



<http://dx.doi.org/10.5800/GT-2014-5-1-0123>

## EXPERIMENTAL AND THEORETICAL STUDIES OF REGIONAL SEISMIC SAFETY (BAIKAL REGION)

Yu. A. Berzhinsky

*Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk, Russia*

**Abstract:** The article reviews problems of regional seismic safety and current programs aimed at earthquake proofing of buildings, houses, facilities and life-support systems. It describes the main scientific methodological principles for certification of buildings and facilities located in earthquake-prone regions. With reference to case studies of Angarsk, Shelekhov and Baikalsk and data on Ulaan Baatar (jointly studied with ICAG of the Academy of Sciences of Mongolia), examples of the certification method application in practice are described. Special attention is given to monitoring of the technical status of bearing-wall apartment buildings and houses built in 1960s and 1970s. Cooperation between the Laboratory of Earthquake-Proof Construction and leading scientific research institutes of Russia is reviewed specifically within the framework of the Federal Seismic Safety Program and participation of the Laboratory in development of the national standard titled GOST R Earthquake Intensity Scale.

**Key words:** regional seismic safety, certification of buildings, seismic risk maps, monitoring of the technical status of buildings, earthquake intensity scale, earthquake proofing of buildings.

**Citation:** Berzhinsky Yu.A. 2014. Experimental and theoretical studies of regional seismic safety (Baikal region). *Geodynamics & Tectonophysics* 5 (1), 183–199. doi:10.5800/GT-2014-5-1-0123.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ СЕЙСМОБЕЗОПАСНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА)

Ю. А. Бержинский

*Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия*

**Аннотация:** Статья посвящена решению проблем региональной сейсмобезопасности в соответствии с действующими программами повышения устойчивости жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения. Изложены научно-методические основы паспортизации зданий в сейсмических районах. На примере застройки городов Ангарска, Шелехова и Байкальска, а также г. Улаанбаатара (совместно с ИЦАГ АН Монголии) показано практическое применение методики паспортизации. Значительное внимание уделено мониторингу технического состояния жилых домов первых панельных серий постройки 60–70-х годов прошлого века. Освещен опыт сотрудничества лаборатории сейсмостойкого строительства с ведущими научно-исследовательскими организациями России по выполнению блока НИОКР федеральной целевой программы по сейсмобезопасности, в том числе участие в разработке Проекта Национального стандарта ГОСТ Р «Шкала интенсивности землетрясений».

**Ключевые слова:** региональная сейсмобезопасность, паспортизация зданий, карты сейсмического риска, мониторинг технического состояния зданий, шкала интенсивности землетрясений, сейсмоусиление зданий.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Лаборатория сейсмостойкого строительства (рис. 1) организована в 1990 г. совместным приказом-распоряжением ТСО «Востоксибстрой» бывшего Министерства строительства в восточных районах РСФСР и ИНЦ СО АН СССР № 31/15701-2115.1 от 14.02.1990 г. Бессменным руководителем лаборатории является Ю.А. Бержинский.

За время своего существования лабораторией совместно с другими подразделениями института и рядом научно-исследовательских, проектных и строительных организаций проведены полтора десятка крупномасштабных вибрационных и сейсмозрывных испытаний региональных типов зданий. Указанные экспериментально-теоретические исследования сейс-

мостойкости зданий массовой застройки проведены впервые в Восточной Сибири. Для выполнения этих работ было изготовлено уникальное вибрационное оборудование – мощные вибромашины типа В-3 конструкции ЦНИИЭП жилища. В настоящее время ИЗК СО РАН, наряду с ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко (г. Москва) и полигоном под г. Выборгом (г. Санкт-Петербург) бывшего министерства обороны СССР, является одной из трех научно-исследовательских организаций России, которые способны проводить экспериментальные исследования в области сейсмостойкого строительства. По модернизированным на основании натуральных испытаний типовым проектам были возведены жилые дома общей площадью 250 тыс. м<sup>2</sup>. Лабораторией разработана региональная шкала сейсмической интенсивности РШСИ-2002 (научный руко-



**Рис. 1.** Коллектив лаборатории сейсмостойкого строительства.

Слева направо: К.В. Акимова, Л.И. Иванькина, Л.С. Кокорина, к.г.-м.н. А.П. Ордынская, к.т.н. Л.П. Бержинская, к.г.-м.н. Ю.А. Бержинский – зав. лабораторией, О.И. Саландаева.

