

ГЕОЛОГИЯ ИЛИМДЕРИ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ
GEOLOGICAL SCIENCES

Исмаилов В.А.

**ЖИЗАК ШААРЫНЫН АЙМАГЫНДАГЫ СЕЙСМИКАЛЫК КОРКУНУЧТУ
БААЛОО ЖЫЙЫНТЫКТАРЫ ТУУРАЛУУ**

Исмаилов В.А.

**О РЕЗУЛЬТАТАХ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА
НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ДЖИЗАК**

V.A. Ismailov

**ON THE RESULTS OF SEISMIC RISK ASSESSMENT
IN THE TERRITORY OF JIZAK CITY**

УДК: 624.131.1+550.34

Бул макалада сейсмикалык коркунучту баалоонун, имараттын жана курулмалардын сейсмикалык таасирин баалоонун натыйжаларына негизделген, чыныгы инженердик-геологиялык шарттарды жана сейсмикалык вибрациялык чыңалууну жана имараттардын жана курулмалардын сейсмикалык сапаттарын баалоонун методикалык маселелери каралат. Сейсмикалык коркунучту баалоонун иштелип чыккан методологиясы Жизак аймагында сыноодон өттү. Мындан тышкары, аймактагы сейсмикалык коркунуч детерминисттик ыкманы колдонуп бааланат. Геологиялык, сейсмоструктуралык жана сейсмологиялык маалыматтарды талдоонун негизинде жер титирөөнүн сценарийи тандалып алынган жана негизделген. Геологиялык, сейсмоструктуралык жана сейсмологиялык маалыматтарды талдоонун негизинде жер титирөөнүн сценарийи тандалып алынган жана негизделген. Шаардагы жердин шарттарын эске алганда, жер титирөөнүн сценарийинде жер титирөөнүн күчү 6, 7 жана 8 баллга жеткен зоналар аныкталды. Имараттардын түрлөрү, полдорунун саны, жашы жана максаттары жөнүндө маалыматтар анкета ыкмасы жана статистикалык маалымат базасын колдонуу менен белгиленет. GESI_Programды колдонуп, ар кандай типтеги имараттардын бузулуу мүмкүнчүлүгү аныкталып, имараттардын айрым түрлөрү үчүн аялуу функция иштелип чыккан. Белгиленген зыян махалла шартында (квартал) эсептелген.

Негизги сөздөр: сейсмикалык коркунуч, жер титирөөнүн сценарийи, сейсмикалык сыйымдуулук, изосизмалык, сейсмикалык коркунуч, сейсмикалык алсыздык, имараттарга зыян, экономикалык зыян.

В статье рассмотрены методические вопросы оценки сейсмического риска, которые основываются на

результаты оценки сейсмической опасности, оценки сейсмического воздействия на здание и сооружения с учетом реальных инженерно-геологических условий и затухания сейсмических колебания и оценки сейсмической конструктивной уязвимости зданий и сооружения. Разработанная методика по оценке сейсмического риска апробирована для территории г. Джизака. При этом сейсмическая опасность территории оценена с использованием детерминистического подхода. На основании анализа геологических, сейсмоструктуральных и сейсмологических данных выбрано и обосновано сценарное землетрясение. С учетом грунтовых условий на территории города выделены зоны с сейсмической интенсивностью 6, 7 и 8 баллов при сценарном землетрясении. Данные о типах, этажности, возраста и назначении зданий установлены методом анкетирования и с использованием статистической базы. Используя GESI_Program определена, повреждаемость различных типов зданий и построена функция уязвимости для конкретных типов зданий. Рассчитан удельный ущерб в разрезе махаллы (квартала).

Ключевые слова: сейсмическая опасность, сценарное землетрясение, сейсмическая интенсивность, изосейсты, сейсмический риск, сейсмическая уязвимость, повреждаемость зданий, экономический ущерб.

The article discusses the methodological issues of seismic risk assessment, which are based on the results of seismic hazard assessment, seismic impact assessment of a building and structures, taking into account real engineering and geological conditions and seismic vibration attenuation and seismic structural vulnerability assessment of buildings and structures. The developed methodology for assessing seismic risk has been tested for the territory of Jizzakh. At the same time, the seismic hazard of the territory was estimated using a deterministic approach. Based on the analysis of geological, seismotectonic and

seismological data, a scenario earthquake was selected and justified. Considering the ground conditions in the city, zones with seismic intensities of 6, 7 and 8 points were identified in a scenario earthquake. Data on the types, number of floors, age and purpose of buildings are established by the questionnaire method and using the statistical database. Using GESI_Program, the damageability of various types of buildings is determined and a vulnerability function is built for specific types of buildings. The specific damage in the context of the mahalla (quarter) was calculated.

