

ТЕХНИКА ИЛИМДЕРИ
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
TECHNIQUE

Ордобаев Б.С., Сангинов А.М.

**ХУДЖАНДА ШААРЫНЫН АР КАНДАЙ ТҮРДӨГҮ ИМАРАТТАРЫНЫН
 СЕЙСМОТУРУКТУУЛУГУНУН КЭЭ БИР ИЗИЛДӨӨЛӨРҮ**

Ордобаев Б.С., Сангинов А.М.

**НЕКОТОРЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ
 ЗДАНИЙ ГОРОДА ХУДЖАНДА (ТАДЖИКИСТАН)**

B.S. Ordobaev, A.M. Sanginov

**SOME RESEARCHES OF SEISMIC RESISTANCE OF VARIOUS TYPES OF
 BUILDINGS OF KHUJAND (TAJIKISTAN)**

УДК: 69.035.4

Катуу жер титирөө учурунда Худжанда шаарынын курулуш аймагына жана калкына сейсмикалык тобокелдиктин талдоонун бирдиктүү ыкмаларынын сүрөттөөлүшү келтирилген. Жер титироо учурунда коркунуч, алсыздык жана тобокелдикти сандык баалоонун ыкмасы иштелип чыкты. ГИС - технологиясын колдонуу менен сейсмикалык тобокелдиктин тематикалык картасын түзүү боюнча сунуштар берилген.

Негизги сөздөр: жер титирөө каршылык, сейсмикалык туруктуулук, жер титирөөлөр, уруу, чыңалуу, сейсмикалык тобокелчилик.

Приведено описание унифицированных методов анализа сейсмического риска для населения и застроенных территорий города Худжанда при разрушительных землетрясениях. Разработана методика количественной оценки опасности, уязвимости и риска при землетрясениях. Даны рекомендации по построению тематических карт сейсмического риска с применением ГИС-технологий.

Ключевые слова: сейсмостойкость, сейсмоустойчивость, землетрясения, деформация, напряжение, разрушение, сейсмический риск.

The description of the unified methods of the analysis of seismic risk for the population and the built up territories of Khujand in the case of destructive earthquakes is given. A methodology for quantitative assessment of hazard, vulnerability and risk in earthquakes has been developed. Recommendations are given for constructing thematic seismic risk maps using GIS technologies.

Key words: seismic, seismic, vibrational, deformation, deformation, destruction, seismic risk.

Землетрясениями называют быстрые, часто внезапные сотрясения земной коры, вызванные различного рода естественными причинами. Основная причина, приводящая к землетрясениям – разрядка внутренних напряжений возникаемых в глубине земной коры. Проявляются землетрясения главным образом в зонах активных движений земной коры. Эти зоны называются сейсмическими (греч. seismos – колебание). В различных направлениях они опоясывают земной шар и совпадают с молодыми складчатыми областями, вулканическими поясами, срединными океаническими хребтами. Почти ежедневно в этих районах приборы регистрируют десятки и сотни подземных толчков различной интенсивности. Чаще всего они бывают слабыми, почти не ощутимыми для человека, реже – сильными, разрушительными. При землетрясениях разрушаются здания и, под их обломками гибнут люди, народному хозяйству наносится огромный ущерб. За последние сто лет от землетрясений погибло свыше 1 млн. человек. Отзвуки сильных землетрясений нередко распространяются на значительные площади, и охватывая, неактивные в сейсмическом, отношении территории.

Развитие методов, способов и средств обеспечения надежности зданий и сооружений в сейсмически опасных районах и снижение затрат, связанных с сейсмической опасностью, является глобальной проблемой, решение которой имеет важное научно-практическое значение.

В последние годы различные методологии определения ущерба от землетрясения и оценки потерь были включены в значительном числе различных программных обеспечениях. (Lang 2013). Важной вехой в развитии программного обеспечения оценки ущерба от землетрясения являются первый выпуск FEMA и методологии NIBS в HAZUS в 1997 (HAZUS-97, FEMA1997). С тех пор были опубликованы ряд выпусков и обновлений этой методике (HAZUS-99, FEMA1999; HAZUS-MH, FEMA2003). Кроме того, HAZUS напрямую

интегрируется с национальными и региональными базами данных жилищного фонда и демография данные США (FEMA2001, 2008). Это означает, что HAZUS более расположен американским нормам, что затрудняет применить его к другим средам или географическим регионам (Hansen и Bausch 2006).