**Fig. 1.** The staff of the Laboratory of Earthquake-Proof Construction.

Left to right: K.V. Akimova, L.I. Ivan'kina, L.S. Kokorina, A.P. Ordynskaya, L.P. Berzhinskaya, Yu.A. Berzhinsky (Head of the Laboratory), O.I. Salandaeva.

водитель, д.г.-м.н., проф. С.И. Шерман). По результатам исследований в области нового научного направления была подготовлена и издана монография «Региональные шкалы сейсмической интенсивности» (авторы – С.И. Шерман, Ю.А. Бержинский, В.А. Павленов, Ф.Ф. Аптикаев). Лабораторией проведены обследования последствий реальных сейсмических событий 1995, 1999, 2001 и 2008 г.

Перспективными направлениями в работе лаборатории являются: паспортизация жилищного фонда в сейсмических районах Байкальского региона и оценка сейсмического риска территорий, населения и застройки населенных пунктов. Лаборатория явилась инициатором и ведущим исполнителем трех программ по сейсмобезопасности Иркутской области: 1991, 1995 и 2010 гг. Сотрудники лаборатории приняли участие во Всероссийских конференциях по сейсмостойкому строительству, проводимых в г. Сочи в 1999, 2003, 2007 и 2011 гг. За комплекс работ по экспериментальной оценке сейсмостойкости безригельного каркаса серии 1.120с лаборатория награждена грамотой губернатора Иркутской области.

## 2. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Экспериментальные исследования региональных типов зданий при высоком уровне динамической нагрузки.
2. Паспортизация зданий существующей застройки.
3. Сейсмические шкалы.
4. Методы математического моделирования поведения зданий при сейсмических воздействиях.
5. Оценка сейсмического риска.

## 3. ПАСПОРТИЗАЦИЯ ЖИЛИЩНОГО ФОНДА В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

В ИЗК СО РАН усилиями лаборатории сейсмостойкого строительства и лаборатории инженерной сейсмологии и сейсмогеологии разработана и апробирована комплексная методика паспортизации зданий в сейсмических районах.

Комплексный характер предложенной методики паспортизации реализуется в процессе выполнения следующих этапов:

- 1 этап. Экспериментальные исследования фактической сейсмостойкости региональных типов зданий и их натуральных фрагментов при высоком уровне динамической нагрузки.
- 2 этап. Создание опорной сети зданий-представителей (эталонных зданий).
- 3 этап. Сплошная паспортизация, результатом которой служат усредненные оценки уязвимости застройки по площадям в масштабе города, жилого района, микрорайона, квартала.

На 1-м этапе проводятся натурные испытания (вибрационные, сейсмозврывные, с помощью знакопеременной статической нагрузки и др.) наиболее распространенных типов жилых и общественных зданий массовой застройки. Решающее условие – обеспечение высокого уровня динамического или статического нагружения, при котором отчетливо проявляется конструктивная и физическая нелинейность системы.

На 2-м этапе создается опорная сеть, которая служит для оценки макросейсмического эффекта землетрясений различной интенсивности, мониторинга изменения параметров технического состояния зданий и уточнения карт сейсмического микрорайонирования путем сопоставления реакции зданий одинаковых типов на различных грунтовых комплексах. База данных зданий опорной сети содержит цифровую и графическую информацию в электронном виде, которая пополняется и обновляется. Указанная информация служит основой для количественных оценок при построении Карт сейсмического риска.

