

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-3.305>

УДК 624.131.1+550.34

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ СИЛЬНОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ДЛЯ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Исмаилов В.А., Актамов Б.У., Аллаев Ш.Б.

Цель. Разработка научно-практических методов оценки последствий сильных землетрясений на территории городов и населенных пунктов в сейсмоактивных регионах Узбекистана.

Методы. При оценке сейсмической опасности использован детерминистический подход. По результатам полевых сейсмометрических исследований с помощью программы Matlab MSEER_GMS оценены сейсмические воздействия для разных грунтовых условий. Построены функции сейсмической уязвимости и определена повреждаемость зданий с применением программы GESI_Program.

Результаты. Разработана методика оценки и районирования последствий сценарного землетрясения на урбанизированных территориях, которая включает оценку сейсмической опасности с выделением потенциально опасных очагов землетрясений и выбора сценарного землетрясения. Также предложена методика прогноза сейсмических воздействий с учетом затухания сейсмических колебаний, а также методика оценки конструктивной сейсмической уязвимости для различных типов зданий. Разработанные методологические подходы повышают достоверность количественной оценки последствий сильных землетрясений, что позволяет своевременно провести превентивные мероприятия, направленные на уменьшение ущерба на территории города.

Область применения исследований. Разработанную методику оценки последствий сильных землетрясений, произошедших на урбанизированных территориях, можно использовать при прогнозировании возможного ущерба на территории городов и населенных пунктов, расположенных в высоко сейсмических регионах.

Ключевые слова: сейсмическая опасность, сценарное землетрясение, сейсмическая интенсивность, изосейсты, сейсмический риск, конструктивная уязвимость, сейсмонадежность, методика оценки землетрясений, оценка последствий землетрясений.

(Поступила в редакцию 21 мая 2020 г.)

Введение

В настоящее время имеется принципиальная возможность долгосрочной прогнозной оценки последствий сильного землетрясения. В частности, возможен прогноз сейсмической опасности определенных территорий и реакции зданий и сооружений на сейсмические воздействия и, следовательно, прогноз состояния урбанизированной территории после землетрясения. На основе такого прогноза, в свою очередь, возможна разработка мер по смягчению последствий землетрясения, а также обоснование планировочных решений при освоении новых сейсмоопасных территорий.

В этом аспекте оценка и районирование сейсмического риска урбанизированных территорий выглядит весьма актуальной задачей. В соответствии с формулировкой, введенной UNDRO, сейсмический риск – вероятность социально-экономического ущерба от возможных землетрясений в соответствии с расчетной сейсмической опасностью территории и уязвимостью строительных и природных объектов (тип зданий и инфраструктур, качество строительных объектов, плотность населения, оползни, сели, экология и т. д.).

По современным представлениям, сейсмический риск является комплексной величиной, отражающей по возможности все многообразие вероятных проявлений сильного землетрясения, вплоть до отдаленных по времени экономических, экологических и социальных последствий. Немаловажная роль при этом отводится оценке возможной энергии очага, его местоположению и интенсивности сотрясений в различных грунтовых условиях, поскольку

именно сейсмические колебания оказывают первичное воздействие, влекущее все те эффекты, которые принято считать последствиями землетрясения.

Урбанизированные территории в Республике Узбекистан (особенно в центральной и восточной частях) расположены в опасной близости к сейсмически активным зонам и в полной мере подвержены ощутимым сейсмическим воздействиям. Это такие крупные города, как Ташкент, Андижан, Наманган, Фергана, Самарканд, Джизак и др. По историческим и инструментальным данным в этих городах зафиксированы проявления землетрясений, вызывавшие сотрясения в 7, 8 и 9 баллов по шкале MSK-64. Следовательно, для этих городов высока вероятность повторения подобных событий и в будущем. Являясь крупными областными центрами, они достаточно интенсивно развиваются и соответственно растет количество населения и стоимость объектов и имущества, находящихся в зоне возможного сейсмического воздействия землетрясений большой интенсивности. С учетом этого проблема оценки сейсмического риска для этих городов, как, впрочем, и для других населенных пунктов Узбекистана, становится одной из насущных для обеспечения устойчивого и гармоничного развития региона.

Основная часть

Теоретический анализ. Теоретические аспекты оценки сейсмического риска рассмотрены многими исследователями, которые на основе учета таких факторов, как сейсмическая опасность, уязвимость застройки и сейсмического риска, разработали методику оценки и прогноза сейсмического риска [1; 2; 3]. Согласно общепринятой концепции, В.И. Осиповым и др. [4] сейсмический риск определяется как суперпозиция сейсмической опасности и уязвимости различных элементов риска (люди, инженерные сооружения гражданского и промышленного назначения, линии жизнеобеспечения, другие составляющие инфраструктуры, экономическая и коммерческая деятельность и т. д.).