Базовая методология HAZUS инициировала множество других аналитических программ, которые были разработаны в последующие годы. Одним из таких инструментов является SELENA (сокращенное от «Seismic Loss Estimation using a Logic Tree Approach»), развитие которого началось в 2004 году под эгидой Международного центра геологических угроз (ICG) в сотрудничестве между NORSAR (Норвегия) и Университета Аликанте (Испания). Основная идея SELENA была разработка инструмента для быстрой оценки сейсмического риска, который открыт для всех зарегистрированных пользователей, и поэтому, может быть применен в любой части мира.

В рамках данного вопроса в сотрудничестве со специалистами Института геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии Академии наук Республики Таджикистан, и Норвежского научного института NORSAR проведена оценка сейсмического риска существующей застройки города Худжанда (Таджикистан), с помощью программы SELENA.

Город Худжанд является одним из крупных административных, промышленных и культурных центров Таджикистана. Город расположен по берегам р.Сырдарья, в Ферганской долине, одной из наиболее сейсмически активных регионов Центральной Азии [1-3].

Для оценки уязвимости жилой постройки к сейсмическим воздействиям, территория города была разделена на 138 географических единиц (рис.1).

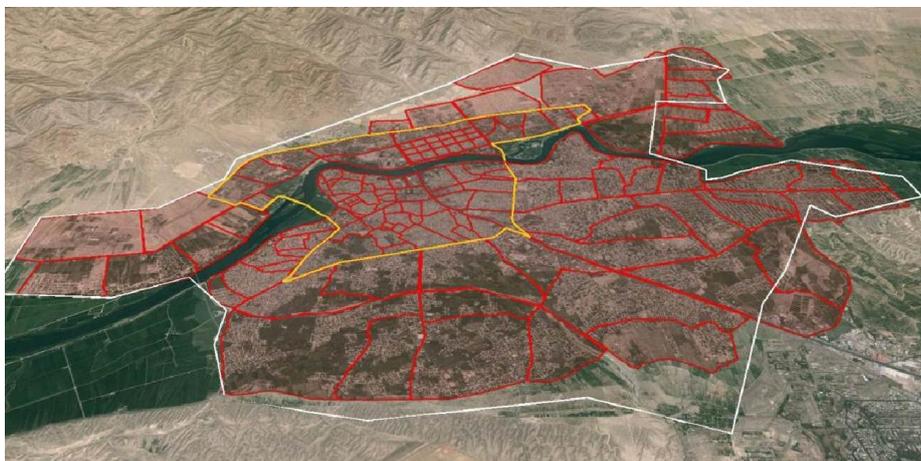


Рис.1. Географические единицы г.Худжанд (основа – по Google).

Было изучено распределение типологии города. Город был разделен на пять частей: восток, запад, юг, север и центр. Для каждой части была проведена инвентаризация зданий с точки зрения типологии. Было изучено около 700 зданий, а также городские улицы.

В г. Худжанде существует три основных строительных типа зданий, которые широко распространены (рис.2-6):

1. Одноэтажная и глинобитная пахса;
2. Комплексная конструкция (комбинированные кладка стен);
3. Многоквартирные дома «советского типа», сборные панельные здания.





Рис. 4. Панельные здания (RC сборных структура стеновых панелей).

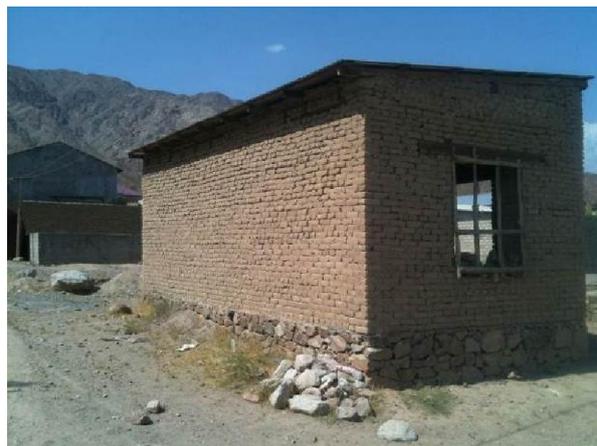


Рис. 5. Глинобитные здания (А) (кирпич сырец).