Key words: seismic hazard, scenario earthquake, seismic intensity, isoseism, seismic risk, seismic vulnerability, damage to buildings, economic damage.

Введение. По современным представлениям, сейсмический риск является комплексной величиной, отражающей по возможности всё многообразие вероятных проявлений сильного землетрясения, вплоть до отдаленных по времени экономических, экологических и социальных последствий. В соответствии с формулировкой, введенной UNDR0, **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.).

Крупные города Республики Узбекистана, такие как Ташкент, Андижан, Наманган, Фергана, Самарканд, Бухара, Джизак, Карши и др. расположены в сейсмически активных зонах или близости сейсмогенных зон, в которых произошли сильные землетрясения. Являясь крупными областными центрами, они достаточно интенсивно развиваются; соответственно растет количество населения и экономический стоимостной потенциал территории.

Теоретические аспекты оценки сейсмического риска рассмотрены многими исследователями, при оценке последствий землетрясений следующих городов: Иркутск, Ставрополь, Сочи, Владикавказ и др. (Российской Федерации) [1, 2, 3, 4]; Кишинев, Бендер, Тирасполь и др. (Республика Молдова) [5]; Гюмри, Ванадзор, Спитак (Республика Армения) [6]; Бишкек, Караколь и Нарын (Кыргызской Республики); Душанбе и Хорог (Республики Таджикистан), Алматы (Республика Казахстан) и Ташкент, Джизак и Бухара (Республика Узбекистан). Все исследователи в основу оценки сейсмического риска принимали такие факторы, которые определяют сейсмическая опасность территории и уязвимость зданий и сооружений территории застройки. Согласно общепринятой концепции

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.).

Методические подходы при оценке сейсмического риска. Оценка сейсмического риска состоит из трех этапов исследования, направленных на оценку сейсмической опасности, оценку сейсмического воздействия на здание и сооружения с учетом реальных инженерно-геологических условий и затухания сейсмических колебаний, оценку сейсмической уязвимости зданий и сооружений, и повреждения в зависимости от дефицита сейсмостойкости.

При оценке сейсмической опасности используются два подхода: детерминистский и вероятностный.

При детерминистическом подходе оценки сейсмической опасности рассматривается максимальный сейсмический эффект на определенной территории от самых близких к ней очаговых зон, где, когда-нибудь фиксировано максимальное значения магнитуды землетрясения. В основу этого подхода заложена идея определения и оценка параметров наихудшего сценария развития сейсмической ситуации на исследуемой территории.

Вероятностный подход оценки сейсмической опасности непосредственно связан с вероятностной мерой. Этот подход основывается на анализе и систематизации случайных сейсмических событий, которые на определенной территории имеют большие разбросы. В последнее время в мировой практике все более часто используется вероятностная оценка сейсмической опасности, так как этот подход имеет ряд преимуществ связанные с более достоверными расчетами параметров сейсмических колебаний, возможностью оценки вероятности возникновения сейсмического события при заданном периоде времени и возможность оценки влияния различных очаговых зон на сейсмичности территории.

В формировании поля сейсмических колебаний поверхности земли наряду с очаговыми факторами, распространением волн в поглощающей и рассеивающей геологической среде важную роль играют локальные грунтовые условия, которые в ряде случаев являлись основной причиной повреждения зданий и сооружений.

Установление абсолютных величин сейсмической интенсивности от сценарного события осуществ-

вляется путем сложения значений сейсмической интенсивности от сценарного события для средних грунтов, полученной путем расчетов по закону затухания и слоя приращений интенсивности с учетом грунтовых условий.

Процесс оценки уязвимости территории, в первую очередь, связан с определением состояний различных конструктивных типов зданий, застроенных на территории города на сейсмические воздействия. Оценка состояний конструктивных элементов зданий базируется на данные паспортизации, т.е. на сбор данных о сеймонадежности застройки, с учетом сейсмичности строительной площадки и натурных инструментально-сейсмометрических исследований динамических характеристик зданий.

