник Армении, «Жилищный фонд». <http://armstat.am/file/doc/99493628/>. 2015; Управление жилищным хозяйством и земельными ресурсами РА, 2017. <https://nature-ic.am/Content/announcements/10513/Country%20Profile%20ARM.pdf>);

➤ Демографические данные (Население РА, 2017. <https://hy.wikipedia.org/wiki>);

➤ Данные о тяжелых последствиях разрушительных землетрясений мира и особенно Спитакского землетрясения 1988 г. (Баласанян и др., 2004; Трагедия..., 1998; Хачиян, 2008; Project..., 2012).

Методов оценки риска большой территории, тем более территории государства, немного. Поэтому необходимо, в первую очередь, на основе международного опыта разработать специальную методику оценки риска территории Армении и одновременно с широким использованием методов оценки риска населенных пунктов.

Логическая схема разработанной методики и изложения результатов исследований в настоящей статье следующая: обоснованное разделение территории на ячейки для оценки риска – оценка уязвимости разных типов жилых зданий с учетом фактора «занижения» уровня сейсмической опасности при их проектировании – оценка риска повреждений зданий – оценка людских потерь в каждой ячейке – обобщение результатов по вероятным жертвам в ячейках – составление карты сейсмического риска населения для всей территории республики.

Сейсмический риск зданий и населения нами оценен по 10 **ячейкам** с площадью 1.1–4.2 тысяч км², которые соответствуют сейсмическим зонам нормативной карты ОСР 2020г. Некоторые сейсмические зоны разделены на две ячейки, исходя из размеров ячейки и однородности данных для оценки риска (рис.1). В качестве **сейсмической опасности ячеек** взято значение величины ускорения грунта согласно действующей нормативной карте ОСР (Probabilistic..., 2017). **Сейсмическая уязвимость зданий** оценена по методике и данным, изложенным в работах (Nazaretyan, 2020; Nazaretyan et al., 2022). В статье широко использованы также известные методы оценки уязвимости построек, статистической обработке исходных данных, составлению карт компонентов риска и т.п.

Сейсмическая опасность территории Армении и последствия заниженной оценки ее уровня в нормах сейсмостойкого строительства

До 1994г. карты сейсмической опасности территории Армении составлялись в рамках одноименных карт СССР за 1937–1988 годы, на которых уровень опасности был представлен в баллах согласно макросейсмическим шкалам (ММ, MSK-64), а в дальнейшем по величине горизонтального ускорения грунта (Nazaretyan et al., 2023). После Спитакского землетрясения в

1989г. специалисты СССР составили первую нормативную карту общего сейсмического районирования территории Армении. В дальнейшем были утверждены еще две нормативные карты в 1994 и 2020 годах. В данной работе, для обеспечения однородности оценок сейсмической опасности (интенсивности) территории РА за весь рассмотренный период, нами значения ускорения грунта конвертированы в баллы по шкале MSK-64 согласно соотношениям между этими величинами, представленным в строительных нормах республики 1994г. (Хачиян, 2008). Последняя карта, составленная международным консорциумом в 2017г., была включена в строительные нормы РА в 2020г. Таким образом, с 1937г. при проектировании зданий и сооружений государственного сектора в советский период, а затем и капитальных зданий в независимой Армении, в обязательном порядке, учитывались оценки сейсмической опасности. До 1937г. капитальные здания (в основном каменные) строились исходя из многовекового опыта сейсмостойкого строительства. По всем нормативным картам до 2017г. уровень сейсмической опасности, почти всей территории республики, был занижен (табл.1). Очевидно, что со временем уровень сейсмической опасности территории Армении по оценкам вырос. Если по первой карте ОСР 1937г. уровень опасности оценивался в 6–8 баллов, то с 1989г. он стал 8, 9 и более баллов, а с 2020г. семибалльная зона вообще исчезла, и опасность территории республики была оценена в 8 и 9–10 баллов (0.4g–0.50g) (Nazaretyan et al., 2023). Для учета влияния фактора заниженной оценки параметров сейсмических зон (уровня интенсивности, размеров и местоположения) нормативных карт за 1957–1988гг. на сейсмической уязвимости построек, составлена схематическая карта величин занижения уровня сейсмической опасности (дефицит опасности) по отношению к карте ОСР 2020г. (рис.1). Что касается особого упоминания нормативных карт территории Армении за 1957–1989 годы, то она обусловлена тем, что именно за этот период времени были построены большинство многоквартирных, общественных, промышленных и других зданий.

Таблица 1.

Поверхность и уровень опасности сейсмических зон по нормативным картам ОСР территории Армении за 1937–2020гг.

Год утверждения нормы	Поверхность сейсмических зон с определенной интенсивностью			
	6 баллов, км ²	7 баллов, км ²	8 баллов, км ²	9 баллов и больше, км ²
1937	9.1	12.2	8.5	-
1949	1.2	17.1	11.5	-
1957	1.0	12.9	15.9	-
1968	-	5.6	24.2	-
1978	-	12.7	17.1	-
1989	-	-	3.4	26.4
1994	-	15.2	19.7	9.9
2020	-	-	21.4	8.4

«Недооценка» сейсмической интенсивности или дефицит сейсмической опасности территории РА на величину 1–3 балла (таб.1) сыграла существенную роль в формировании высокого сейсмического риска.