Рис. 6. Деревянный каркас "Синч"(WL)

Для оценки сейсмической уязвимости основных типов зданий были использованы статистические данные последствий двух сильных землетрясений 1977 и 1985 гг., когда, соответственно, эпицентр Кайраккумского землетрясения (1985 г.) находился в 14 километрах от центра города Худжанда, которое привело к весьма значительному повреждению жилого фонда, и Исфара-Баткентского землетрясения (1977 г.), которое не нанесло серьезных последствий большинству строительных типологий [2-4].

Функции уязвимости для этого исследования были взяты из функций, предоставляемых HAZUS (FEMA, 1999). Это представляет собой первое приближение, но настоятельно рекомендуется развивать область специфические функции для таджикского строительных типологий в будущем. Условная вероятность того, чтобы быть в, или превышение состояние дискретного повреждения, ds , данное спектральным смещением S_d (или другого параметра сейсмической спроса) определяется по следующей формуле.

$$P[ds|S_d] = \Phi \cdot \left[\frac{1}{\beta_{ds}} \cdot \ln \left(\frac{S_d}{\bar{S}_{d,ds}} \right) \right]$$

где: $\bar{S}_{d,ds}$ является среднее значение спектрального смещения, при котором здание достигает порога степени повреждения ds ; β_{ds} является стандартное отклонение натуральный логарифм спектрального смещения для степени повреждения ds ; Φ -стандартная нормальная функция распределения. (10 и 11 показаны примеры) [6].

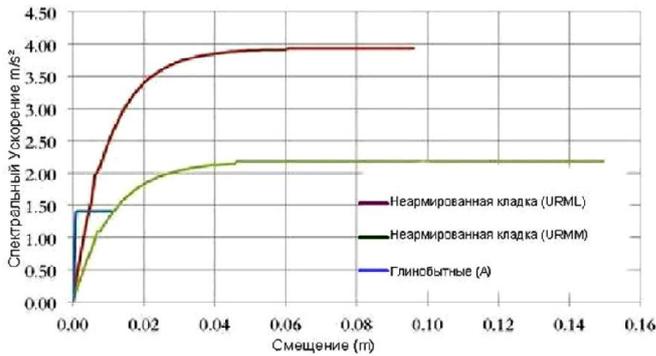


Рис.7. Пример кривых мощности для распространенных зданий в г. Худжанд

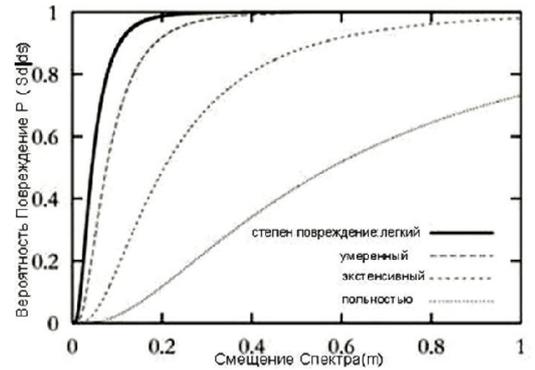


Рис.8. Пример для функции хрупкости для больших панельном доме (кривая хрупкости РС2М).

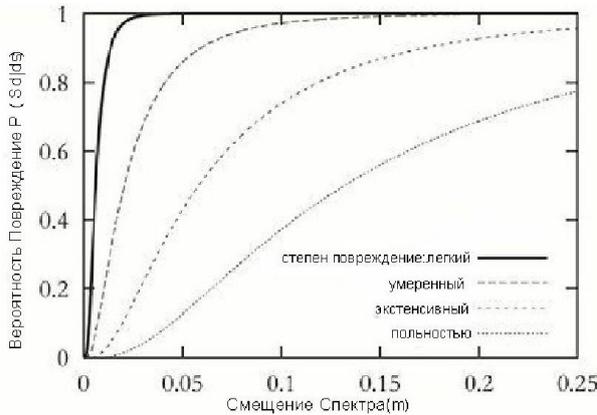


Рис.9. Пример для функции хрупкости для деревянное здание.