Уязвимость зданий, как свойство строительного сооружения реагирует на сейсмическое воздействие, которая является ключевой характеристикой надежности и безопасности этого сооружения, поскольку реальные последствия воздействия напрямую зависят от этой характеристики.

Ущербы, причиняемые строительным сооружениям землетрясениями, описываются (квалифицируются) степенью конструктивных повреждений, измеряемой от 0 до 5 т.е. незаметных до полного обрушения.

В связи с тем, что в основу оценки сейсмический риск положены экономические критерии, необходимо произвести расчеты, с учетом следующих требований:

- определение текущей стоимости каждого конструктивного типа зданий и сооружений;
- оценка конструктивной уязвимости каждого типа застройки от воздействия сценарного землетрясения;
- переход от конструктивной уязвимости к вероятному конструктивному ущербу от воздействия сценарного землетрясения;
- экономическая оценка конструктивного ущерба и расчет сейсмического риска для территории города.

Расчет сейсмический риск, выраженный в виде прямого экономического ущерба на единицу полезной площади зданий, является распространенным методом. Его можно представить следующим выражением [1]:

$$R = \sum f(d_k) * \sum Q_k^1 / \sum S_k$$

где $f(d_k)$ – функция, определяющая затраты на восстановление при степени повреждения зданий d_k ; Q_k^1

стоимость однотипных зданий с повреждениями d_k ; S_k – полезная площадь зданий с повреждениями d_k .

Результаты исследования и их обсуждения.

Для тестирования разработанной методики оценки сейсмического риска был выбран г.Джизак, который расположен на северном крыле Южно-Ферганской сейсмогенной зоны, где вероятность возникновения землетрясения составляет $M \geq 6,0$ [7].

О чем свидетельствуют произошедшие сейсмические события, такие как Уратюбинские 1897 года с $M=6.6$ и $M=6.7$, Галляаральское землетрясение 1984 года с $M=5.2$, Бахмальское 2017 года с $M=5,0$. Учитывая сейсмическую обстановку и современную тектоническую активность территории было выбрано сценарное землетрясение с параметрами: магнитуда $M \geq 6,0$, глубина очага $H=10$ км, с гипоцентральной расстоянием до южных границ города 21 км (рис. 1).

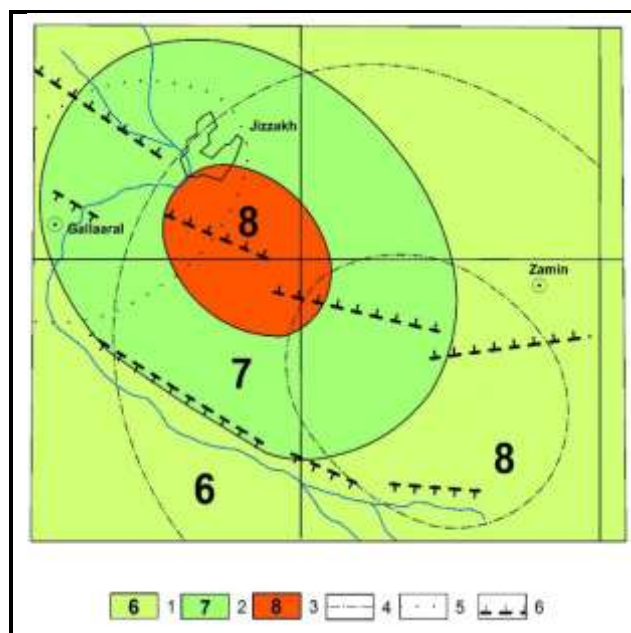


Рис. 1. Схема теоретических изосейст сценарного землетрясения:

1, 2 и 3-изосейсты сценарного землетрясения ($M = 6,0$; $H=10$ км, $\Delta = 21$ км), соответствующие 6, 7 и 8 балльным зонам. 4-изосейсты Уратюбинского землетрясений 1897 г. ($M=6,6$; $H=25$ км); 5-изосейсты Галляаральского землетрясений 1984 г. ($M=5,2$; $H=15$ км); 6-границы Южно-Ферганской сейсмогенной зоны.