Жилые здания РА и их сейсмическая уязвимость

Жилые здания республики в общем плане разделяются на два типа: многоквартирные здания и частные каменные дома. По конструкции выделяются 8 основных типов многоквартирных зданий: сборные железобетонные или панельные 5 типов (рамнопанельные серии 111 с заводской железобетонной рамой; «подъема этажей»; рамносвязные типов Бадаляна и Манукяна; крупнопанельные серии 1-451КР и др.; монолитные) и каменные 3-х типов (индивидуального проектирования, серии I-A-450 и I-451) (Project..., 2012).

Конструктивное описание типов многоквартирных зданий и ряд других важных данных, приведены в таблицах 2 и 3. Частные каменные дома имеют широкое распространение по всей территории Армении, построены в разное время с этажностью в основном 1–2, из местного туфа с использованием цементного, известкового и редко глинистого раствора, тип кладки «мидис». Спитакское землетрясение 1988г., показало что их сейсмическая уязвимость в основном низкая.

Жилой фонд республики, в том числе г.Еревана, резко увеличился в 1957–1990 годах. За этот период в Армении было построено около 16000 многоквартирных зданий, в том числе в г.Ереване 4522 зданий. Причем основное количество высотных зданий построилось именно в г. Ереване. По статистическим данным 2015г. в селах Армении было построено всего 521 многоквартирных зданий, большинство из которых 1–2 этажные каменные с общим количеством квартир 2.751. В 2014г. в г. Ереване насчитывалось 4.813 многоквартирных зданий (227.152 квартир), а 86% населения проживала в многоквартирных зданиях. В столице Армении находился 27% жилого фонда РА с общей площадью около 25,7 млн.м², причем жилплощадь на душу населения в г. Ереване ниже, чем в среднем по Армении. Общая жилплощадь г. Ереване в 2019 г. составляла 25.16 млн. м², из которой 15.45млн.м² общая площадь 233.895 квартир многоквартирных зданий и площадь 9,64 млн.м² – 61.190 частных 1–3 этажных домов. Фактически, около 4.170 многоквартирных зданий (13.4млн.м² жилплощади) г.Еревана были построены в 1957–1990 годах. Следует отметить, что до 1950г. в г.Ереване было построено 325 многоквартирных зданий, а за 1991–2019гг. построено 296 зданий. Количество зданий, построенных за эти два периода времени важны тем, что они имеют относительно низкую сейсмическую уязвимость. Здания, построенные в первом периоде, имеют хорошее качество строительства и сейсмостойкий конструктивный тип, а здания второго периода проектированы с учетом более строгих строительных норм и имеют удовлетворительное качество строительства.

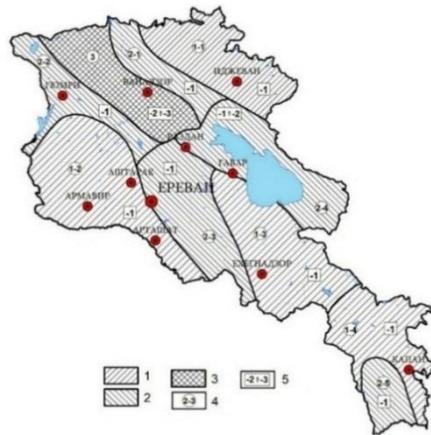


Рис.1. Нормативная карта сейсмической опасности территории РА 2020г. (Нормы..., 2020) с указанием среднего значения «недооценки» уровня сейсмической интенсивности по картам ОСР за 1957–1989гг. Сейсмическая опасность в горизонтальных ускорениях грунта (интенсивность в баллах): 1–0.30g (8 баллов); 2–0.40g (9 баллов); 3–0.50g (больше 9-и, до 10 баллов). 4- номера ячеек для расчета риска; 5- среднее значение занижения интенсивности в баллах в выделенных ячейках.

Таблица 2.

Количество и возраст многоквартирных зданий РА и г.Еревана по состоянию на январь 2015г.

N		Возраст жилфонда						
		Количество зданий	До 1950.	1951-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2014
1	Армения	-	1 647	5 583	4 453	4 314	1 792	1 026
2	Ереван	-	352	1 840	1 267	1 113	151	90
Абсолютное количество зданий								
1	Армения	18 815	1 647	7230	11683	15997	1778	18815
2	Ереван	4 813	352	2192	3459	4572	9	4813

Сейсмическая уязвимость многоквартирных зданий

Трудно оценить уязвимость зданий бывшего государственного сектора, в том числе жилых, построенных в 1957–1989 годах с нарушениями технологии строительства, использованием материалов, несоответствующим требуемым стандартам, а также спроектированных с заниженной оценкой сейсмической опасности и др. (Трагедия..., 1998; Хачиян, 2008; Назаретян, 2013). Поэтому существует значительное расхождение между мнениями специалистов в оценках уязвимости определенных типов зданий. Эти расхождения вызваны множеством факторов, в том числе и от применяемого подхода оценки уязвимости. Поэтому, как реальное решение проблемы специалисты предлагают в основу оценки сейсмической уязвимости разных типов