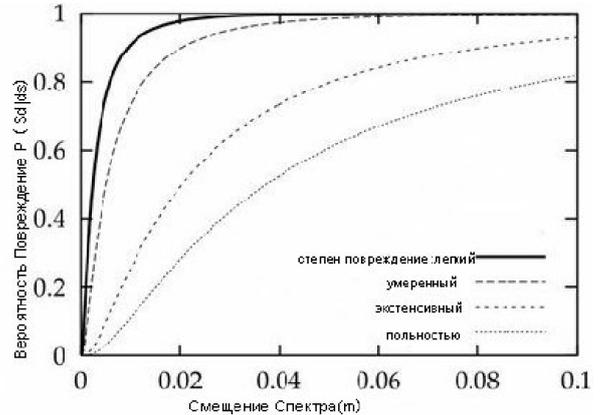
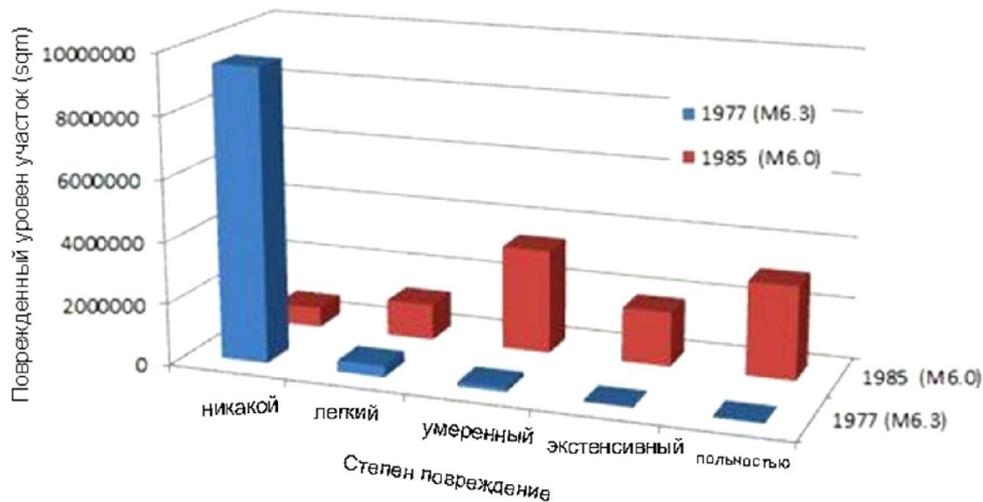


Рис.10. Пример для функции хрупкости (комплексное конструкция - комбинированные кладка стен, СЗМ)

Для оценки сейсмической уязвимости основных типов зданий были использованы статистические данные последствий двух исторических событий 1977 и 1985 гг.

Был оценен сейсмический риск для трех сценарий землетрясений. Части повреждений и оценки ущерба приведены в последующих рис.7-10. В них распределения совокупного ущерба предоставляются для этих двух исторических событий.

По этим сценариям, глинобитные и кирпичные здания будут разрушаться сильнее (рис.11-13).



Ожидаемый распределение ущерба в спектре опасности

Рис.11. для двух исторических событий сценария (1977 г., Исфара-Билькентское, Mw 6.3 и 1985 г. Кайраккумское, Mw 6.0 землетрясения).

Результаты общего ущерба для теоретически предполагаемых сценариев землетрясений, которые размещаются вдоль основных линий разломов, близких к городу, приведены на рис.13. Как видно из рисунка, в связи с Северо-Ферганским разломом (N1-N5) эффект расстояния малозаметен. Предполагается, что максимальная величина 7,5 может привести к полному повреждению почти 50% жилого фонда, который по существу означает полное разрушение всех кирпичных (саманных) и неармированных зданий.