Концепция оценки сейсмического риска состоит из трех последовательно выполняемых блоков задач, которые выглядят следующим образом:

БЛОК-источник включает следующие задачи:

- исследование сейсмической опасности региона, анализ очаговых зон и выделение потенциально опасных очагов землетрясений для города или населенного пункта;
- выбор нескольких вариантов потенциальных землетрясений, представляющих наибольший практический интерес при оценке сейсмического риска;
- выбор сценарного землетрясения с учетом наибольшей вероятности возникновения и наибольшей разрушительной силы на территории города, а также определение вероятных параметров сценарного землетрясения;
- оценка параметров затухания сейсмической энергии и интенсивности сейсмических колебаний с расстоянием и построение теоретических изосейст для выбранного сценарного землетрясения.

БЛОК-воздействие направлен на решение следующих задач:

- анализ инженерно-геологических условий территории города и оценка их влияния на интенсивность сейсмических колебаний и проявлений сейсмического эффекта;
- выделение и оценка участков с возможными проявлениями инженерно-геологических процессов, таких как разжижение, склоновые процессы, суффозия и оврагообразование;
- количественная оценка проявлений сейсмической интенсивности на различных грунтовых условиях;
- оценка сейсмической интенсивности в баллах шкалы MSK-64 в выделенной для анализа точке с учетом затухания сейсмических колебаний от сценарного очага и реальных грунтовых условий;

– построение для территории города прогнозной карты макросейсмического эффекта от сценарного землетрясения с оценкой параметров сейсмических колебаний на различных грунтах, присущих исследуемой территории.

БЛОК-последствие направлен на оценку сейсмической уязвимости зданий и сооружений, который включает решение следующих задач:

– типизация зданий и сооружений по конструктивному типу, анализ повреждаемости конструктивных схем и построение функции уязвимости для каждого типа зданий и сооружений;

– разработка технологии оценки ущерба и картирование территории города по выделенным типам зданий и сооружений;

– разработка интегральной оценки удельного ущерба для совокупной застройки.

Методические подходы при оценке сейсмического риска. При оценке составляющих сейсмического риска используются в основном два подхода: детерминистский и вероятностный.

Детерминистский подход основан на учете максимального потенциала сейсмического источника, определяемого его геолого-тектоническими особенностями. Как правило, этот подход выполняется в двух случаях возникновения землетрясения: 1) при наличии очага с максимально возможной магнитуды от основной сейсмогенной зоны на минимальном расстоянии до исследуемой территории и 2) когда из-за рассеянности очагов землетрясений фоновая сейсмичность непосредственно под объектом исследования принимается как основной сейсмический источник. Такой подход в последние годы при оценке сейсмического риска получил новое название «недетерминистское», или «сценарное землетрясение».

В процессе оценки сейсмической уязвимости от сценарного события можно выделить ряд условий, в значительной степени влияющих как на характер пространственного распределения уровня сейсмического риска, так и на его фактические численные значения [5]:

1. Параметры сейсмического события, к которым относятся магнитуда, глубина очага, координаты эпицентра и гипоцентрального расстояние.

2. Закон затухания сейсмической интенсивности. Например, для Узбекистана на основе статистического анализа записей сейсмических колебаний и макросейсмических данных Т.У. Артиковым и Р.С. Ибрагимовым получены эмпирические уравнения затухания сейсмических колебаний как в макросейсмических баллах, так и в пиковых ускорениях [6].

Вероятностный подход оценивает вероятность возникновения расчетного сейсмического воздействия на участке от различных сейсмических источников. При вероятностной оценке сейсмического воздействия на сооружения и здания учитываются в основном три фактора: сила воздействия, спектральный состав колебаний и вероятность превышения расчетных значений в течение заданного периода времени. При оценке силы воздействия используются такие параметры, как интенсивность сотрясений земной поверхности (в значениях ускорений, скоростей или смещений) и закон затухания сейсмических колебаний для данного региона.

В формировании поля сейсмических движений на поверхности земли наряду с очаговыми факторами, определяющими путь распространения сейсмических волн в поглощающей и рассеивающей геологической среде, важную роль играют локальные грунтовые условия, которые в ряде случаев являлись основной причиной повреждения зданий и сооружений. Реакция рыхлой грунтовой толщи на сейсмические колебания определяется физико-механическими и сейсмическими свойствами грунта, геометрией залегания грунтовых слоев и интенсивностью воздействий.

На исследуемых точках абсолютные величины сейсмической интенсивности (от сценарного события) определяются путем прибавления расчетных значений сейсмической интенсивности (от сценарного события для средних грунтов) к значениям приращения интенсивности с учетом грунтовых условий. Подобные данные содержатся в картах сейсмиче-

ского микрорайонирования (СМР), которые составляются на основе инженерно-геологических, инструментально-сейсмометрических, сейсморазведочных и теоретико-расчетных методов. В том случае, если работы по СМР на территории города не проводились, для оценки сейсмической интенсивности и составления карты ее распределения на территории города при сценарном землетрясении используются данные о категории грунта, определяемые по строительным нормам.