зданий поставить статистические данные об их повреждении вследствие Спитакского землетрясения 1988г. при определенных сейсмических воздействиях (Баласанян и др., 2004; Назаретян, 2013; Project..., 2012). Большинство многоквартирных зданий имеют возраст минимум 50 лет, что отрицательно сказывается на их сейсмостойкости. В статье (Nazaretyan, 2020) представлены степени сейсмической уязвимости 8 основных типов многоквартирных зданий Армении на основе статистических данных Спитакского землетрясения 1988г. и по мнению ведущих специалистов (Трагедия..., 1998; Хачиян, 2008; Project..., 2012). Эти данные были поставлены в основу расчетов количества вероятных тяжелоповрежденных многоквартирных зданий. Для расчетов сначала было определено количество многоквартирных зданий (квартир), населения, количество 1–3 этажных домов во всех 49 городах и 949 населенных пунктах Армении, а затем и оценен сейсмический риск этих двух важных компонентов в 10 ячеек (таб.5).

Таблица 3.

Основные конструктивные типы многоэтажных жилых зданий Армении, их краткое описание (Project...,2012) и сейсмическая уязвимость при интенсивности 9 баллов (0,40 g) для грунтов 2-й категории (Nazaretyan et al., 2022).

N	Конструктивный тип и количество зданий	Этажность	Период строительства	Краткое описание конструкции	Сейсмическая уязвимость
1.	Каменный, индивидуальный проект.	3-6, в основном 4	До 1958г.	Кладка типа «мидис» (с двух сторон укладывается камень, а середина заливается известковым раствором (с щебнем). Толщина стен 60 см. Пол деревянный, бетонная лестница.	средняя
2.	Каменный, серии I-451.	4-5	1958 -1970гг.	Используется стены типа «мидис». Толщина – 50 см, на цементном растворе. Заводская бетонная пустотная панель. Между этажами и вокруг перекрытий построены антисейсмические пояса.	средняя
3.	Каменный, серии IA-450;	4-5	Начало 1970г. - начало 1988г.	Стены типа «мидис». Толщина 50 см на цементном растворе. Заводская бетонная пустотная панель. Между этажами и вокруг перекрытий построены антисейсмические пояса. Стены усилены вертикальными элементами из железобетона.	высокая

4.	Рамнопанельный серии 111, заводская железобетонная рама.	9	1975-1988гг.	Несущая железобетонная рама в продольном направлении. Колонна и конструктивная панель (стена) в поперечном направлении. Размер колонн 40 x 40 см. Заводские пустотелые панели.	высокая
5.	По методу «подъема этажей».	12 и 16	1970-1988гг.	Стены с монолитным сердечником и заводские колонны с монолитными панелями перекрытия. Панели пола поднимаются в правильное положение с помощью колонн.	высокая
6.	Рамносвязной, типов Бадаляна и Манукяна.	Типа Бадаляна-12(10) и 14(18), а типа Манукяна - 12(10) этажей	1960-ые - 1988гг.	Заводские железобетонные рамы для обоих направлений. Размер колонны 50 x 50 см. Подсчитано, что прочность выше по отношению «рамнопанельного», с учетом положения стыков арматуры. Размер колонны типа Манукяна - 40 x 40 см. В зоне Спитакского землетрясения 1988 г. не были здания этих типов.	средняя
7.	Крупнопанельный серии 1-451КП.	9 и 5, (4 и 8)	1970 г. – по н/в.	Стена заводская, железобетонная конструкция.	низкая
8.	Монолитная железобетонная несущая рама.	4 и выше	1989г. и после 1994г.	Несущий каркас – монолитный железобетон, в том числе стеновой. Спроектированы на основе новых сейсмических норм РА 1994 г. Не конструктивные стены представляют собой легкие бетонные блоки.	низкая

Примечания: 1. **Низкоуязвимые** здания получают повреждения 1–2 степени и согласно действующим нормам РА они могут эксплуатироваться. Здания со **средней** уязвимостью, в основном получают повреждения 3-й степени, их безопасная эксплуатация не гарантируется и эти здания подлежат усилению. **Высокоуязвимые** здания получают повреждения 4–5 степеней, и если они не являются историко-архитектурными памятниками, более экономично их сносить.

Население и его сейсмическая уязвимость

В настоящее время население Армении составляет около трех миллионов человек, из которых 64.3% проживает в 49 городах, причем около 35.3% составляет население Еревана. В около 949 селах республики проживает 1095 тысяч человек.

Население Армении, и особенно г.Еревана, значительно выросло в 1920–1990 годах. Темпы роста населения в столице были выше, чем в других городах Армении. В г.Ереване численность населения достигла максимума в 1990г. и составляла 1.350.000 человек. Если за 1920–1992гг. число

населения Армении с 720.000 увеличилось до 3.630.000, т. е. выросло почти в 5 раз, то население г. Еревана за тот же период увеличилось с 30.000 до 1.350.000, примерно в 45 раз (таб.6; рис.5). Это показывает, что население столицы сильно увеличилось за счет механической составляющей. Рост населения сопровождался снижением уровня требуемых важных градостроительных характеристик и норм для территории столицы. Особенно сокращались площади необходимых зеленых зон. Понятно, что unplanned рост населения также привел к росту сейсмического риска.

