

УДК 550.34-551.24

Камчыбеков М.П.¹, Егембердиева К.А.¹, Мураталиев Н.М.²¹ Институт сейсмологии НАН КР, г.Бишкек, Кыргызстан² КГТУ им. И.Разакова, г.Бишкек, Кыргызстан

СЕЙСМИЧЕСКИЙ РИСК ТЕРРИТОРИИ Г. БАТКЕН

Аннотация. Работа посвящена оценке сейсмического риска территории г. Баткен. Оценка сейсмического риска территорий городов в таком сейсмически опасном регионе, как Кыргызстан, на сегодняшнее время особенно важна. Для решения данной задачи, необходимы соответствующие данные по сейсмической опасности и уязвимости жилых построек городской территории.

Для оценки уязвимости и сейсмического риска проведена работа по классификации жилых строений г. Баткен. В жилищном фонде г. Баткен кирпичные здания составляют малый процент, в большинстве своём остальную часть жилых домов города составляют дома типа «сынч». Анализ сейсмостойкости зданий согласно классификации EMS-98 показал, что доля сейсмостойких зданий в жилищном фонде города составляет небольшой процент.

Оценка потерь, которая позволяет прогнозировать ущерб, наносимый искусственной среде, может иметь особенно важное значение для реагирования на чрезвычайные ситуации и планирования на случай стихийных бедствий на уровне государственных органов власти. Результаты оценки сейсмического ущерба могут быть использованы для снижения сейсмического риска посредством корректировки сейсмических норм при проектировании новых зданий и сооружений, привлечения дополнительных средств для обеспечения сейсмостойкости зданий и сооружений.

Ключевые слова: сейсмическая опасность, сейсмический риск, уязвимость, сейсмические потери.

БАТКЕН ШААРЫНЫН АЙМАГЫНДАГЫ СЕЙСМИКАЛЫК РИСКИ

Кыскача мазмуну. Бул макала Баткен шаарынын аймагынын сейсмикалык рискин баалоого арналган. Кыргызстан сыяктуу сейсмикалык кооптуу аймактагы шаарлардын сейсмикалык рискин баалоо бүгүнкү күндө өзгөчө маанилүү. Бул көйгөйдү чечүү үчүн сейсмикалык риск жана шаар жериндеги турак жай имараттарынын алсыздыгы жөнүндө тиешелүү маалыматтар керек.

Сейсмикалык алсыздыкты жана сейсмикалык рискти баалоо үчүн Баткен шаарындагы турак жайларды классификациялоо иштери жүргүзүлдү. Баткен шаарынын турак жай фондунда кирпичтен курулган имараттар бир аз пайызды, шаардагы калган турак жайлардын басымдуу бөлүгүн «сынч» түрдөгү үйлөр түзөт. EMS-98 классификациясы боюнча имараттардын сейсмикалык туруктуулугуна талдоо жүргүзүү шаардын турак жай фондунда жер титирөөгө туруктуу имараттардын үлүшү аз пайызды түзөрүн көрсөттү.

Курулган айлана-чөйрөгө келтирилген зыянды болжолдоочу жоготууларды баалоо өкмөттүн өзгөчө кырдаалдарга чара көрүү жана кырсыктарды пландаштыруу үчүн өзгөчө маанилүү болушу мүмкүн. Сейсмикалык зыянды баалоонун натыйжалары жаңы имараттарды жана курулмаларды долбоорлоодо сейсмикалык ченемдерди тууралоо жана имараттардын жана курулмалардын сейсмикалык туруктуулугун камсыз кылуу үчүн кошумча каражаттарды тартуу аркылуу сейсмикалык коркунучту азайтуу үчүн пайдаланылышы мүмкүн.

Негизги сөздөр: сейсмикалык коркунуч, сейсмикалык риск, аялуу, сейсмикалык жоготуулар.

SEISMIC RISK OF THE TERRITORY OF BATKEN CITY

Abstract. The work is devoted to seismic risk assessment of the Batken city. The seismic risk assessment of urban areas in such a seismically dangerous region as Kyrgyzstan is especially important today. To address this issue, appropriate data on the seismic hazard and vulnerability of residential buildings in urban environments is needed.

To assess vulnerability and seismic risk, a typification of residential buildings in Batken was carried out. In the housing stock of the city of the Batken city, brick houses make up a small percentage; For the most part, the rest of the city's residential buildings are «sink» type. An analysis of the seismic resistance of buildings according to the EMS-98 classification showed that the share of earthquake-resistant buildings in the city's housing stock is a small percentage.