Процесс оценки сейсмической уязвимости зданий в первую очередь связан с определением состояния различных конструктивных элементов зданий, расположенных на территории города. Оценка состояния конструктивных элементов зданий базируется на данных паспортизации, т. е. на сборе данных о сейсмонадежности застройки с учетом сейсмичности строительной площадки и натуральных инструментально-сейсмометрических исследований динамических характеристик зданий. Из огромной застройки детальное изучение состояния сейсмостойкости и определение класса конструктивной уязвимости зданий выполняются обычно для весьма ограниченной совокупности специально выбранных строений, в зависимости от особенностей их конструктивных элементов. Сейсмическая надежность оставшегося массива зданий определяется на основе этих базовых оценок с помощью метода экспертно-логических или сравнительных оценок [7]. В целом сейсмическая надежность зданий и сооружений определяется двумя характеристиками:

- категорией конструктивной уязвимости здания (сооружения);
- уровнем сейсмостойкости здания (сооружения).

Конструктивная уязвимость как свойство строительного сооружения реагировать на сейсмические воздействия является ключевой характеристикой надежности и безопасности этого сооружения и во многом определяет реальные последствия от землетрясений.

Повреждаемость зданий – это способность зданий повреждаться под действием внешних и внутренних воздействий, что является прямым показателем сейсмической уязвимости зданий. Для оценки повреждаемости конкретных конструктивных типов зданий разработана программа GESI_Program, которая основана на результатах макросейсмических исследований сильных землетрясений. Данная программа разработана в рамках пилотного проекта Организации Объединенных Наций «Глобальная инициатива по сейсмической безопасности» (Global Earthquake Safety Initiative (GESI) Pilot Project) в 1999–2001 гг. Программа состоит из пяти комплексов входных параметров, которые характеризуют тип строения, конструктивные особенности, качество строительства, качество строительного материала и уровень сейсмического воздействия в значениях пиковых ускорений. На основании этих входных параметров строится диаграмма повреждаемости и функция уязвимости зданий. Повреждаемость зданий оценивается в пяти градациях: без повреждения, легкие повреждения, умеренные повреждения, тяжелые повреждения и очень тяжелые повреждения. Данная программа позволяет также строить функцию уязвимости для конкретного типа зданий.

В связи с тем что в основу оценки последствий сильных землетрясений положены экономические критерии, необходимо произвести расчеты с учетом этих показателей. Для этого проводятся следующие шаги:

- определяется текущая стоимость каждого конструктивного типа зданий и сооружений;
- проводится оценка конструктивной уязвимости каждого типа застройки при воздействии сценарного землетрясения;
- осуществляется переход от конструктивной уязвимости к вероятному конструктивному ущербу;
- делается экономическая оценка конструктивного ущерба и проводится расчет сейсмического риска для территории города.

Расчет сейсмического риска, выраженного в виде прямого экономического ущерба на единицу полезной площади зданий, является распространенным методом. Его можно представить следующим выражением [6]:

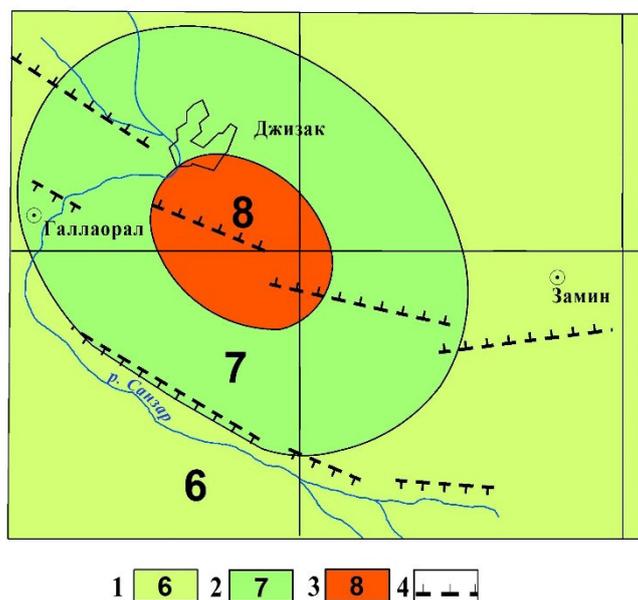
$$R = \frac{\sum_k \left(f(d_k) \cdot \sum_l Q_k^l \right)}{\sum_k S_k},$$

где $f(d_k)$ – функция, определяющая затраты на восстановление при степени повреждения зданий d_k ; Q_k^l – стоимость однотипных зданий с повреждениями d_k ; S_k – полезная площадь зданий с повреждениями d_k .