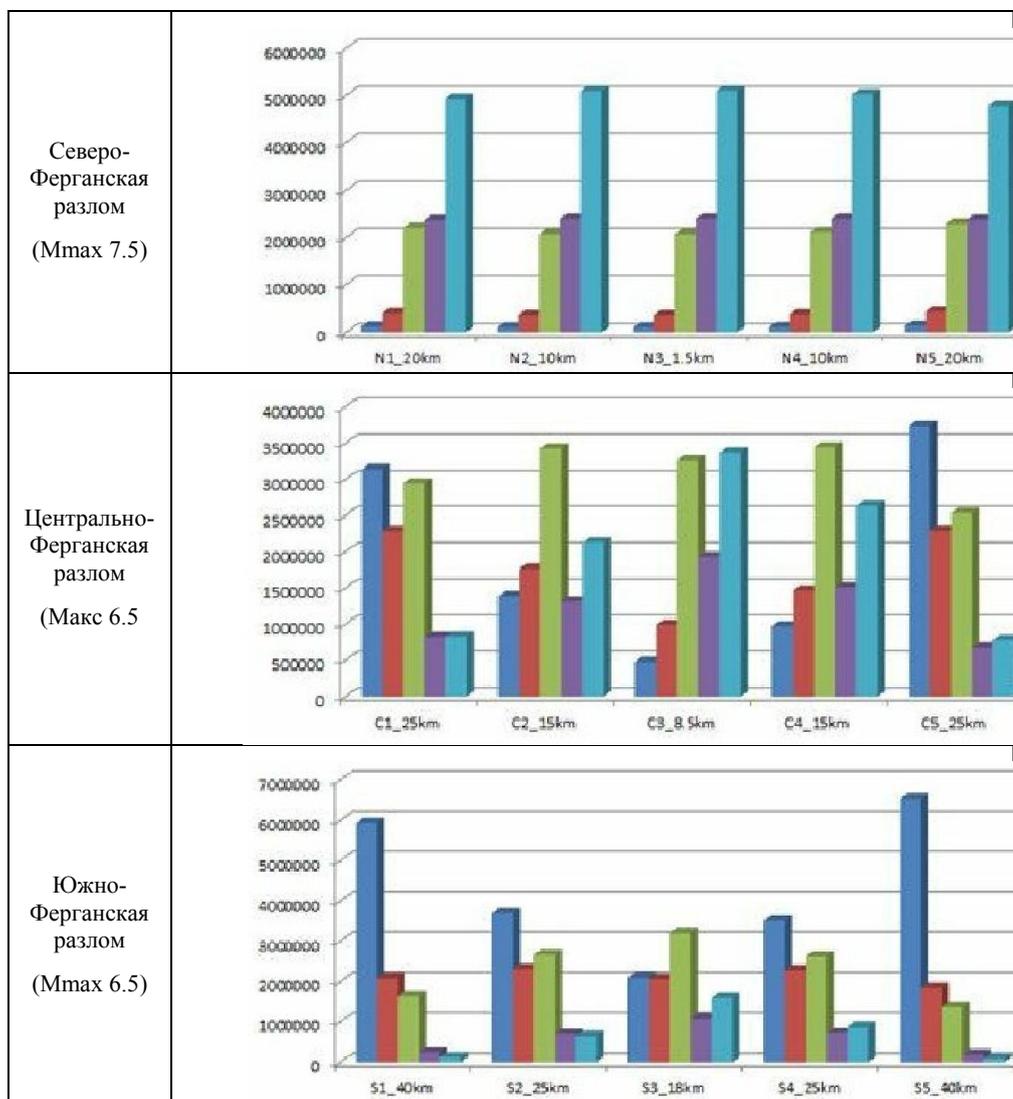


Рис.11. Нанесенные оценки для всех строительных типологий и для детерминированных сценарных событий, которые размещаются вдоль основных линий разломов с различными расстояниями до г.Худжанда.

На рис.12 приведена карта-схема расположения жилых зданий на территории Таджикистана. Жилой фонд предпрогибных геоструктур Таджикистана, как было описано выше, состоит из ряда типовых зданий советской постройки, возведенных в соответствии с нормами и правилами сейсмостойкого строительства. Это четырех и пятиэтажные крупнопанельные и кирпичные дома, и 9-этажные основная доля которых занимает примерно половину всей жилой застройки. Меньший процент приходится на дома частного сектора, построенные также в советское время с учетом нормативных документов. И еще меньшая доля частных глинобитных домов, построенных без учета специальных мер сейсмозащиты.