Loss assessments that predict damage to the built environment can be particularly important for government emergency response and disaster planning. The results of seismic damage assessment can be used to reduce seismic risk by adjusting seismic standards when designing new buildings and structures, as well as attracting additional funds to ensure the seismic resistance of buildings and structures.

Keywords: seismic hazard, seismic risk, vulnerability, seismic losses.

За последние несколько десятилетий резко возрос ущерб от природных катастроф, наблюдающийся во всем мире. Причин роста сейсмических потерь много, и к ним, безусловно, относятся рост населения в мире, появление и развитие новых мегаполисов, многие из которых расположены в зонах повышенной сейсмической опасности, высокой уязвимости и риска.

Территория Баткенской области относится к числу сейсмически активных районов Кыргызстана, обладающий высоким сейсмическим потенциалом, который подтверждается данными о сильных землетрясениях исторического прошлого, проходящим в данном районе Южно-Ферганским разломом - основным тектоническим элементом, определяющим её высокую сейсмогенность [6].

Понятие «сейсмического риска» и «сейсмической опасности» учёные впервые разделили в 1972 г. на Шестом Европейском конгрессе по сейсмическому строительству [1, 2]. Как известно, под сейсмической опасностью понимают частоту возникновения определённых интенсивностей землетрясения, а под риском — негативные последствия для человека и окружающей среды от воздействия сейсмических колебаний.

Сейсмическое воздействие на те ли иные площади зависят от многих факторов, таких как, рельеф и уклон местности, инженерно-геологических, гидрогеологических условий и тектонического строения. Данные факторы оказывают большое влияние на уязвимость застройки и инженерной инфраструктуры и учёт их на интенсивность сейсмических проявлений является важнейшей и актуальной проблемой оценки сейсмической опасности и сейсмического риска.

Нерациональное использование земель крупных населённых пунктов в значительной степени способствует уязвимости городских структур, повышению сейсмических рисков для зданий, населения и территории в целом. Сейсмическая уязвимость конструкции представляет собой восприимчивость её к повреждениям от сотрясений грунта заданной интенсивности. Целью оценки уязвимости является получение вероятности заданного уровня ущерба данному типу здания в результате сейсмических воздействий [3, 4, 5, 9]. Вопросы сейсмического риска городов рассматривались в работах [7, 8].

Существующие в настоящее время различные шкалы необходимы для оценки последствий сейсмических воздействий и того, как строительный объект будет вести себя во время землетрясения, т.е. ранжируют здания и сооружения по сейсмостойкости

и степени разрушения. Они помогают в определении методики для прогнозирования потерь и сейсмического риска. В данной работе проведена типизация зданий, показанная в HAZUS [10], впервые была определенная в ATC – 14 (Совете по прикладным технологиям, 1987 г.). Затем они были представлены в FEMA 310 [11-17] (ранее FEMA 178–1992), справочнике NEHRP по сейсмостойкости. По данному предварительному стандарту NEHRP, в который добавлен ряд зданий, включающий все распространённые типы, проводится оценка существующих зданий по европейской модернизированной шкале EMS-98 [18]. Типизация жилых зданий по г. Баткен проведена с применением вышеотмеченных методологий. В таблице 1 представлены типы жилых домов.

Таблица 1. Краткое описание типов зданий (National Institute of Building Sciences, 2003).

№	Код	Наименование типов зданий	Этажность
1.	W2	Сынч	1
2.	PC2M	Сборный железобетонный каркас с бетонными стенами на сдвиг	4
3.	URML	Неармированной каменная кладка	1
4.	RM3L	Неармированная каменная кладка со стенами из сборного железобетона	1
5.	RM3M	Неармированная каменная кладка со стенами из сборного железобетона	4
6.	A	Глинобитные дома	1

Европейская модернизированная шкала EMS-98 конструктивную уязвимость различает по 6 классам: от высокой - класса А, до низкой - класса F. Здания каменной кладки соответствуют, в основном, уязвимости класса А до железобетонной постройки, металлические здания - класса от D до F.

С целью разделения жилых зданий на соответствующие классы на городской территории проводится их паспортизация. В свою очередь, эти классы могут подразделяться на подклассы в зависимости от их физических и механических характеристик, таких как несущая основная нагрузка система, архитектурные компоненты, материалы конструкции, срок службы сооружения и др. В паспортизацию зданий и сооружений входят следующие пункты:

- 1) разделение изучаемой территории города на зоны или участки;
- 2) классификация объектов в пределах каждой зоны или участка;
- 3) определение количества объектов каждого класса в каждой зоне или участка;
- 4) определение функции уязвимости объектов каждого класса.