Результаты исследования и их обсуждение. Для тестирования методики оценки последствий сильного землетрясения был выбран Джизак, административный центр Джизакской области. Выбор территории Джизака обусловлен тем, что город находится в центральной части Республики Узбекистан, который по своему геоструктурному положению относится к области перехода от Тянь-Шаньского эпиплатформенного орогена к Туранской платформе. Сейсмичность территории напрямую связана с современной тектоникой данного региона. Сильные землетрясения, происходящие в непосредственной близости города, такие как Уратюбинские (1897) с магнитудами 6,6 и 6,7; Галляаральское (1984) с магнитудой 5,2, Бахмальское (2017) с магнитудой 5,0, связаны с современной сейсмогеодинамической активностью Южно-Ферганской сейсмоактивной зоны, обусловленной динамическим влиянием одноименной системы региональных разломов.

С учетом сейсмической обстановки современную тектоническую активность территории и региональные особенности затухания сейсмических колебаний, было выбрано сценарное землетрясение со следующими параметрами: магнитуда $M \geq 6,0$, глубина очага $H = 10$ км, гипоцентральное расстояние $R = 21$ км.

На рисунке 1 показаны расчетные изосейсты сценарного землетрясения, где территория города расположилась в 7- и 8-балльных зонах.

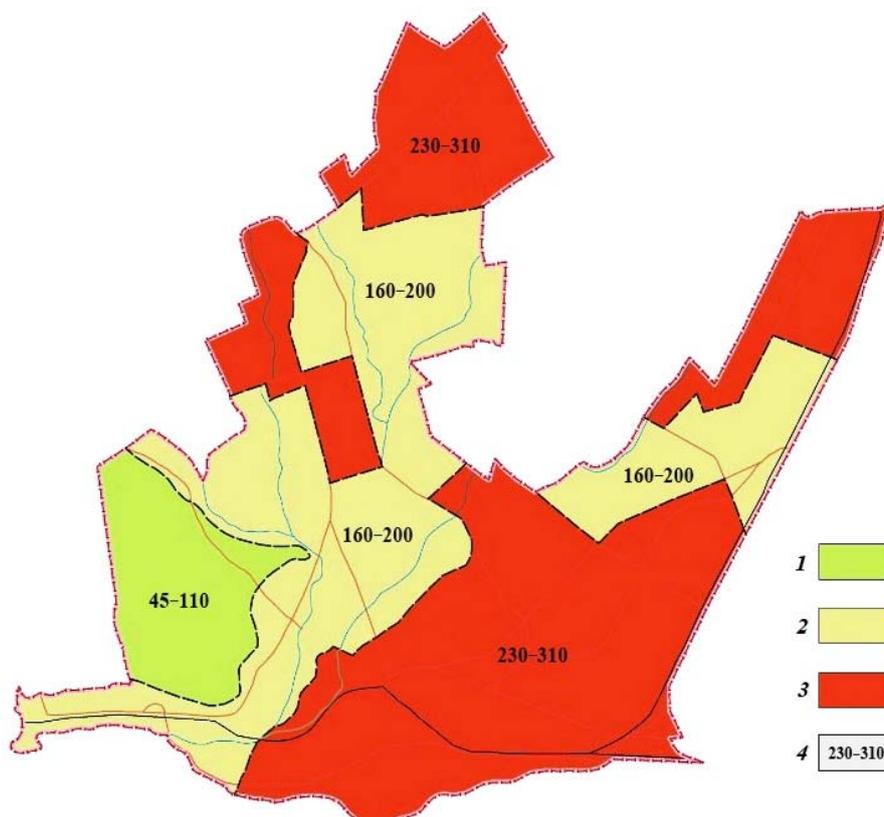


1 – 6-балльная зона; 2 – 7-балльная зона; 3 – 8-балльная зона; 4 – активные разломы
Рисунок 1. – Схема расположения расчетных изосейст сценарного землетрясения

Территория Джизака относится к юго-западной оконечности Голодностепской впадины, заполненной мощной толщей (300–400 м) четвертичных отложений. Четвертичные отложения в пределах города представлены лессовидными суглинками, супесями с мощной толщью до 60 м, которые выстилаются дресвяно-щебенистыми, местами гравийно-галечниковыми отложениями, мощность толщ которых более 150 м.

Наиболее важным показателем при оценке сейсмических колебаний грунтов и расчете изменений сейсмической интенсивности являются скоростные характеристики, т. е.