В соответствии приведенной схемы территория города находится в пределах 7 и 8 баллов исходной сейсмичности.

В зависимости грунтовых условий на территории города выделены 6, 7 и 8 балльные зоны, которые характеризовались следующими значениями пикового ускорения в соответствии балльности: 45-110 см/с²; 160 -200 см/с² и 230-310 см/с² (рис. 2).

Для оценки возможных повреждений зданий от сценарного землетрясения были собраны данные о типах, этажности, возраста и территориального распределения застройки г. Джизак.

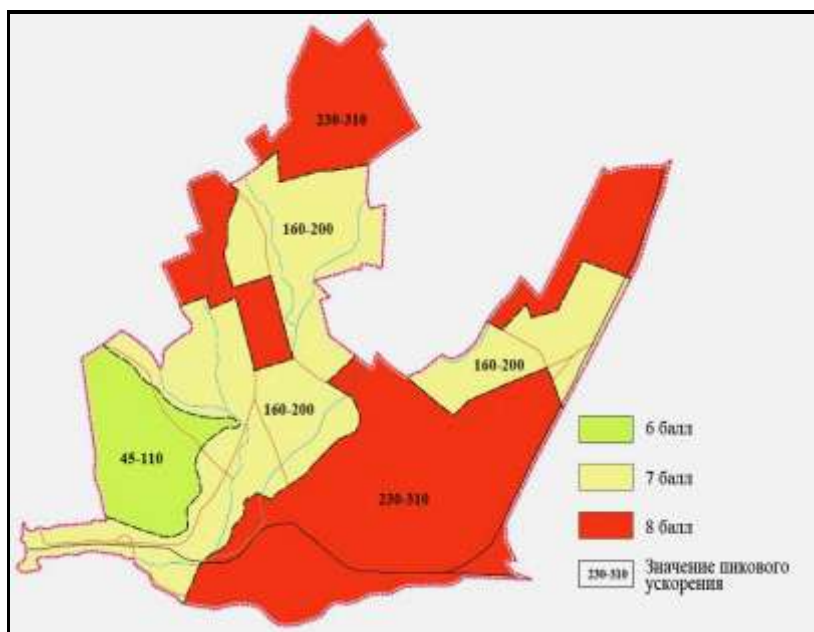


Рис. 2. Схема распределения сейсмической интенсивности от сценарного землетрясения на территории г. Джизак. 1-6-балльная зона (пиковые ускорения до 100 см/сек²), 2. - 7-балльная зона (160-200 см/сек²), 3. - 8-балльная зона (230-310 см/сек²), 4. - граница расчетных изосейст от сценарного землетрясения.

На основе анализа статистических материалов кадастровой службы Узбекистана по конструктивным особенностям и применённым в качестве строительного материала на территории г. Джизак выделяются следующие типы зданий:

1. Здания одноэтажные построенные с использованием в качестве строительного материала глины в виде «гуваляк».
2. Здания одноэтажные построенные с использованием в качестве строительного материала кирпич-сырец.
3. Здания одноэтажные построенные с использованием в качестве строительного материала прессованной глины в пластическом состоянии в виде «пахса».
4. Здания одноэтажные построенные с использованием в качестве строительного материала обыкновенный жжёный кирпич.
5. Кирпичные и каркасно-панельные 1-3 этажные здания.

6. Кирпичные здания комплексной конструкции.

7. Крупнопанельные здания.

Для оценки повреждаемости каждого конструктивного типа зданий использована программа GESI_Program, разработанная проектом Организации Объединённых Наций по региональному развитию «Глобальная инициатива по сейсмической безопасности».

На рисунке 3 показана уязвимость различных типов зданий, рассчитанная по этой программе. Анализ функции уязвимости показывает, что здания из гуваляк при 7 балльных сейсмических воздействиях имеют повреждение 3-4 степени и при 8-ми балльных воздействиях 4-5 степень.

Здания из кирпича-сырец при 7-балльных воздействиях имеют 3 степень, а при 8-балльных 4 степень. Здания из пахсы имеют повреждение при 7 баллов 2-3 степень, а при 8-баллах – 3-4 степень. Здания, построенные из жженого кирпича, имеют повреждаемость при 7-балльных сейсмических воздействиях 2

степень и при 8 2-3 степень.

Эти здания по данным функции уязвимости при 7 баллах имеют повреждаемость 2 степени и при 8 баллах 2-3 степень.