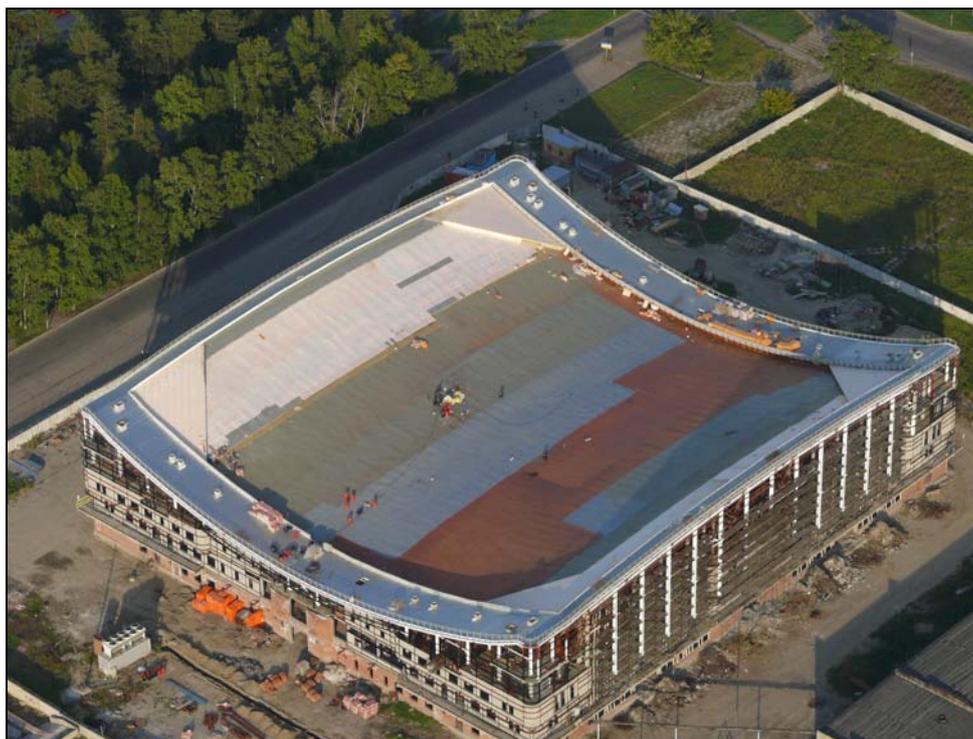
На 3-м этапе выполняются работы по сплошной паспортизации с учетом реальных ограничений по срокам и объемам проводимых работ. В силу этих ограничений «нижняя граница» детальности сплошной паспортизации соответствует не отдельному объекту, а микрорайонному уровню. Результаты первых двух этапов паспортизации проецируются на микрорайонный уровень с усредненной оценкой уязвимости застройки, типовой характер которой способствует подобному обобщению.

Принципиальные отличия комплексной методики паспортизации зданий в сейсмических районах, разработанной ИЗК СО РАН, от существующих методик паспортизации сводятся к двум основным положениям:

1. Оценка фактической сейсмостойкости региональных типов зданий, основанная на результатах экспериментальных исследований опытных объектов при высоком уровне динамического воздействия, соизмеримом по величине с сейсмическими нагрузками реальных землетрясений, а не на экспертных оценках (зачастую субъективных).
2. Создание опорной сети зданий-представителей, служащей логическим каркасом (моделью) жилой застройки населенного пункта (с учетом объектов социально-культурного назначения).

В настоящее время в Иркутской области создана опорная сеть зданий-представителей в количестве 400 объектов в следующих городах:

- Иркутск – 600 тыс. жителей, сейсмичность в баллах по карте ОСР-97 составляет 8, 9, 9;
- Ангарск – 242 тыс. жителей – 8, 8, 9;
- Шелехов – 45 тыс. жителей – 8, 9, 10;
- Байкальск – 15 тыс. жителей – 9, 9, 10;
- Слюдянка (в т.ч. пос. Култук) – 20 тыс. жителей – 9, 9, 10;



**Рис. 2.** Город Ангарск. Ледовый дворец «Ермак». Инженерно-сейсмометрические исследования металлической мембраны пролетом 90 м.