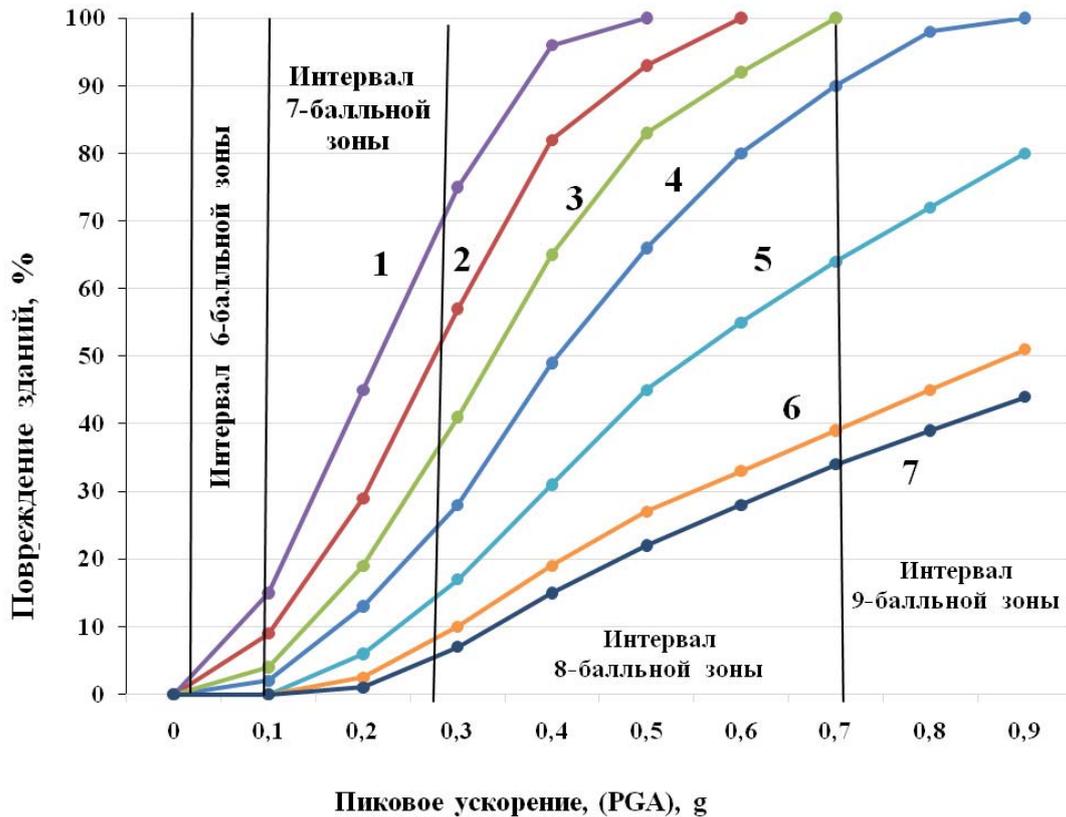
скорость распространения продольных и поперечных волн. В связи с этим были обобщены результаты сейморазведочных исследований, проведенных при сейсмическом микрорайонировании города. Эти данные легли в основу расчета оценки приращения сейсмической интенсивности и синтетической акселерограммы. Для оценки сейсмической интенсивности при сценарном землетрясении были рассчитаны синтетические акселерограммы с использованием программы Matlab MSEER_GMS для тех пунктов, где проведены сейморазведочные исследования. В зависимости от грунтовых условий на территории города выделены 6-, 7- и 8-балльные зоны, которые характеризовались следующими значениями пикового ускорения в соответствии балльностью: 45–110, 160–200 и 230–310 см/с² (рис. 2).



1 – 6-балльная зона (PGA до 110 см/с²); 2 – 7-балльная зона (PGA 160–200 см/с²);
3 – 8-балльная зона (PGA 230–310 см/с²); 4 – значение пикового ускорения (PGA)

Рисунок 2. – Схема распределения сейсмической интенсивности (в макросейсмических баллах по шкале MSK-64 и значениях пикового ускорения – PGA) при сценарном землетрясении на территории Джизака

Для оценки возможных повреждений зданий на территории Джизака при сценарном землетрясении были собраны общие кадастровые данные о типах, этажности, возраста и территориальном распределении застройки. Согласно полученным данным территория города в основном застроена зданиями из местных строительных материалов: типа гувальяк (овальная форма кирпича сырца), кирпич сырец и пахса (монолит из глинистого раствора), а также из жженого кирпича, железобетонных блоков, панельных и крупнопанельных типов. Для построения функции уязвимости каждого конструктивного типа сооружений использована программа GESI Program. На рисунке 3 приведены функции уязвимости различных типов зданий, построенных на территории Джизака.