На территории г. Баткен проведены работы по определению типов зданий на основе визуального обследования жилой застройки. Жилые дома города представлены в основном одноэтажными глинобитными домами типа «сынч», частью – кирпичными, а также четырёхэтажными кирпичными и крупнопанельными жилыми домами. Конструкция сынчевого дома представляет собой укрепление по углам стен деревянными стойками с глиняным заполнением стен (рисунок 1). После произошедшего 31 января 1977 г. Исфара-Баткенского землетрясения [6] было рекомендовано внедрение в строительство таких подходов, как способ укрепления конструкций глинобитных строений, являющихся традиционными в жилищном строительстве в Центральной Азии. Многоэтажные жилые дома расположены в центре города, частный сектор охватывает остальную часть городской территории. В структуре городской застройки доля глинобитных несейсмостойких домов составляет большую часть.

Результаты проведённой типизации послужили исходными данными для расчёта уязвимости и оценки сейсмического риска. В жилищном фонде г. Баткен кирпичные здания имеют малый процент, в большинстве своём остальную часть жилых домов города составляют дома типа «сынч». Анализ сейсмостойкости зданий согласно классификации EMS-98 показал, что доля сейсмостойких зданий в жилищном фонде города составляет небольшой процент.



Рисунок 1. Пример сынчевого дома.

На рисунке 2 показана территория г. Баткен, поделённая на отдельные сектора. Деление было произведено следующим образом: многоэтажные жилые дома были взяты в один сектор, участки с частными домами хорошей постройки собирались в другие сектора, территории новостроек с редкими жилыми строениями и плотной застройкой включались также в отдельные участки.

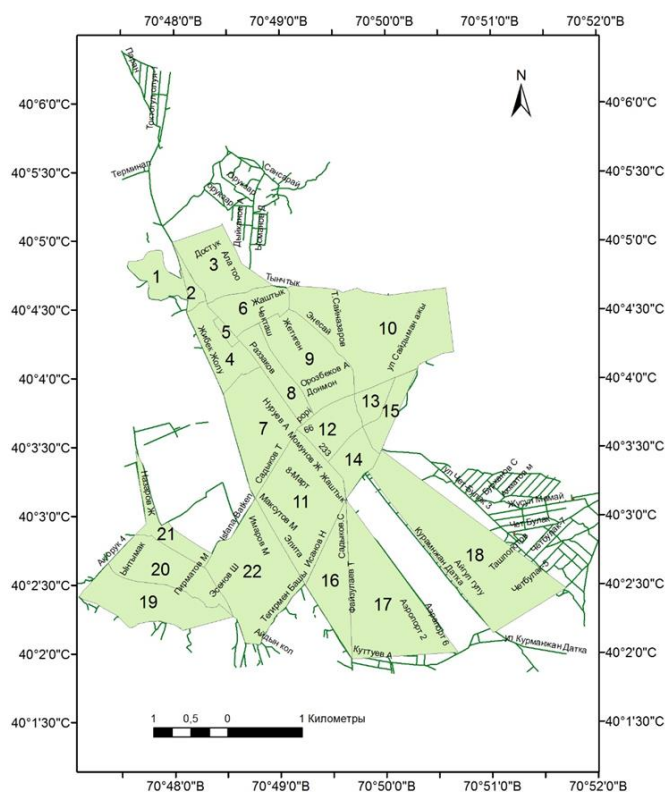


Рисунок 2. Разделение территории города Баткен по секторам.

На рисунке 3 приведено количество зданий по каждой из имеющихся типологий. Как видно, преобладающей типологией по шкале EMS-98 являются деревянные дома (WL) типа «сынч», составляющие 43% жилищного фонда и расположенные, в основном, в геоединицах 7, 11 и 18. Также типичны здания из неармированной каменной кладки - URML. Они составляют 29% и расположены большей частью в секторах 7, 11 и 22. И, наконец, одноэтажные глинобитные здания находятся на третьем месте - 18%, и больше всего сосредоточены в геоединицах 7, 11 и 22. Следует предположить о высокой уязвимости городской территории, поскольку сборные дома и здания из армированной кладки составляют лишь небольшой процент - 10% от общего жилищного фонда. Для расчёта и построения ниже следующих графиков использована методика [19].