**Fig. 2.** Engineering seismometric studies of the steel membrane (90 m long) in Ermak Ice Stadium located in the city of Angarsk, Irkutsk region, Russia.



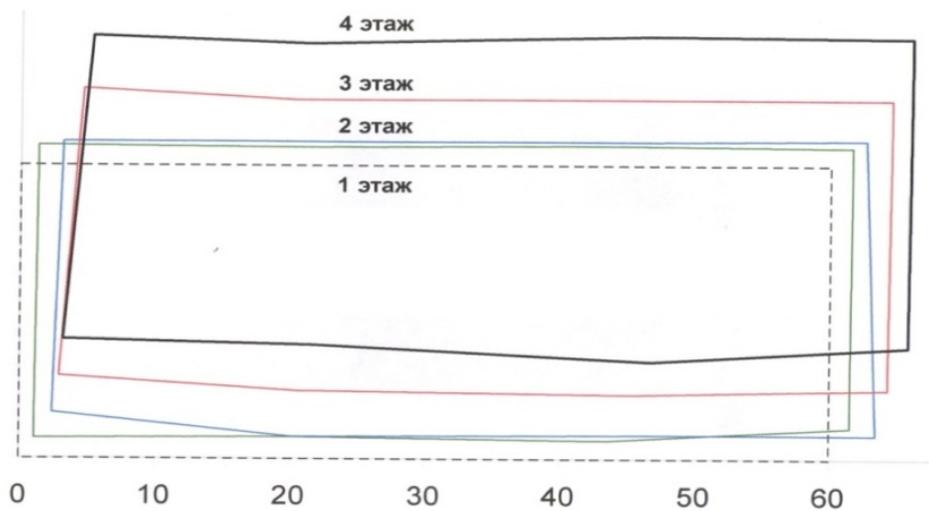
**Рис. 3.** Прочностные испытания фрагмента покрытия ЛД «Ермак» в лаборатории ИргТУ (Д.В. Киселев).

**Fig. 3.** Structural integrity test of the beam structure of Ermak Ice Stadium in the laboratory of the Irkutsk State Technical University (D.V. Kiselev).



**Рис. 4.** Школа в микрорайоне № 7, г. Ангарск.

**Fig. 4.** A school building in District 7, Angarsk.



**Рис. 5.** Экспериментальные формы колебаний дисков перекрытий 4-этажного учебного корпуса школы в г. Ангарске при микродинамических воздействиях.

**Fig. 5.** Experimental oscillations of discs of the beam structure of the 4-storeyed school building in Angarsk which was subject to microdynamics tests.

Иркутский, Ангарский, Усольский и Слюдянский АМО – 60 тыс. жителей.

Общее количество жителей в перечисленных населенных пунктах и районах достигает 1 млн человек.

Методы технической диагностики широко применялись при обследовании ответственных гражданских объектов. К их числу относятся: ледовый дворец «Ер-

мак» с покрытием в виде металлической мембраны с пролетом 90 м в г. Ангарске (рис. 2, 3); экспериментальная школа в 7-м м-не с общей площадью 20 тыс. м<sup>2</sup> (рис. 4, 5); опытная 9-этажная блок-секция в каркасе серии 1.120с в г. Иркутске. В таблице 1 представлена структура методов технической диагностики, применяемых при паспортизации зданий (рис. 6).

Т а б л и ц а 1. Структура методов технической диагностики

Table 1. Engineering diagnostic methods

Уровень динамического (знакопеременного статического) воздействия	Вид испытаний
Высокий уровень динамического (знакопеременного статического) воздействия	Вибрационные испытания Сейсмозрывные испытания Знакопеременные статические испытания
Микродинамический уровень воздействия	Запись микросейсм Метод стоячих волн Воздействия импульсного типа
Прочностные испытания	С отбором образцов из деловых конструкций и лабораторными испытаниями Неразрушающие методы контроля прочности Учет физического износа конструкций и материалов



Рис. 6. Отбор образцов-кернов для прочностных испытаний бетона наружной стены.