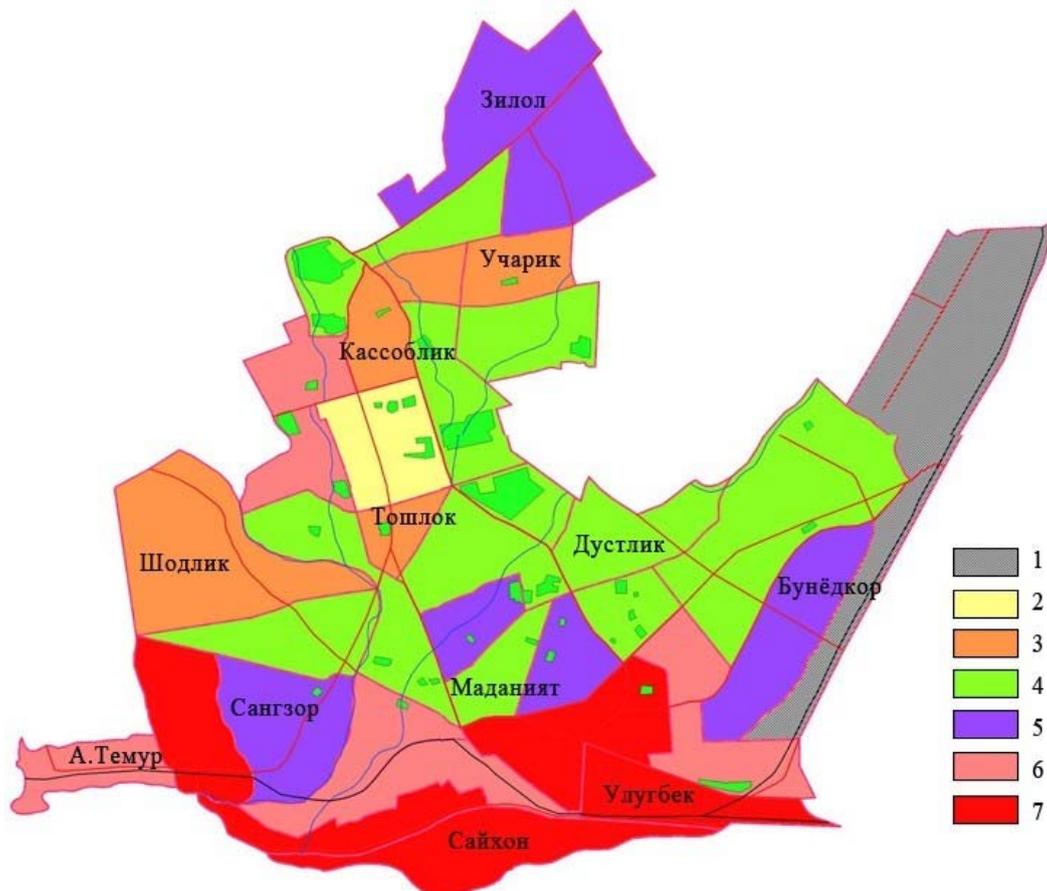
1 – здания из гувальяка; 2 – здания из кирпича-сырца; 3 – здания из пахсы; 4 – здания из жженого кирпича; 5 – здания из жженого кирпича и каркасно-панельной конструкции (до 2 этажей); 6 – здания из жженого кирпича комплексной конструкции; 7 – здания крупнопанельной конструкции
Рисунок 3. – Функции уязвимости для различных типов зданий на территории Джизака

Анализ функций уязвимости показывает, что здания из гувальяка при 7-балльных сейсмических воздействиях имеют повреждения 3–4-й степени, а при 8-балльных воздействиях – 4–5-й степени. Здания из кирпича сырца при 7-балльных воздействиях имеют 3-ю степень повреждений, а при 8-балльных – 4-ю степень. Здания из пахсы при 7-балльных сотрясениях имеют повреждения 2–3-й степени, а при 8-баллах – 3–4-й степени. Здания, построенные из жженого кирпича, имеют повреждаемость 2-й степени при 7-балльных сейсмических воздействиях и 2–3-й степени – при 8-балльных воздействиях. На территории Джизака в 50–70 гг. прошлого столетия был построен ряд зданий из железобетонных панелей. Они в основном двухэтажные, а по назначению – административные, социальные и жилые. Эти здания согласно функциям уязвимости, при 7 баллах имеют повреждаемость 2-й степени и при 8 баллах – 2–3-й степени.

Метод расчета прямого экономического ущерба при оценке сейсмического риска является более информативным, но вместе с тем и более трудоемким. Однако можно воспользоваться упрощенными относительными соотношениями стоимости зданий различных классов, что значительно упростит расчеты затрат. В этом случае последствия землетрясения будут определяться затратами на восстановление зданий до их исходного состояния, предшествовавшего землетрясению.

Исходя из этого, для оценки прямого ущерба на территории Джизака при сценарном землетрясении были использованы статистические и анкетные данные, собранные по махаллям (квартальная форма организации общественной жизни). При этом в расчет ущерба приняты такие данные, как параметры сейсмического воздействия, тип сооружений и их уязвимость, степень повреждаемости зданий при сценарном землетрясении, градация ущерба от конструктивных особенностей, удельная текущая стоимость зданий (в зависимости от конструктивных типов), восстановительные затраты (в зависимости от степени повреждения,

которые классифицированы на текущие, поддающиеся восстановлению и капитальные) и расчет удельного ущерба от сценарного землетрясения. На основании расчета была составлена схема распределения удельного ущерба по кварталам города (рис. 4).