Сейсмическая уязвимость населения зависит от многих факторов. В данной работе нами в основу оценки уязвимости населения положены следующие наиболее важные для оценки реальные факторы: количество населения, плотность ее распределения, количество людей находящихся в сейсмически уязвимых зданиях, суточное время главного толчка землетрясения. Обычно **большое количество и высокая плотность населения**, особенно при наличии уязвимых зданий, способствует увеличению сейсмического риска.

Таблица 4.

Население Республики Армения и г. Ереван в 1920–2017гг. (данные 2018г.)

Год	Население, тыс. чел.	
	Армения	Ереван
1920	720,0	30,0
1926	881,3	67,1
1939	1282,3	200,4
1959	1765,3	509,3
1970	2492,6	775,0
1979	3037,3	1.017
1989	3304,7	1,202
2001	3214,5	1,103
2005	3217,5	-
2006	3221,1	-
2009	3238,0	-
2010	3249,5	1,061
2011	3262,6	1,060
2017	2986,1	1,075

На сейсмический риск населения сильно влияет неравномерное ее распределение на территории, которое определяется **плотностью населения**. Средняя плотность населения РА составляет 110чел./км². Нами условно плотность населения разделены на 3 группы: низкая (до 50чел./км²); средняя (50–100чел./км²); высокая (100чел./км² и больше). Плотность самая высокая в Араратской долине, которая составляет около 26,7% территории Республики Армения и где проживает более 50% всего населения. Области Армавир, Котайк, Арарат, Ширак относительно густо заселены, где плотность высокая и составляет более 100чел./км². Некоторые приграничные насе-

ленные пункты, расположенные в горных районах РА, наименее населены, где плотность в основном средняя. Лори, Арагацотн, Тавуш, Гегаркуник имеют среднюю плотность, 45–74чел./км² (табл. 6).

В столице Армении плотность населения составляет 25–125чел./га. Наиболее высокая плотность населения (75–125чел./га) имеется в центральной и северо-восточной частях города и низкий (0–50чел./га) на юге и юго-востоке города (Nazaretyan et al., 2022).

Плотность населения подсчитана также для выделенных ячеек, значения которых представлены в табл.5. Очевидно, что она высокая в ячейках 1-2; 2-2; 2-3 и низкая в ячейках 1-1; 1-3; 1-4; 2-4; 2-5.

Таблица 5.

Количество населения РА по областям и ее плотность (2017г.)

Название области РА	Население	Городское	Сельское	Плотность, чел./км ²
Арагацотн	142,5	33,2	109,3	52
Арагат	281,0	82,9	198,1	133
Армавир	286,6	102,2	184,4	229
Гегаркуник	242,3	72,9	162,4	45
Лори	281,8	165,1	116,7	74
Котайк	282,7	158,7	124,0	134
Ширак	281,7	169,3	112,4	105
Сюник	152,8	103,4	49,4	34
Вайоц Дзор	56,0	19,4	36,6	24
Тавуш	134,7	52,7	82	50
г. Ереван	1124,3	1124,3	-	-
РА	3266,4	2091,1	1175,3	110

Оценка людских потерь

Людские потери, особенно в период сейсмического кризиса, правильнее оценить количеством жертв, т.к. на его основе определяется число раненных, подлежащих госпитализации. Число жертв в ночное и дневное время разное, обычно жертв в ночное время бывает больше по разным причинам. Для подсчета человеческих потерь в жилых зданиях использованы статистические данные Спитакского 1988г. и других разрушительных землетрясений мира. На основе этих данных в одной разрушенной квартире многоквартирного здания число жертв в дневное время составляет 1,5–2.0 (Назаретян, 2013), а в ночное время -3 (Баласанян и др., 2004). По данным

детально и многосторонне исследованных разрушительных землетрясений мира соотношение числа жертв и госпитализированных раненных составляет 2–3 (Баласаян и др., 2004; Nazaretyan, 2020). Важно определить число жертв при девятибалльных сотрясениях в частных 1–2 этажных каменных домах по двум причинам. Во-первых большинство населенных пунктов Армении расположены в сейсмической зоне 9 баллов, и во-вторых, практически все дома и особняки, широко распространенные повсеместно, построены из местного камня по традиционным технологиям. Во время Спитакского землетрясения 1988 г. было очень мало жертв в этих домах, т.к. они оказались относительно сейсмостойкими. Например, в Леникане из 20000 частных 1–2 этажных каменных домов тяжелые повреждения получили около 1.5–2.0%, вследствие чего погибло 300 человек (0.3 % жителей). Ночью в этих же домах число жертв предположительно будет больше, около -1% (Назаретян, 2013; Nazaretyan et al., 2023).