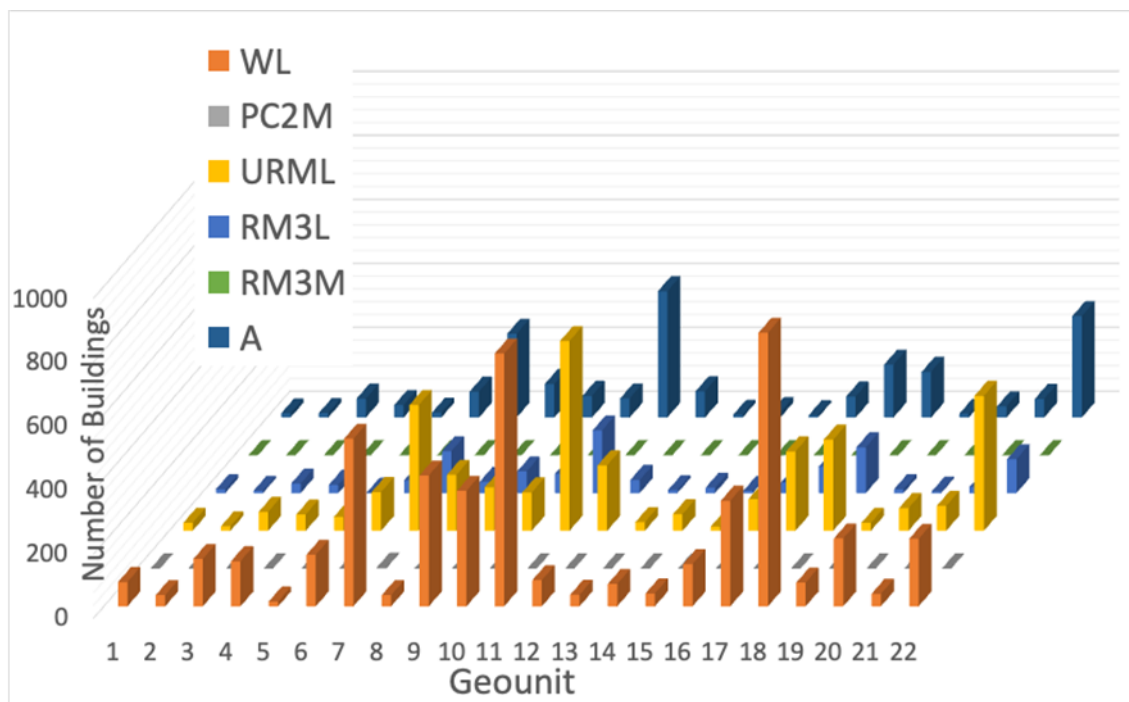


Рисунок 3. Распределение зданий в Баткене по типологии застройки для каждой геоячейки.

При сейсмических сотрясениях население получает различные травмы и поражения от обломков разрушенных зданий и сооружений. Интенсивность разрушений зависит от вероятности получения зданиями соответствующей степени поражения [2]. В зависимости от типа и соответствующей степени поражения здания появляются и человеческие потери, такие как общие, санитарные и безвозвратные. И, таким образом, возникает вероятность получения людьми соответствующей степени поражения при условии, что наступила такая степень поражения здания [1, 5].

На рисунке 4 показано распределение населения г. Баткен по секторам. Население города распределено, в основном, в секторах или геоединицах 7, 11, 18 и 22, которые также являются геоединицами с более высокой уязвимостью [19].