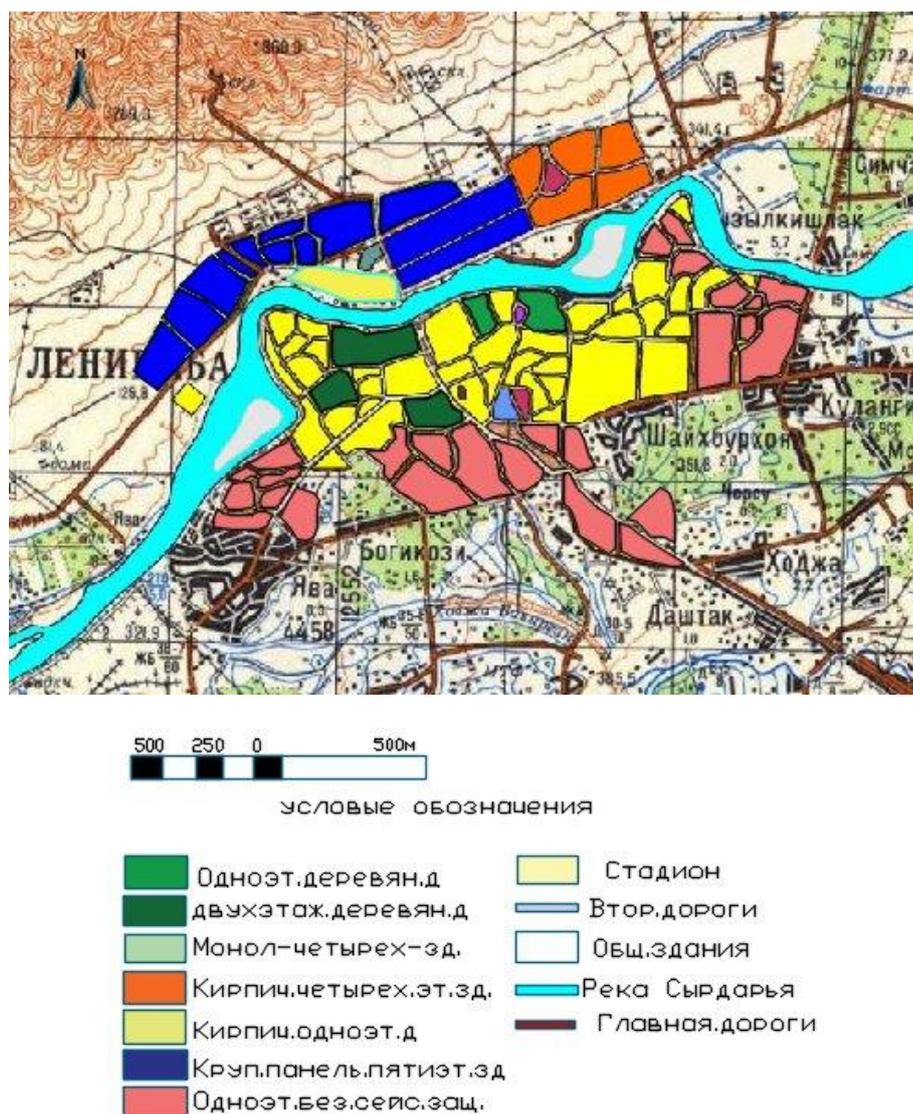


Рис.12. Карта схема расположения жилых кварталов Таджикистана

Кирпичные здания в доле городской застройки составляют 26%, панельные 28%, другие конструктивные типы 46% городского фонда.

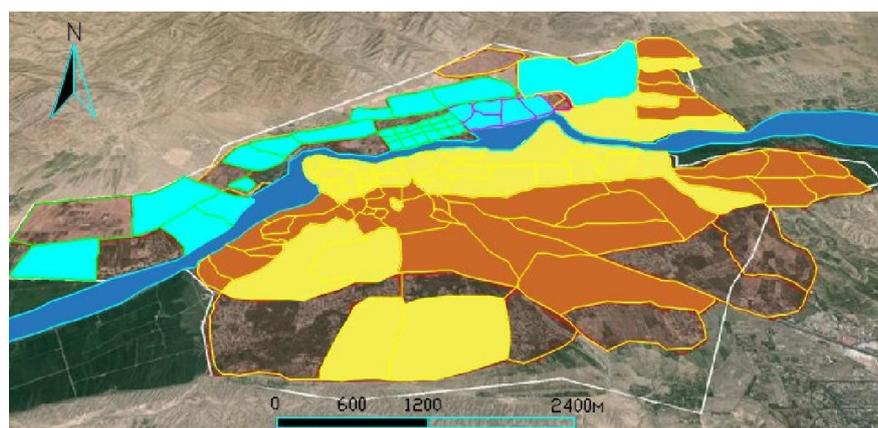
Полученные результаты позволяют делать вывод о том, что различная повреждаемость зданий разных конструктивных схем обуславливается не только интенсивностью воздействия и неблагоприятным сочетанием количественных характеристик сейсмического воздействия с динамическими параметрами сооружения, но и различием в заложенных резервах несущей способности конструкций зданий и сооружений.