Таким образом, основное количество жертв вследствие тяжелых повреждений ожидается в многоквартирных зданиях следующих конструктивных типов: каменный, серии IA-450; рамнопанельный серии 111; по методу «подъема этажей». В селах при сотрясениях 9 баллов и даже больше, людские потери будут гораздо меньше. Число жертв в случайных местах (магазинах, рынках, клубах, улицах, автостанциях и др.) днем, опять по статистическим данным Спитакского землетрясения 1988г., берется 0.5% от общего числа населения города при 9-балльной интенсивности (Назаретян, 2013). В настоящей работе на основе этих оценочных данных представлено количество жертв во всех городах (табл. 6 и 7) и селах (табл. 7) Армении.

Составление карт сейсмического риска зданий и населения

На основе полученных результатов по ячейкам (табл.7) построены следующие карты двух важных компонентов риска.

А. На карте сейсмического риска жилых зданий выделены 5 зон риска. Уровень зон определен на основе процента тяжело поврежденных квартир от общего их количества: **ниже среднего** (количество тяжело поврежденных квартир до 6%); **средний** (7–15%); **высокий** (больше 16%), а также **отсутствия риска** (территории, где не имеются населенные пункты) и **интенсивный риск** (территория г.Еревана). Как следует из составленной карты (рис.2), большая часть территории Армении имеет высокий риск.

Таблица 6.

Количество многоквартирных зданий (по данным Статуправления РА 2015 г. и населения (по данным 2002г.) городов РА, а также количество вероятных тяжелоповрежденных зданий и жертв при максимальной сейсмической интенсивности в данном пункте согласно нормативной карте ОСР 2020г.

N	Название города	Население в тысяч человек	Кол. многоквартирных зданий/квартир	Каменная стена	Панельная внешняя стена/монолитная	Этажность						Кол. Повреж. зданий/квартир	Кол. жертв, днем/ночью
						2	3	4	5	6-8	9 и выше		
1.	Аштарак	16.7	202/3139	157	45/	96	9	18	39	-	1	16/207	310/621
2.	Апаран	5.9	26/804	23	3	5	2	11	8	-	-	9/108	162/324
3.	Талин	4.0	31/947	31	-	7	8	7	9	-	-	5/60	90/180
4.	Арташат	19.1	132/5146	73	59	-	20	-	111	1	-	55/2000	3000/6000
5.	Арарат	20.4	178/3758	91	16	31	18	7	66	-	-	36/1500	2200/4500
6.	Веди	11.8	38/987	27	11	2	2	1	33	-	-	15/450	678/1350
7.	Масис	20.7	90/3772	28	62	21	3	4	62	-	-	30/1300	1950/3900
8.	Армавир	27.7	137/5329	108	29	15	8	28	85	-	-	35/1575	2360/4725
9.	Вагаршапат	46.4	185/7259	85	18	76	9	165	2	-	-	50/2160	3240/6480
10.	Мецамор	8.4	68/3004	-	68	-	-	-	55	-	13	30/1500	2250/6000
11.	Гавар	17.9	70/2583	71	2	3	10	10	50	-	-	20/850	1275/2550
12.	Мартуни	11.4	35/1067	35	-	2	6	14	12	-	-	8/360	540/1080
13.	Чамбарак	5.5	24/728	19	5	3	4	7	10	-	-	5/225	335/670
14.	Севан	19.0	209/5411	192	32	42	13	31	71	2	27	45/1750	2500/5200
15.	Варденис	12.4	43/1558	43	-	2	7	5	29	-	-	10/225	337/675
16.	Ванадзор	76.9	1058/26359	534	160	109	68	468	209	14	99	102/4620	6900/13800
17.	Алаверди	12.4	183/5563	153	22	14	12	76	62	2	21	50/6700	10000/20000
18.	Ахтала	1.9	85/896	48	-	12	11	8	8	-	-	5/375	560/1125
19.	Туманян	1.4	99/476	90	-	14	9	2	-	-	-	2/96	144/288
20.	Шамлуг	0.6	13/305	8	5	2	6	2	3	-	-	1/45	67/135
21.	Спитак	12.7	167/1183	159	7	10	61	35	6	-	-	12/72	108/216
22.	Степанаван	12.2	146/1666	71	12	91	5	45	5	-	-	15/24	35/70
23.	Ташир	7.3	43/1102	24	19	6	4	16	17	-	-	11/264	396/792
24.	Абовян	45.0	321/13558	149	161	11	1	13	93	6	155	73/3492	2240/10480
25.	Бюрегаван	9.1	62/2128	44	19	1	3	21	19	2	17	15/282	432/850
26.	Раздан	39.9	302/11254	162	140	32	3	40	101	3	119	79/2820	4230/8460
27.	Чаренцаван	20.3	241/7854	167	71	2	16	35	80	1	62	51/1750	2625/5250
28.	Цахкалзор	1.2	6/166	7	-	1	1	-	5	-	-	3/135	200/400
29.	Егвард	12.1	51/1037	49	2	-	-	6	17	-	-	9/359	540/1080
30.	Нор Ачн	9.2	65/2597	51	14	4	21	1	26	2	11	16/612	918/1836
31.	Гюмри	112.1	1561/24773	915	129/523	137	256	600	111	2	11	12/340	1000/2000
32.	Маралик	5.4	44/928	34	0/7	5	18	16	9	-	-	9/405	600/1200
33.	Артик	17.7	204/2932	169	-	31	10	68	58	-	-	21/945	1417/2835
34.	Капан	42.2	250/10989	104	149	2	16	26	116	2	91	82/1500	2250/4500
35.	Горис	19.9	109/2519	109	1	15	37	38	14	1	-	17/361	515/1083
36.	Каджаран	6.9	70/2161	33	29	-	3	18	39	-	10	20/810	1215/2430
37.	Сисиан	14.4	83/2643	85	-	9	29	17	30	-	-	16/500	750/1350
38.	Дастакерт	0.3	8/84	7	-	7	-	1	-	-	-	0/0	0/0
39.	Мегри	4.2	33/734	17	16	11	2	2	10	2	6	7/258	387/775
40.	Агарак	4.1	39/936	7	32	8	5	17	9	-	-	8/255	380/750
41.	Ехегадзор	7.3	38/1173	32	7	3	5	10	21	-	-	10/280	420/840
42.	Вайк	5.5	42/1265	42	-	13	2	2	25	-	-	9/400	600/1200
43.	Джермук	4.0	115/2080	61	54	63	11	-	25	-	2	8/342	310/620
44.	Иджеван	20.0	104/3489	87	21	10	12	51	10	-	21	12/396	540/1080
45.	Дилижан	17.2	106/2798	98	15	6	22	10	60	3	12	49/1180	1770/3500
46.	Нвемберян	4.5	19/562	19	-	1	3	3	12	-	-	4/180	270/540
47.	Берд	7.1	28/798	27	2	9	-	3	15	1	1	6/243	350/720
48.	Айрум	1.8	31/575	31	-	9	14	3	5	-	-	3/135	200/400
49.	Ереван	1091.7	4763/227152	2307	2465/41	133	206	723	1440	280	2006	818/41072	82140/82140