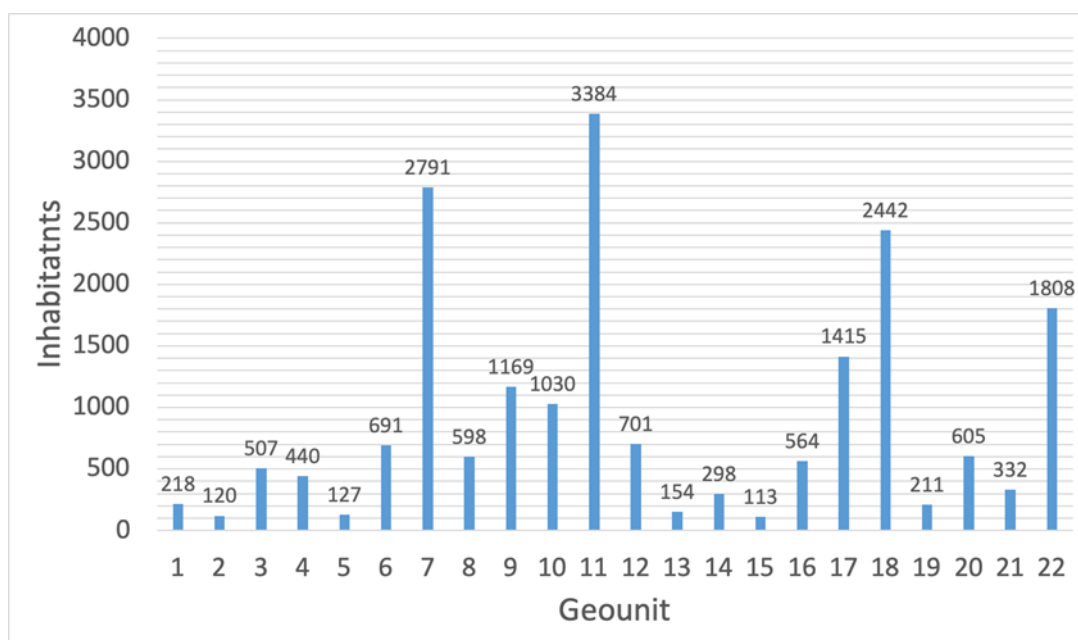


Рисунок 4. Распределение населения в каждой геоединице или секторе.

При прогнозировании поражения людей в жилом здании учитывается функция распределения людей в здании в течение времени суток. Для жилых зданий можно принять, что во время сна эта функция равна 1, в рабочее время — 0.75, на пути людей к месту работы — 0.60, ..., 0.70 с работы [5].

При значении пиковых ускорений грунта $PGA=0.53g$, с помощью методики [19], основанной на базе теоретических выводов и расчётов [8-16], получим результаты по числу пострадавших в разное время суток по разным секторам (рисунки 5-8).

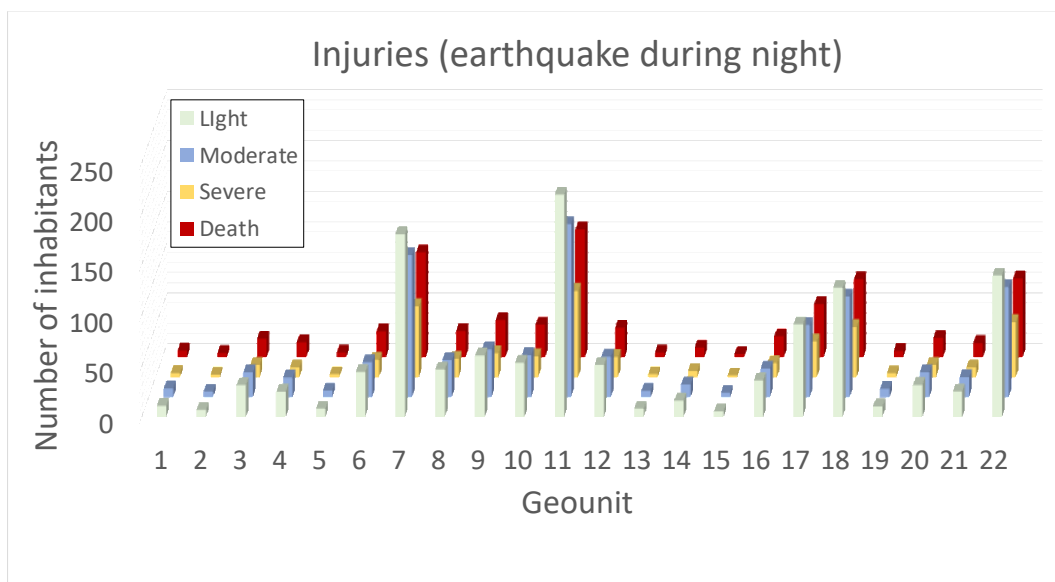


Рисунок 5. Количество пострадавших в ночное время.