Fig. 6. Core sampling for structural integrity tests of the concrete materials of the outside wall.

#### 4. ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ СОВРЕМЕННОЙ ЗАСТРОЙКИ Г. УЛААНБААТАРА

В рамках Договора о научно-техническом сотрудничестве между ИЗК СО РАН и Исследовательским центром астрономии и геофизики АН Монголии коллективом специалистов ИЗК СО РАН (г. Иркутск) и Геологического института СО РАН (г. Улан-Удэ) проведено обследование современной жилой застройки г. Улаанбаатара. Исследования включали в себя: обследование и оценку состояния несущих и ограждающих конструкций зданий-представителей жилой застройки; инструментальные измерения их динамических характеристик; сбор данных о структуре жилищного фонда, необходимых для моделирования сейсмической реакции жилых домов при сильных землетрясениях.

Структура застройки Улаанбаатара отличается значительным разнообразием. Наряду с интенсивным

строительством современных зданий высотой 12–16 этажей и более (рис. 7), в городе сохранился значительный панельный фонд 5- и 9-этажных жилых домов постройки 70–90-х годов (рис. 8), а также 2-3-этажный жилищный фонд, состоящий из зданий с кирпичными несущими стенами и деревянными перекрытиями постройки 50-60-х годов прошлого века. Значительная доля городского населения Улаанбаатара проживает в юртах – национальном типе жилища, конструкция которого отработана веками и отличается исключительной рациональностью (рис. 9).

Население г. Улаанбаатара (по данным 2010 г.) составляло 1.2 млн человек, из них 440 тыс. человек проживали в благоустроенном жилищном фонде. Общая площадь жилищного фонда города на 2010 г. составляет 9.5 млн м<sup>2</sup>. Распределение числа жителей по жилым районам представлено на рис. 10.

Цель инженерно-технического и инструментального обследования заключалась в оценке сейсмической



**Рис. 7.** Современная застройка г. Улаанбаатара.

**Fig. 7.** Building recently constructed in Ulaan Baatar, Mongolia.



**Рис. 8.** Надстройка панельного жилого здания, возведенного при содействии бывшего СССР, г. Улаанбаатар.

**Fig. 8.** The upper storey constructed on top of the panel-type house built with support of the USSR in the Soviet time. The house is located in Ulaan Baatar.