Относительное значение ущерба от полезной площади зданий:
1 – от 0 до 10 %; 2 – 11–20 %; 3 – 21–30 %; 4 – 31–40 %; 5 – 41–50 %; 6 – 51–60 %; 7 – 61–70 %.

Рисунок 4. – Схема распределения удельного ущерба от сценарного землетрясения на территории Джизака (в разрезе кварталов)

Заключение

Таким образом, научно-методологическая основа оценки и районирования последствий сильного землетрясения на урбанизированных территориях базируется на данных оценки сейсмической опасности, с выделением потенциально опасных очаговых зон, выбора сценарного землетрясения, прогноза сейсмических воздействий с учетом затухания сейсмических колебаний и реальных грунтовых условий, а также оценке конструктивной сейсмической уязвимости различных типов зданий на территории города. Разработанная и апробированная методика оценки последствий сильных землетрясений в условиях города позволяет определить возможные ущербы при сильных сценарных землетрясениях. Полученные результаты и схема распределения удельного ущерба на территории Джизака от сценарного землетрясения могут служить основой для разработки планов и мероприятий по подготовке к сильным землетрясениям с целью предотвращения возможных катастрофических последствий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров, А.А. Методы анализа сейсмического риска для населения и урбанизированных территорий / А.А. Александров [и др.] // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. – Сер. Естественные науки. – 2015. – № 2 (59). – С. 110–124. DOI: 10.18698/1812-3368-2015-2-110-124.
2. Заалишвили, В.Б. Оценка сейсмического риска урбанизированной территории / В.Б. Заалишвили [и др.] // Геология и геофизика юга России. – 2014. – № 2. – С. 22–29.
3. Ларионов, В.И. Методические подходы к оценке уязвимости и их применение при оперативном прогнозировании последствий землетрясений / В.И. Ларионов, Н.И. Фролова, А.Н. Угаров // Оценка и управление природными рисками: материалы общероссийской конф. РИСК-2000. – Москва: Анкил, 2000. – С. 132–135.
4. Осипов, В.И. Оценка сейсмического риска территории г. Б. Сочи / В.И. Осипов [и др.] // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2015. – № 1. – С. 3–19.
5. Tyagunov, S., Ismailov, V., Ibragimov, R. Engineering-seismological aspects of earthquake scenario preparation: Experience of the IDNDR-RADIUS project implementation in Tashkent, Uzbekistan / S. Tyagunov, V. Ismailov, R. Ibragimov // International Workshop on Recent Earthquakes and Disaster Prevention Management. – Ankara, Turkey, 1999. – P. 21–28.
6. Артиков, Т.У. Сейсмическая опасность территории Узбекистана / Т.У. Артиков, Р.С. Ибрагимов, Ф.Ф. Зияудинов. – Ташкент: Фан, 2012. – 254 с.
7. Шахраманьян, М.А. Оценка сейсмического риска и прогноз последствий землетрясений в задачах спасения населения (теория и практика) / М.А. Шахраманьян; 2-е изд., перераб. и дополн. – М.: ВНИИИ ГОЧС, 2000. – 192 с.

Методика оценки последствий сильного землетрясения для городских территорий
Estimation of effects of strong earthquake for urban territories

Исмаилов Вахитхан Алиханович

доктор геолого-минералогических наук,
доцент

Институт сейсмологии им. Г.А. Мавлянова
Академии наук Республики Узбекистан
лаборатория сейсмического риска,
заведующий лабораторией

Адрес: ул. Зулфияхонум, 3,
100128, г. Ташкент, Узбекистан

e-mail: vakhit.mbm@mail.ru

ORCID: 0000-0002-7893-1556

Vakhitkhan A. Ismailov

Grand PhD in Geological and Mineralogical
Sciences, Associate Professor

Mavlyanov Institute of Seismology of Academy
of Science of the Republic of Uzbekistan,
Seismic Risk Laboratory, Head of Laboratory

Address: ul. Zulfiyahonim, 3,
100128, Tashkent, Uzbekistan

e-mail: vakhit.mbm@mail.ru

ORCID: 0000-0002-7893-1556

Актамов Бекзод Уктамович

Институт сейсмологии им. Г.А. Мавлянова
Академии наук Республики Узбекистан
лаборатория сейсмического риска,
младший научный сотрудник

Адрес: ул. Зулфияхонум, 3,
100128, г. Ташкент, Узбекистан

e-mail: cartograf100@mail.ru

ORCID: 0000-0001-5511-1240

Bekzod U. Aktamov

Mavlyanov Institute of Seismology of Academy
of Science of the Republic of Uzbekistan,
Seismic Risk Laboratory, Junior Researcher

Address: ul. Zulfiyahonim, 3,
100128, Tashkent, Uzbekistan

e-mail: cartograf100@mail.ru

ORCID: 0000-0001-5511-1240

Аллаев Шерзод Батирович

Ташкентский государственный технический
университет, кафедра гидрогеологии
и инженерной геологии, магистрант