Таблица 7.

Номера и площадь секторов, для которых оценен сейсмический риск с основными данными об опасности, количества населения, многоквартирных зданий и прогнозные данные об основных потерях.

Ячейки по карте	Ячейки для оценки риска			Населения по данным за 2015 г.		Количество жилых зданий городов за 2015 г.		Приблизительное количество жителей	Количество поврежденных многоквартирных зданий и квартир в городах	Процент поврежденных зданий от общего количества квартир	Количество людских потерь в ячейке (днем/ ночью)			
	Площадь (100 км ²)	Уровень сейсмической опасности по действующим нормам /2020г/	Недооценка опасности в 1957-1989гг. относительно нормы 2020 (в баллах)	Количество городского населения	Плотность, чел./км ² по секторам	Многоквартирные здания /квартиры/	Жилые дома и особняки (1-3 этаж)				Жертв в городах	Жертв в селах	Общее кол. жертв и процент от общего количества населения	
1-1	3.2	8	1	50000	низкий	562 /12664	8101	18000	51/1850	9.1% /14.6%	2775/5550	360/720	3135/5550	6.3%/11.1%
1-2	4.9	8	1	215000	высокий	2199/47618	26553	80000	282/11602	12.8% /24.4%	17403/34806	1600/3200	19003/38006	8.8%/18%
1-3	2.8	8	1	32000	низкий	195 /4518	1889	72000	27/1022	13.8% /13.8%	1533/3066	1440/2880	2973/5946	7.8%/18%
1-4	4.2	8	1	91000	низкий	486 /17302	8287	7000	271/7275	55.5% /41.8%	10912/825	140/280	10912/21825	12.0%/24.0%
2-1	1.5	9	1	44000	средний	295 /3294	9860	15000	75/1468	25.4% /44.6%	2202/4404	300/600	2502/5004	5.6%/11.4%
2-2	2.0	9	1-2	125000	высокий	1587/25577	14741	18000	21/448	1.3% /1.7%	672/1344	360/720	1032/2064	0.8%/1.6%
2-3	3.4	9	1	85000	высокий	652 /23558	3208	18000	149/6213	22.8% /26.3%	9319/18639	160/320	9479/18959	11.1%/22.3%
2-4	3.8	9	1	102000	низкий	483/16327	22023	24000	162/6005	33.5% /36.8%	9007/18015	480/960	9487/18975	9.3%/18.4%
2-5	1.1	9	1	16000	низкий	142 /10131	952	3000	35/1323	24.6% /13.1%	1984/3969	60/120	1984/3969	12.4%/24.8%
3	2.9	9-10	2-3	96000	средний	1225/27542	13044	14000	114/4632	9.3% /16.8%	6948/13896	280/560	7228/14456	7.5%/15.0%
Всего	29.8			856000		7826 /188531	108658	269000			57679/115358	5180/10360		
г. Ереван		9	1	1.092		4905/234000	60000		818/41012	Высокий 5.9/6.0	82144/123216	-		