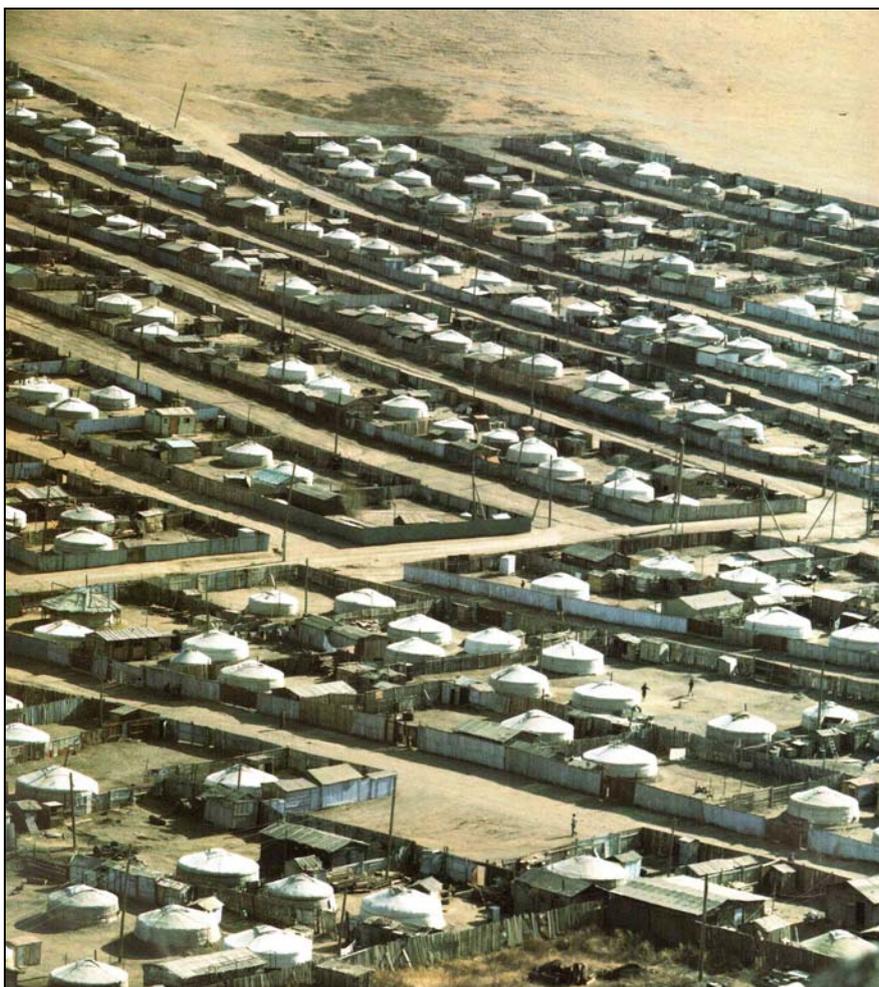


Рис. 9. Юрточный поселок, г. Улаанбаатар.

Fig. 9. Gers in Ulaan Baatar.

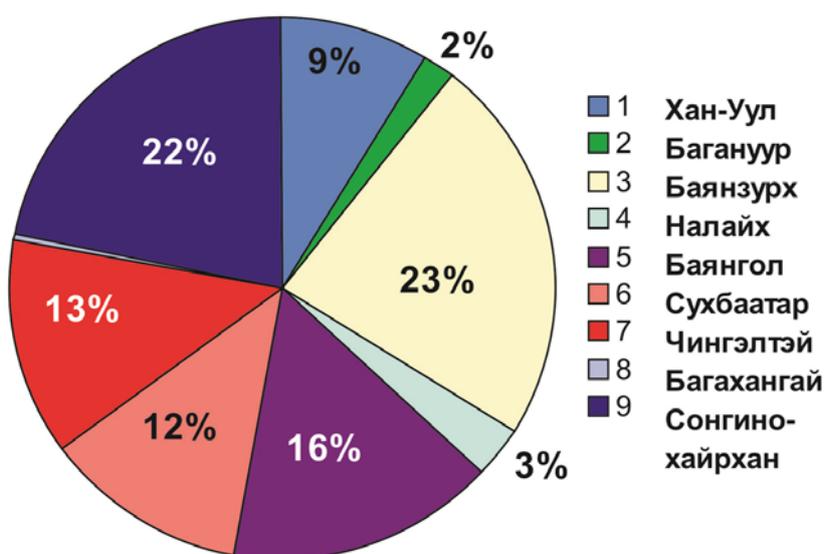


Рис. 10. График распределения числа жителей по районам города.

Fig. 10. The population/city district curve.

надежности и долговечности жилых домов (согласно нормам сейсмостойкого строительства РФ), возведенных в различное время на территории города.

## 5. СОЗДАНИЕ КАРТ СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА ДЛЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ – АНГАРСКА, ШЕЛЕХОВА И БАЙКАЛЬСКА

Сейсмический риск является заключительным звеном методической цепочки: сейсмическая опасность – паспортизация – сейсмическая уязвимость – сейсмический риск. Для оценки сейсмического риска и построения карт сейсмической уязвимости застройки территории необходимо располагать следующими исходными данными:

- уточненными показателями сейсмической опасности региона, включая карты сейсмического микрорайонирования основных населенных пунктов;

- уточненной структурой застройки селитебных территорий;

- результатами паспортизации жилищного фонда городов и населенных пунктов.