При оценке сейсмического риска применение расчета прямого экономического ущерба более информативна, чем оценка площадных зон осреднения с

помощью построенных матриц уязвимости [8].

Однако, можно пользоваться упрощенными, относительными соотношениями возможного экономического ущерба к первоначальной стоимости зданий различных классов, которая приведена в паспорте зданий.

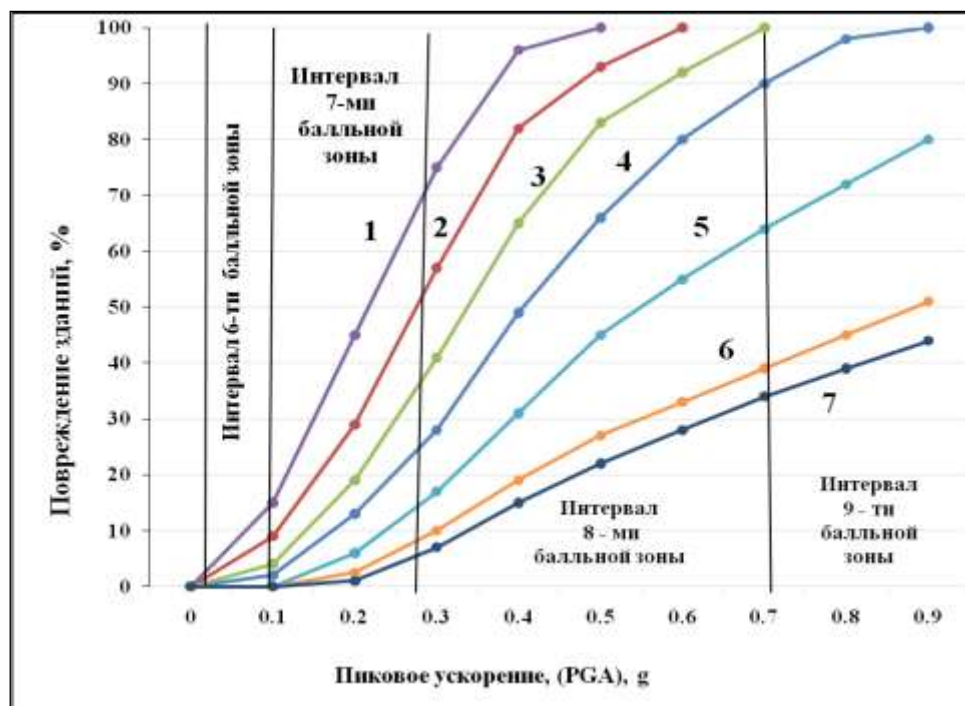


Рис. 3. Функция уязвимости для различных типов зданий на территории г. Джизака 1-здания из г.у.; 2-здания из кирпича-сырца; 3-здания из «пахсы»; 4-здания из жженого кирпича; 5-здания из жженого кирпича и каркасно-панельной конструкции (до 2-х этажей); 6-здания из жженого кирпича комплексной конструкции; 7-здания крупнопанельной конструкции.

В этом случае, риск будет определяться затратами на восстановление зданий до их исходного состояния, предшествовавшего землетрясению.

Исходя из этого, для оценки прямых ущербов на территории г. Джизака от сценарного землетрясения 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 от сценарного землетрясения, градация ущерба от конструктивных особенностей, удельная текущая стоимость зданий (в зависимости конструктивных типов), расчет затрат на

восстановление и удельного ущерба от сценарного землетрясения. На рисунке 4 приведены расчетные данные удельного ущерба при сценарном землетрясении на территории города, где удельный ущерб оценен для каждого квартала (махаллы) в процентах.

Поквартальное распределение удельного ущерба по территории города показывает, что его значение не имеет каких-либо равномерное распределение по площади, так как удельный ущерб зависит от множества факторов природного (затухание сейсмических колебаний, грунтовых условий, глубин подземных вод, сейсмические характеристики волн в толщах и др.) и техногенного (застройка квартала, конструктивные особенности зданий, этажность и т.д.) характера.