Для расчета возможных последствий сейсмического воздействия на жилые здания и на территории г.Худжанда построена карта сейсмического риска, которая позволяет оценить последствия сейсмического воздействия в наиболее опасной для города зоны севера - Ферганского разлома.

По сценарию последствием прогнозируемого землетрясения при принятых исходных данных и выбранной модели сейсмического риска является следующее: доля зданий, получивших повреждения – 68%, доля разрушений и обвалов зданий - 55%.

На рис 13 приведена карта вероятностного риска жилых зданий в зонах предпрогибных геоструктур Таджикистана по типам застроек: многоэтажные, построенные с учетом норм и правил сейсмостойкого строительства, частные одноэтажные дома с элементами сейсмозащиты и дома частного сектора без учета антисейсмического усиления. Последний тип жилых строений выделен на рисунке оранжевым цветом с наибольшим риском повреждений. На рис.14 приведена карта вероятностного сейсмического риска зданий и сооружений в пределах 25км радиуса от границ города Худжанда.

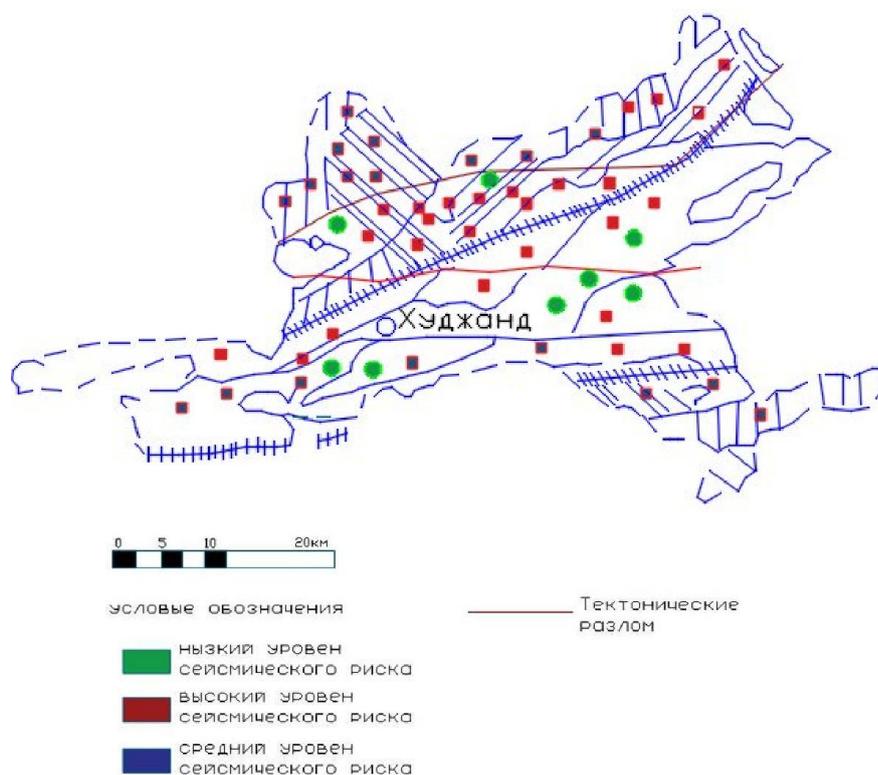
Как видно из рисунка, красными квадратами отмечены населенные пункты, вероятность сейсмического риска которых наиболее высока, сиреневыми - выделены поселки со средним уровнем сейсмического риска и зелеными ромбиками сейсмический риск которых наиболее минимален [5].



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- | | |
|--------------------|---------------------|
| Река | Второстепен. дороги |
| Част. дом без норм | Основная дорога |
| Многоэтажные дома | Частный сектор |

Рис.13. Карта вероятностного риска для территории г. Худжанда с выделением участков застройки с различной уязвимостью.