Комплект карт сейсмического риска для Ангарска, Шелехова и Байкальска включает в себя:

- карты уязвимости застройки (средневзвешенной степени повреждений);

- карты относительного экономического ущерба городов;

- карты уровня индивидуального сейсмического риска для населения и территории городов.

На рисунках 11–16 представлены карты сейсмического риска территории г. Байкальска при 7, 8 и 9 баллах. При составлении карт СМР использовались результаты исследований, накопленные институтом за полвека. Так, для г. Шелехова и Байкальска составители карт сейсмического риска в основном опирались на работы известных ученых – чл.-корр. АН СССР В.П. Солоненко и д.ф.-м.н. С.И. Голенецкого, автора уникального Каталога землетрясений по Восточной Сибири (рис. 17, 18).

В Сибирском федеральном округе девять областей из двенадцати расположены в сейсмической зоне. Среди них Иркутская область заметно выделяется обширностью и достоверностью базы данных по проблемам сейсмобезопасности. Чтобы построить достоверные карты сейсмического риска для других городов, нужно еще многое сделать. Например, Иркутск имеет устаревшую карту СМР, которую утвердил Госстрой РСФСР в 1988 г. С тех пор гидрогеологическая обстановка в городе заметно изменилась, что естественно отразилось на сейсмичности территории города.

## 6. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Лабораторией сейсмостойкого строительства с участием ИрГТУ, АГТА (г. Ангарск) и ряда других орга-

низаций проведены натурные испытания ряда опытных объектов.

1. Инженерно-сейсмометрические исследования динамических характеристик 4-этажного учебного блока общеобразовательной школы в м-не 7 г. Ангарска (совместно с лабораторией инженерной сейсмологии и сейсмогеологии). Прочностные испытания конструктивной ячейки перекрытия безригельного каркаса системы КУБ-1.

2. Оценка надежности крупнопанельных жилых домов первой панельной серии 1-335с, постройки 60-х годов прошлого столетия, которые обладают рядом конструктивных особенностей, неблагоприятных с точки зрения долговечности и сейсмостойкости. В течение 40–50 лет эксплуатации дома первой панельной серии подверглись значительному физическому износу. Наиболее острая ситуация сложилась в г. Ангарске. В городе находятся в эксплуатации 500 домов серии 1-335с, что составляет половину всех домов этой серии в Иркутской области. Первый дом построен в 1959 г. (рис 19, 20). Дефицит сейсмостойкости жилищного фонда серии 1-335с оценивается в 1.5–2.0 балла. В силу этих причин г. Ангарск был выбран в качестве полигона для количественной оценки предпочтительности различных вариантов решения этой проблемы.

Для решения проблемы жилищного фонда серии 1-335с были предложены три альтернативы (варианта):

**Альтернатива 1:** Снос 500 домов серии 1-335с. Строительство нового жилья взамен демонтированных домов для расселения жителей. Утилизация строительных отходов.

**Альтернатива 2:** Сохранение жилищного фонда серии 1-335с без усиления. Косметический ремонт наружных стен из газозлобетона. Восстановление жилых домов после землетрясения 8 баллов. Компенсационные выплаты за погибших и раненых согласно Федеральному закону Ф3-225.

**Альтернатива 3:** Косметический ремонт наружных стен из газозлобетона. Усиление домов минимум до 7 баллов. Работы по энергосбережению (устройство вентилируемых навесных фасадов). Восстановление домов после землетрясения 8 баллов. Компенсационные выплаты за погибших и раненых.

Для оценки альтернатив использован метод анализа иерархий (табл. 2), разработанный американским математиком Т.Л. Саати. К настоящему времени метод получил широкое распространение в самых различных областях и имеет солидное математическое обоснование. Сущность метода МАИ заключается в проведении интуитивно-логического анализа проблемы с количественной или качественной оценкой суждений и формальной обработкой результатов.