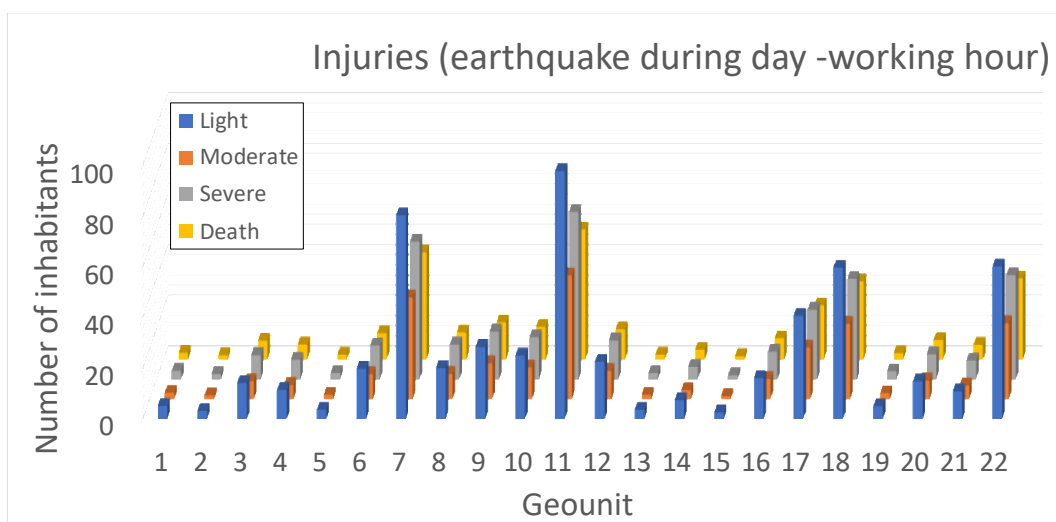


Рисунок 6. Количество пострадавших в дневное - рабочее время.

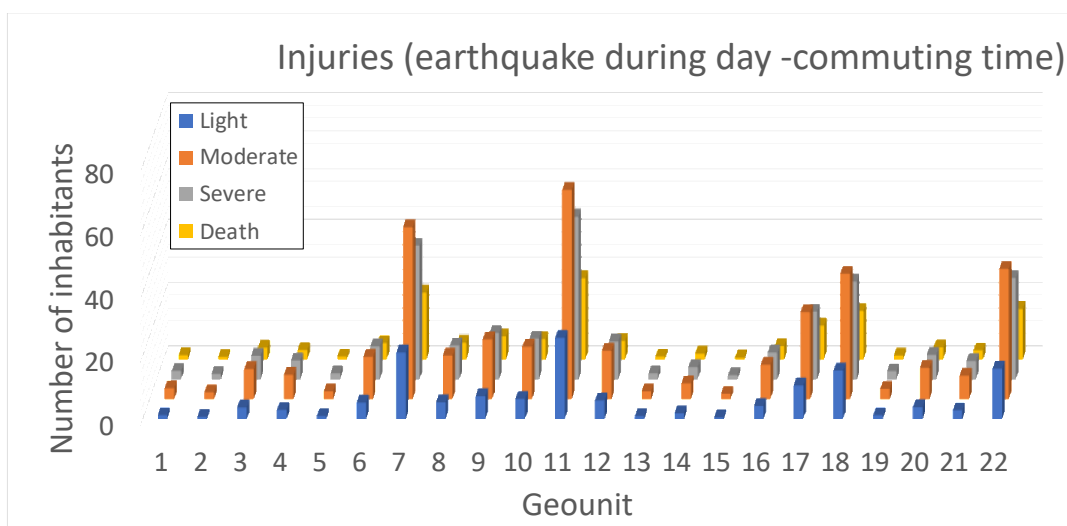


Рисунок 7. Количество пострадавших по пути к месту работы и с работы.

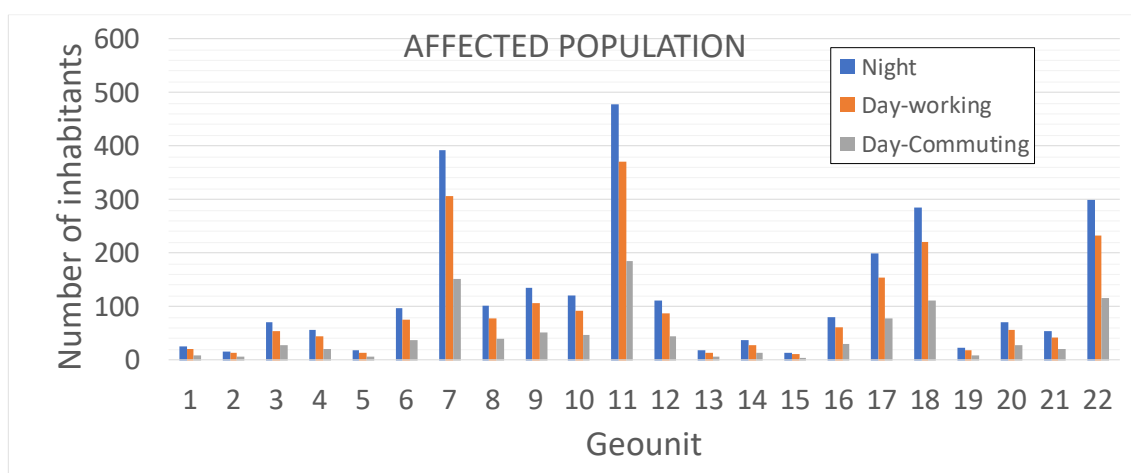


Рисунок 8. Количество пострадавших в ночное, дневное рабочее время и на пути к месту работы и с работы.