Лишь небольшая северо-западная часть республики (ячейка 2–2) имеет риск ниже среднего, что обусловлено высокой сейсмостойкостью жилых зданий, построенных после Спитакского землетрясения 1988г. В эту зону сейсмического риска входят населенные пункты Гюмри, Ахурян, Амасия и др., многоквартирные здания которых построены с учетом 9-и балльной сейсмической опасности, а качество строительства удовлетворительное. Что касается риска территории г. Еревана, который оценен в работе (Nazaretyan et al., 2022), из общего количества 4.813 многоквартирных зданий со 227.152 квартирами (данные 2015г.), 818 зданий (41.072 квартир) имеют высокую уязвимость с количеством вероятных жертв ночью 123.216 человек. По терминологии Международной стратегии по уменьшению опасности бедствий ООН (UNISDR) 2009г., такой высокий риск, связанный с наличием больших скоплений людей с интенсивными угрозами, что может привести к катастрофе с большим количеством жертв и ущербом имуществу, называется интенсивный риск.

Б. Карта сейсмического риска населения составлена на основе количества тяжелоповрежденных квартир путем расчета вероятного числа жертв в ночное время. Карта составлена специально для ночного времени, когда жертв бывает больше, чем днем. Это важно для подготовки сил быстрого реагирования и органов МЧС (наихудший вариант риска). Риск населения представлен по трем уровням: **ниже среднего** (безвозвратные потери ночью до 15% от общего количества); **средний** (16–20%); **высокий** (больше 20%). Аналогично карте сейсмического риска зданий, на карте риска населения выделены зоны отсутствия и интенсивного риска (рис.3). Из карты сейсмического риска населения следует, что большая часть территории имеет средний и высокий риск.

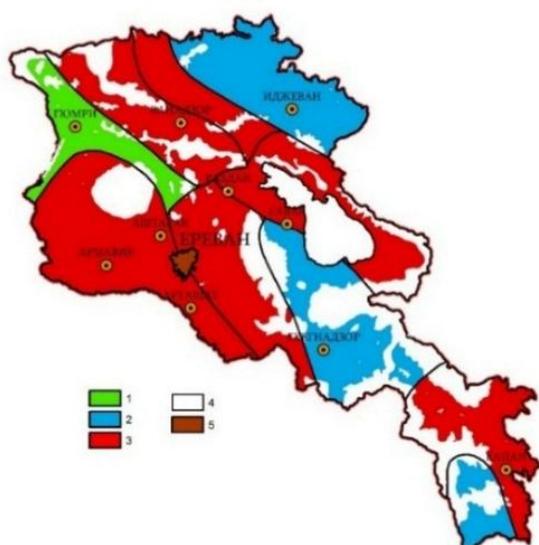


Рис.2. Карта сейсмического риска жилых зданий территории Армении. Уровень риска: 1- Ниже среднего; 2- Средний; 3-Высокий; 4- Риск отсутствует; 5-Интенсивный риск.

Основные показатели зон двух важных компонентов риска территории Армении приведены в виде таблицы (табл.8), из которой следует, что уровень сейсмического риска здания и людских потерь в основном средний и высокий (73% территории), поэтому необходимы принять реальные шаги для их снижения.

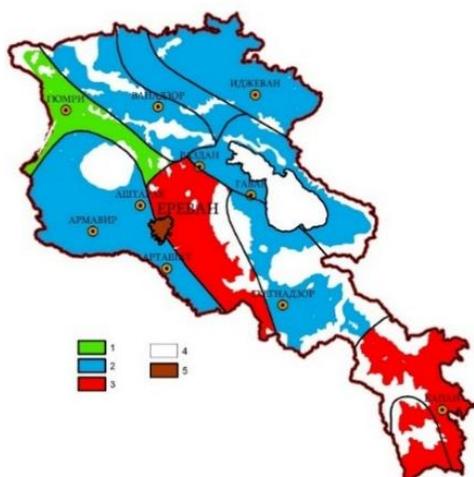


Рис.3. Карта сейсмического риска населения (людские потери) территории Армении. Уровень риска: 1-Ниже среднего; 2- Средний; 3- Высокий; 4- Риск отсутствует; 5- Интенсивный риск.

Таблица 8.

Площади зон разного уровня основных компонентов сейсмического риска территории Армении

#	Уровень риска	Площади зон сейсмического риска (тысяч км ²)	
		Здания	Население
1	Высокий	15.3	5.2
2	Средний	6.0	16.2
3	Ниже среднего	1.5	1.4
4	Риск отсутствует	6.8	6.8
5	Интенсивный	0.2	0.2

Выводы

1. В работе разработана методика оценки сейсмического риска территории Армении и впервые составлены карты сейсмического риска зданий и населения.

2. Высок сейсмический риск особенно территории городов, где проживает 64% населения Армении. На уровень риска республики сильно влияние уязвимых многоквартирных зданий, построенных в 1957–1988гг. По этому сейсмический риск населения (людские потери) также высок. Причины сейсмической уязвимости жилых зданий многочисленны, из которых наиболее существенные: заниженная оценка сейсмической опасности по всем 7 строительным нормам за 1937–2020гг.; низким качеством

проектирования и строительства зданий; износом несущих конструкций зданий вследствие их «старения»; высоким уровнем урбанизации.