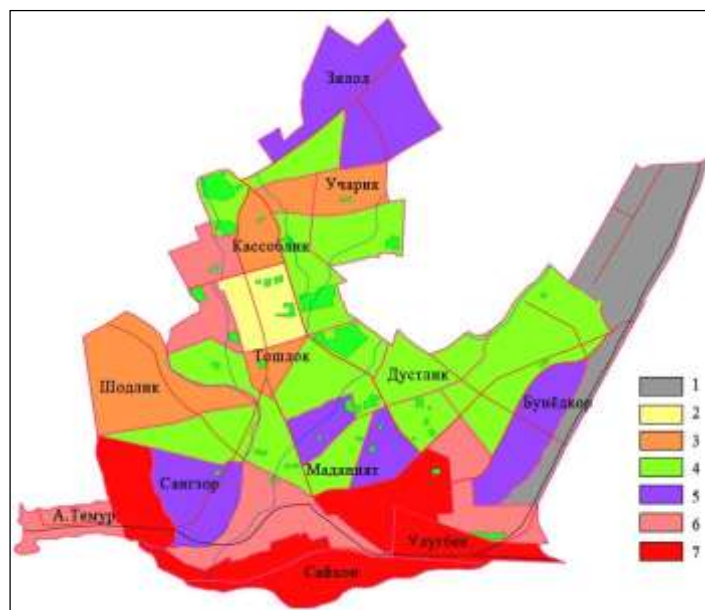


Рис. 4. Схема распределения удельного ущерба от сценарного землетрясения на территории г. Джижака (в разрезе квартала). Относительное значение ущерба от полезной площади зданий: 1-от 0 до 10%; 2- 11-20%; 3- 21-30%; 4-31-40%; 5-41-50%; 6- 51-60%; 7- 61-70%.

Выводы:

1. Научно-методологическая основа оценки и картирования сейсмического риска урбанизированных территорий базируется на данные оценки сейсмической опасности (выделение потенциально опасных очагов землетрясений и выбор среди них сценарного землетрясения), прогнозирование сейсмических воздействий на зданий от сценарного землетрясения, с учетом грунтовых условий, конструктивных типов зданий и сооружений и их повреждаемости при сейсмических воздействиях, оценки уязвимости и расчеты возможных прямых ущербов.

2. Приведенная методика направлена на оценку прямых экономических ущербов, т.е. ущербы, полученные в результате разрушения зданий.

3. Необходимо подчеркнуть, что именно прямые ущербы в совокупности преобладают в экономических потерях от землетрясения.

Литература:

- Осипов В.И., Ларионов В.И., Суцев С.П., Фролова Н.И., Угаров А.Н., Кожаринов С.В., Барская Т.В. Оценка сейсмического риска г.Б.Сочи. // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. - М., 2015. - №1. - С. 3-19.
- Абакаров А.Д., Курбанов И.Б. К оценке сейсмического

риска территории. // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2014. - №1(32). - С. 68-77.

- Черных Е.Н., Павленов В.А., Табулевич В.Н., Чечельницкий В.В. Факторы, влияющие на оценку сейсмического риска урбанизированных территорий. // Сейсмологический мониторинг в Сибири и на Дальнем Востоке (100-летие сейсмической станции "Иркутск"). - Иркутск, 2002. - С. 174-187.
- Заалишвили В.Б., Дзеранов Б.В., Невский Л.Н., Архиреева И.Г. Оценка сейсмического риска урбанизированной территории// Геология и геофизика юга России. - Владикавказ. 2014.- № 2. - С. 22-29.
- Алказ В.Г., Исичко У.С., Гинсарь В.Н. Сейсмический риск на территории г.Кишенева. Будівельні конструкції, вып. 73, 2010, ISSN 1815-4360. - С. 34-43.
- Назаретян С.Н., Мхитарян К.А. Методика оценки сейсмического риска территории не больших городов горных районов// Устойчивое развитие горных территорий. - Владикавказ, 2016. - Т.8. - №4. - С. 135-141.
- Ибрагимов Р.Н., Нурматов У.А., Ибрагимов О.Р. Сейсмическое районирование и прогноз землетрясений в Узбекистане. // Сейсмоструктура. - Т.: ГИДРОИНГЕО, 2002. - 132 с.
- Шахрамьян М.А. Оценка сейсмического риска и прогноз последствий землетрясений в задачах спасения населения (теория и практика). М.: Изд-во ВНИИ ГОЧС, 2000. - 192 с.