Как видно из рисунков, наибольшее количество пострадавших как в дневное, ночное, так и рабочее время, по пути на работу и с работы приходится на сектора 7, 11, 18 и 22. Геоединицы 7, 11, 18 и 22 являются территориями с наибольшим количеством пострадавшего населения.

Последствия прогнозируемого землетрясения при взятых исходных данных и данной модели сейсмического риска представлены на рисунке 9.

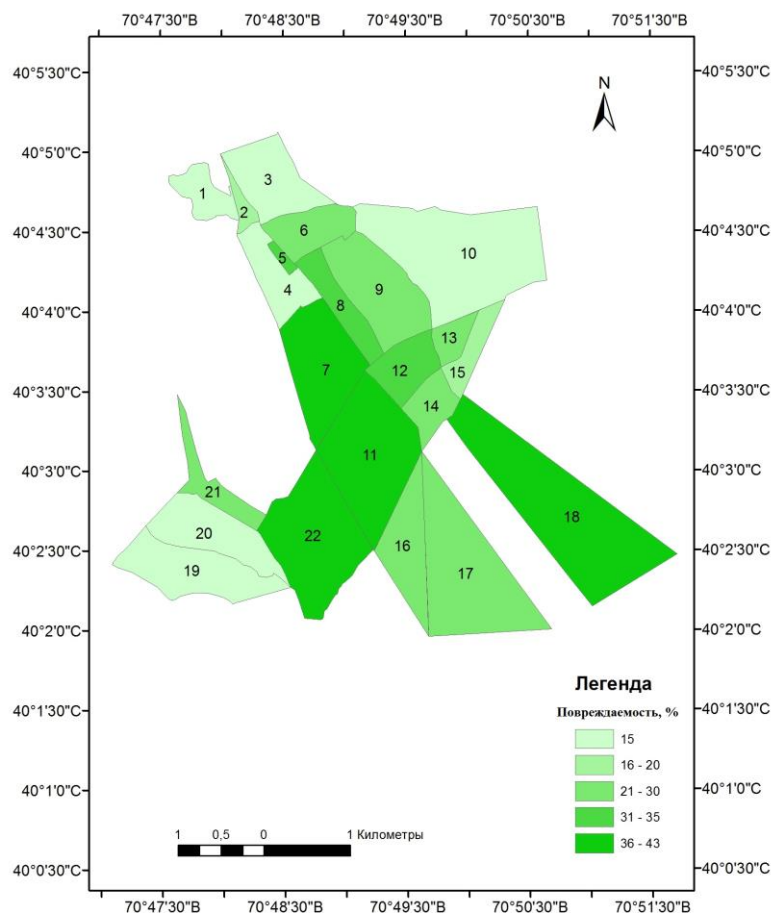


Рисунок 9. Карта сейсмического риска территории г. Баткен.

В секторах 7, 11, 18, 22 - сынчевые жилые дома, несейсмостойкие; в 5, 6, 8 участках - дома, в основном, глинобитные, старой постройки, которым более 50 лет, подвергнутся большим разрушениям при сейсмических воздействиях по сравнению с другими участками территории города. Все эти участки находятся в 8 - балльной зоне по карте сейсмического микрорайонирования города с уровнем грунтовых вод от 8 до 1 метра к северу по карте залегания глубин грунтовых вод. По результатам оценки сейсмического риска эти сектора оказываются с большим процентом сейсмического риска – 35%.

Поскольку в секторах 6, 9, 12, 13, 16, 21 имеются также частично дома глинобитной старой постройки, то они повышают сейсмический риск этих территорий до 30%. В секторах 14, 17 есть также постройки глинобитных домов и процент сейсмического риска - 25%. Участки 2, 15 будут иметь 20% риск разрушений от сейсмических воздействий. В секторах 1, 3, 4, 10, 19, 20 территории города также имеются глинобитные дома, которые вносят 15% риск разрушений в данной оценке сейсмического риска.