3. Выделенные зоны сейсмического риска зданий в процентном отношении занимают следующие площади территории республики: высокий-51%, средний и ниже среднего-25%, и лишь на 22% территории (горные районы с высоты 2.400м и поверхность озер и больших водохранилищ с отсутствием населенных пунктов) риск отсутствует. По карте риска населения (людских потерь) высокий и средний риск имеет 72% территории. Ереван, имеет интенсивный сейсмический риск, т.е. риск с вероятным большим количеством жертв, что может привести к катастрофе.

Литература

- Баласанян С.Ю., Назаретян С.Н., Амирбекян В.С.** 2004. Сейсмическая защита и ее организация. Изд. Эльдorado, Гюмри, 438 с.
- Назаретян С.Н.** 2013. Сейсмическая опасность и риск территории городов зоны Спитакского землетрясения 1988г. Изд. Гитутюн НАН РА. Ереван, 212 с.
- Нормы проектирования сейсмостойкого строительства. Ереван, 2020. 93 с.
https://www.e-draft.am/files/project_file/1/1580564429646.pdf
- Трагедия Спитака не должна повториться. 1998. Изд. В. Ереванци, Ереван, 380 с.
- Хачиян Эдуард.** Прикладная сейсмология. 2008. Изд. Гитутюн, Ереван, 246с.
<https://www.geokniga.org/authors/48207>
- Balassanian S., Melkounian N., Arakelyan A., Azarian A.** 2018. Seismic risk assessment for the territory of Armenia and strategy of its mitigation. *Natural Hazards*, 20, pp. 43–55. <https://www.researchgate.net/publication/328964138>
- Nazaretyan S.N.** 2020. Main features of the new methodology for seismic risk assessment of Armenian cities. *Seismic Instruments*. USA. 56, P. 317–331.
<https://link.springer.com/article/10.3103/S0747923920030093>.
- Nazaretyan S.N., Gevorgyan M.R., Igityan H.A., Mirziyan L.B., Mughnetsyan E.A.** 2022. Dynamics of Time Changes in the Seismic Risk of a Big City Due to the Vulnerability of Apartment Buildings (a Case Study of Yerevan). ISSN 0001-4338, *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. USA. © Pleiades Publishing, Ltd., Vol. 58, No. 8, pp. 867–880. DOI: 10.1134/S0001433822080023
- Nazaretyan S.N., Mirzoyan L.B., Nazaretyan S.S., Poghosyan F. Zh.** 2023. Main causes and features of seismic hazard assessment in the territory of Armenia according to building codes. Proceedings of International Scientific Conference “Geophysical Processes in the Earth and its Envelopes” Tbilisi, Georgia, November 16–17, pp. 10–13. <http://openlibrary.ge/handle/123456789/10399>
- Project for Seismic Risk Assessment and Risk Management Planning in the Republic of Armenia. 2012. JICA, Final report, 125 p. https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12086054_01.pdf
- Probabilistic Seismic Hazard Assessment for the Republic of Armenia (A Guide to the Contents of Technical Interim Report # 2. Submitted to the World Bank Group) AIR Worldwide Corporation, The Global Earthquake Model Foundation (GEM),

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԲՆԱԿՉՈՒԹՅԱՆ ՄԵՑՄՄԻԿ ՌԻՍԿԸ

Նազարեթյան Սերգեյ, Հարությունյան Ռուբեն

Ամփոփում

Սույն հոդվածի հիմնական նպատակն է գնահատել և կազմել Հայաստանի տարածքի բնակչության (մարդկային կորուստների) սեյսմիկ ռիսկի քարտեզը առավելագույն սեյսմիկ ազդեցությունների դեպքում ըստ 2020թ. Շինարարական նորմերի: Ռիսկը գնահատվել է 1,1–4,9 հազար կմ² մակերեսով բջիջներով (հատվածներով), որոնք համապատասխանում են ընդհանուր սեյսմիկ գոտիավորման գործող նորմատիվ քարտեզի սեյսմիկ գոտիներին: Մարդկային կորուստները հաշվարկվել են ՀՀ բոլոր բնակավայրերի (49 քաղաք 949 գյուղ) համար հաշվի առնելով բնակելի շենքերի հնարավոր ծանր (չորրորդ և հինգերորդ աստիճանի) վնասվածքները: Աշխատանքի հիմնական արդյունքներն են՝ մշակված մեթոդիկան և ՀՀ տարածքի բնակչության սեյսմիկ ռիսկի առաջին անգամ կազմված քարտեզը:

SEISMIC RISK OF THE POPULATION OF ARMENIA

Nazaretyan Sergey, Harutunyan Ruben.

Abstract

The main purpose of this article is to assess and compile a map of the seismic risk of the population of Armenia due to maximum seismic impacts in accordance with the 2020 building codes. The risk is assessed for 10 cells (sectors) with an area of 1.1–4.9 thousand km², which correspond to seismic zones of the current normative probabilistic map of general seismic zoning. Human losses were calculated for all settlements of Armenia (49 cities and 949 villages), located in different cells, taking into account severe damage (fourth and fifth degrees) to residential buildings. The main result of the work is the developed methodological approaches and the first risk map of the population of the territory of Armenia.