Адрес: ул. Университетская, 2,
100095, г. Ташкент, Узбекистан

e-mail: sherallaev@gmail.com

ORCID: 0000-0001-8381-6301

Sherzod B. Allaev

Tashkent State Technical University,
Chair of Hydrogeology and Engineering
Geology, Graduate Student

Address: ul. Universitetskaya, 2,
100095, Tashkent, Uzbekistan

e-mail: sherallaev@gmail.com

ORCID: 0000-0001-8381-6301

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-3.305>

ESTIMATION OF EFFECTS OF STRONG EARTHQUAKE FOR URBAN TERRITORIES

Ismailov V.A., Aktamov B.U., Allaev Sh.B.

Purpose. Development of scientific and practical methods for assessing the effects of strong earthquakes in cities and settlements in seismically active regions of Uzbekistan.

Methods. When assessing seismic hazard, a deterministic approach is used. Based on the results of field seismometric studies using the Matlab MSEER_GMS program, seismic effects for different soil conditions were estimated. The functions of seismic vulnerability are constructed and the damage to buildings is determined using the GESI_Program program.

Findings. A methodology for assessing and zoning the consequences of a scenario earthquake in urban areas has been developed, which includes an assessment of seismic hazard with the identification of potentially dangerous earthquake sources and the selection of a scenario earthquake. A method for predicting seismic impacts taking into account the attenuation of seismic vibrations, as well as a method for assessing structural seismic vulnerability for various types of buildings, is also proposed. The developed methodological approaches increase the reliability of the quantitative assessment of the consequences of strong earthquakes, which allows timely preventive measures aimed at reducing damage in the city.

Application field of research. The developed methodology for assessing the consequences of strong earthquakes that occurred in urban areas can be used in predicting possible damage in cities and towns located in highly seismic regions.

Keywords: seismic hazard, scenario earthquake, seismic intensity, isoseists, seismic risk, structural vulnerability, seismic reliability, earthquake assessment methodology, earthquake impact assessment.

(The date of submitting: May 21, 2020)

REFERENCES

1. Aleksandrov A.A., Larionov V.I., Sushchev S.P., Frolova N.I., Gumerov R.A. Metody analiza seysmicheskogo riska dlya naseleniya i urbanizirovannykh territorii. [Seismic risk analysis methods for the population and urbanized territories]. *Herald of the Bauman Moscow State Technical University. Series Natural Science*. 2015. No. 2 (59). Pp.110–124. (rus). DOI: 10.18698/1812-3368-2015-2-110-124.
2. Zaalishvili V.B, Dzeranov B.V, Nevskiy L.N., Arkhireeva I.G. Otsenka seysmicheskogo riska urbanizirovannoy territorii [Seismic risk assessment of urban area]. *Geology and Geophysics of Russian South*, 2014. No. 2. Pp. 22–29 (rus).
3. Larionov V.I., Frolova N.I., Ugarov A.N. Metodicheskie podkhody k otsenke uyazvimosti i ikh primeneniye pri operativnom prognozirovanii posledstviy zemletryaseniy [Methodological approaches of vulnerability assessment and their application in the operational forecasting of the effects of earthquakes]. *Proc. All-Russian Conf. «Otsenka i upravlenie prirodnymi riskami (RISK-2000)»*. Moscow: Ankil, 2000. Pp. 132–135. (rus).
4. Osipov V.I., Larionov V.I., Sushchev S.P., Frolova N.I., Ugarov A.N., Kozharinov S.V., Barskaya T.V. Otsenka seysmicheskogo riska territorii g. B. Sochi [Seismic risk assessment for the greater Sochi area]. *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya*, 2015. No. 1. Pp. 3–19. (rus)
5. Tyagunov Sergey, Ismailov Vakhitkhan and Ibragimov Roman. Engineering-seismological aspects of earthquake scenario preparation: Experience of the IDNDR-RADIUS project implementation in Tashkent, Uzbekistan. *International Workshop on Recent Earthquakes and Disaster Prevention Management*. Ankara, Turkey, 1999. Pp. 21–28.
6. Artikov T.U., Ibragimov R.S., Ziyaudinov F.F. *Seysmicheskaya opasnost' territorii Uzbekistana* [Seismic hazard of the territory of Uzbekistan]. Tashkent: Fan, 2012. 251 p. (rus)
7. Shakhraman'yan M.A. *Otsenka seysmicheskogo riska i prognoz posledstviy zemletryaseniya v zada-chakh spaseniya naseleniya (teoriya i praktika)* [Seismic risk assessment and the forecasting of the effects of earthquakes for ensuring the safety of people (theory and practice)]. Moscow: All-Russian Research Institute for Civil Defence of the EMERCOM of Russia. 2000, 192 p. (rus)