Выводы

Определение сейсмического риска для заданного региона представляет интерес не только для прогнозирования экономических последствий от будущих землетрясений, но также может иметь значение для смягчения рисков. Оценка потерь, которая позволяет прогнозировать ущерб, наносимый искусственной среде, может иметь особенно важное значение для реагирования на чрезвычайные ситуации и планирования на случай стихийных бедствий на уровне государственных органов власти. Кроме того, результаты оценки сейсмического ущерба могут быть использованы для снижения сейсмического риска посредством корректировки сейсмических норм при проектировании новых зданий и сооружений, привлечения дополнительных средств для обеспечения сейсмостойкости зданий и сооружений при количественном сравнении их с потенциальными потерями, которые впоследствии можно будет избежать. Кроме того, результаты сейсмических потерь можно использовать для разработки планов модернизации различных типов конструктивных схем с целью улучшения их сейсмостойкости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров А. А., Ларионов В. И., Суцев С. П., Фролова Н. И., Гумеров А. К. Методы анализа сейсмического риска для населения и урбанизированных территорий // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Естественные науки. – 2015. № 2. - С. 110-124.
2. Акатьев В.А., Метелкин Е.В., Нигметов Г.М. Методы и средства оценки и снижения сейсмического риска. Обзор. // Безопасность в техносфере. - 2016. №5. – С. 75-86.
3. Аптикаев Ф.Ф., Гитис В.Г., Кофф Г.Л., Фролова Н.И. Оценка сейсмической опасности и сейсмического риска. М.: Центр БСТС. – 1997. - 53 стр.
4. Ларионов В. И., Суцев С. П., Акатьев В. А. Уязвимость инженерных сооружений при землетрясениях // Энциклопедия безопасности: строительство, промышленность, экология. Т. 3: Сейсмостойкость и теплозащита сооружений / Под ред. В. А. Котляревского. — М.: Изд-во АСВ, 2010. — С. 165–184.
5. Ларионов В. И., Нигметов Г. М., Суцев С.П., Угаров А. Н., Фролова Н. И. Оценка уязвимости и сейсмического риска с использованием ГИС-технологий от возникновения неустойчивости грунтовых оснований зданий при землетрясениях // Сейсмостойкое строительство. 1999. — № 2(22). Стр. 23-28.
6. Камчыбеков М.П., Егембердиева К.А., Мураталиев Н.М. К вопросу о макросейсмическом обследовании последствий Исфара-Баткенского землетрясения 31 января 1977 г. // Вестник Института сейсмологии НАН КР №2(22), 2023. – С. 23-28.
7. Камчыбеков М.П. Сейсмический риск крупных городов Кыргызстана // Вестник Института сейсмологии НАН КР №2(8), 2016. - С. 24-30.
8. Камчыбеков М.П., Мураталиев Н.М., Камчыбеков Ы.П. Сейсмический риск территории городов Токмок и Балыкчы, Кыргызстан // Вестник Института сейсмологии НАН КР №1(19), 2022. – С. 44-50.
9. Calvi G.M., Pinho R., Magenes G., Bommer J.J., Restrepo-Vélez L.F and Crowley H. Development of seismic vulnerability assessment methodologies over the past 30 years. // ISET Journal of Earthquake Technology, Paper No. 472, Vol. 43, No. 3. – 2006. - Pp. 75-104.
10. HAZUS (1999), Earthquake Loss Estimation Methodology, Technical Manual, RMS, NIBS and FEMA.
11. FEMA 273 (1996). NEHRP guidelines for the seismic rehabilitation of buildings. Federal Emergency Management Agency, Washington DC, USA.

12. FEMA 440 (2005). Improvement of nonlinear static seismic analysis procedures. Federal Emergency Management Agency, Washington DC, USA.
13. Federal Emergency Management Agency (FEMA). 2017. Hazus Estimated Annualized Earthquake Losses for the United States, Federal Emergency Management Agency Publication (April): P-366.
14. Federal Emergency Management Agency (FEMA). 2019. Hazus Earthquake Model, FEMA Standard Operating Procedure for Hazus Earthquake Data Preparation and Scenario Analysis. Federal Emergency Management Agency (May).
15. Fajfar P. (1996). Design spectra for the new generation of codes. Proceedings of the 11th World Conference on Earthquake Engineering, Acapulco; paper No. 2127.
16. Cattari S, Degli Abbatì S, Ferretti D, Lagomarsino S, Ottonelli D, Tralli A (2014) Damage assessment of fortresses after the 2012 Emilia earthquake (Italy). Bull Earthq Eng. 12(5):2333–2365 doi:10.1007/s10518-013-9520-x.
17. Gencturk, B. Elnashai, A.S. and Song, J. et al., (2007). Fragility Relationships for populations of buildings based on inelastic response. Department of Civil and Environmental Engineering, University of Illinois at Urbana-Champaign. 194 p.
18. Grunthal, G. European Macroseismic Scale 1998. Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie 1998; Vol.15, pp.1-99.
19. Molina S., Lang, D.H. and Lindholm, C.D. (2010). SELENA - An open-source-tool for seismic risk and loss assessment using a logic tree computation procedure. Computers and Geosciences, 36, 257-269.

Рецензент: к.т.н. Андашев А.Ж.