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- | | |
|--|-------------------------------------|
| | низкий уровень сейсмического риска |
| | высокий уровень сейсмического риска |
| | средний уровень сейсмического риска |

Тектонические разлом

Рис. 14. Карта вероятностного сейсмического риска жилых здании на территории, г.Худжанда

Заключение

В результате проведенной классификации зданий на территории г. Худжанда выделено 12 конструктивных типов зданий: одно- и двухэтажные деревянные дома, крупнопанельные пятиэтажные, монолитные девятиэтажные, одноэтажные каркасные дома рамные связи, 2-этажные и четырехэтажные кирпичные дома, возведенные с сейсмозащитными мероприятиями, индивидуальные саманные дома, построенные без учета норм сейсмозащиты. На основании анализа кривых уязвимости по данным типам зданий выявлено, что наиболее сейсмостойкими являются монолитные, каркасные железобетонные и крупнопанельные дома. Затем следуют деревянные одно и двухэтажные дома, кирпичные одно-двух и четырехэтажные здания. Индивидуальные глинобитные дома являются самой неустойчивой конструктивной группой.

Литература:

1. Building Seismic Safety Council (BSSC), 1995. 1994 Edition. NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings, FEMA 222A/223A, Vol. 1 (Provisions) and Vol. 2 (Commentary), developed for the Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
2. Federal Emergency Management Agency (1999). HAZUS@99 Earthquake Loss Estimation Methodology, User Manual. Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., United States, 314 pp.
3. Kumar A., Lang D.H., and Sulaymanov, S. (2014). Classification and vulnerability assessment of central and south Asian building stocks, in preparation.
4. Molina S., Lang D.H., Lingvall, F., and Lindholm, C.D. (2010a). User Manual for the Earthquake Loss Estimation Tool: SELENA (v5.0), July 2009, 75 pp.
5. Бабаев А.М., Лысков Л.М., Мирзоев К.М., Ачилов Г.Ш., Лазариди Л.К., Раджабов Н.Р. (1984). *Природные ресурсы Таджикской ССР. Сейсмогенные зоны*. Масштаб 1:500000. Изд-е ГУГК СССР, 1984
6. Lang D.H. (2013). *Earthquake Damage and Loss Assessment - Predicting the Unpredictable*, Dissertation for the degree doctor philosophiae (dr.philos.), University of Bergen, Norway, ISBN: 978-82-308-2271-5, 334 pp., <http://hdl.handle.net/1956/6753>
7. Сеитов Б.М., Ордобаев Б.С. Сейсмостойкость зданий и сооружений: Практикум. Бишкек: КPCY, 2015. – 96 с.
8. Сеитов Б.М., Ордобаев Б.С. «Сейсмическая защита и ее организация». Учебник для ВУЗов. – Бишкек: Айат, 2013. – 168 с.
9. Сеитов Б.М., Ордобаев Б.С., Турганбаев О.М. Обследование и диагностика долговечности зданий и сооружений в сейсмических районах. Учебное пособие. – Бишкек: Айат, 2016. – 328 с.
10. Ордобаев Б.С., Сангинов А. Оценка сейсмической уязвимости и риска жилой застройки Джергетальского района. Научный и информационный журнал Материаловедение №1/2015 (8). – с. 38-45.
11. Ордобаев Б.С., Сангинов А.М. «О методах усиления и повышения сейсмостойкости жилых зданий из местных природных строительных материалов». Материалы МНПК «Техносферная безопасность: Наука и практика». – Бишкек: Айат, 2015. – с. 155-160.
12. Smirnov S.B., Oordobaev B.S., Sanginov A.M., Abdykeeva Sh.S. Destruction of buildings by seismic waves. Материалы III-го Международного Симпозиума по наблюдению Земли для засушливых и полузасушливых зон. «Наблюдение земли вдоль великого шелкового пути» 19-21 сентября 2016 года. 2017. – с. 72-80.
13. Ордобаев Б.С. «О совершенствовании теории сейсмостойкого строительства». Наука и Новые технологии №5. – Бишкек: 2014. – с. 14-19.

Рецензент: д.т.н., профессор Тентиев Ж.Т.