Наилучшую стратегию с предпочтительностью в 50 % показала альтернатива 1. Однако ее реализация связана со значительными финансовыми затратами. Если результаты расчета для 500 жилых домов экстраполировать на весь объем жилищного фонда серии

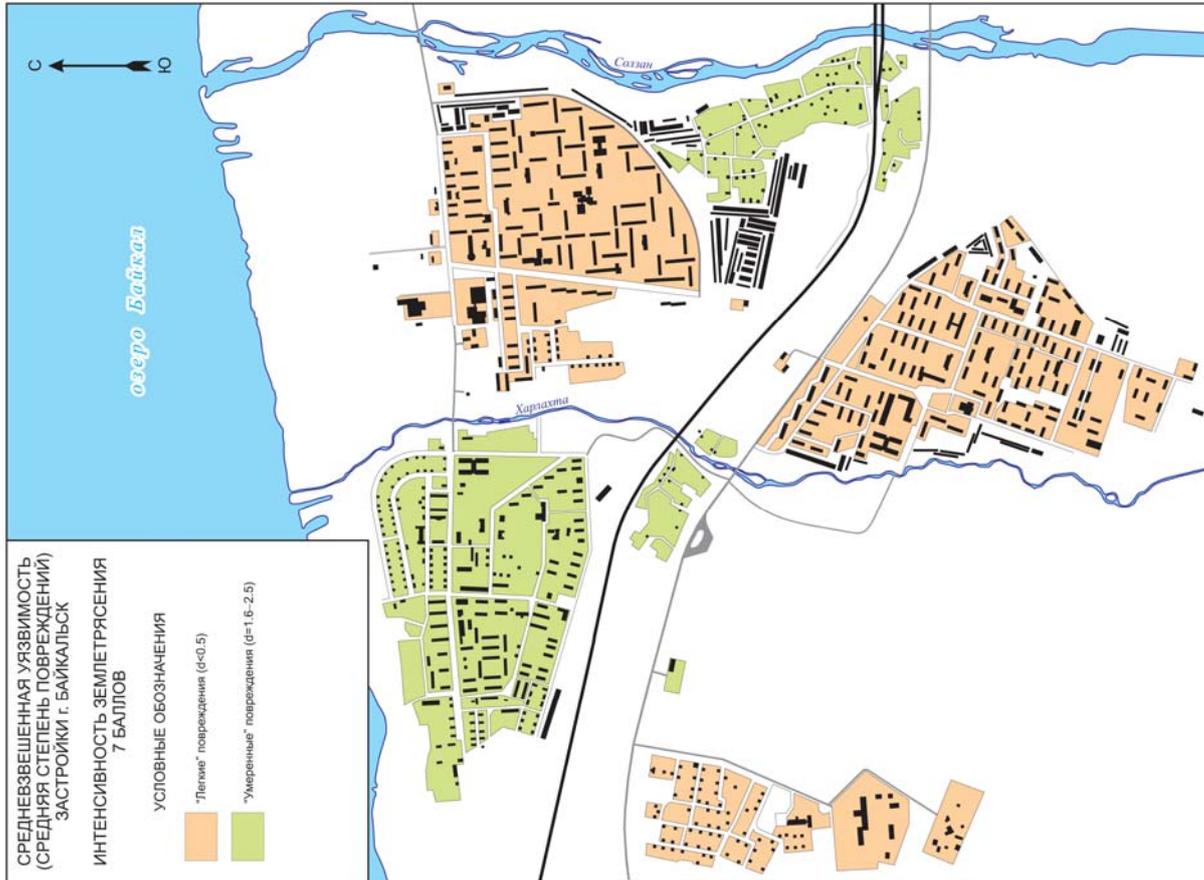


Рис. 11. Карта сейсмического риска г. Байкальска. Уязвимость застройки города при землетрясении интенсивностью 7 баллов.

Fig. 11. Seismic risk map of the town of Baikalsk, Irkutsk region, Russia with reference to a potential earthquake intensity 7. Susceptibility of the town buildings to seismic effects.

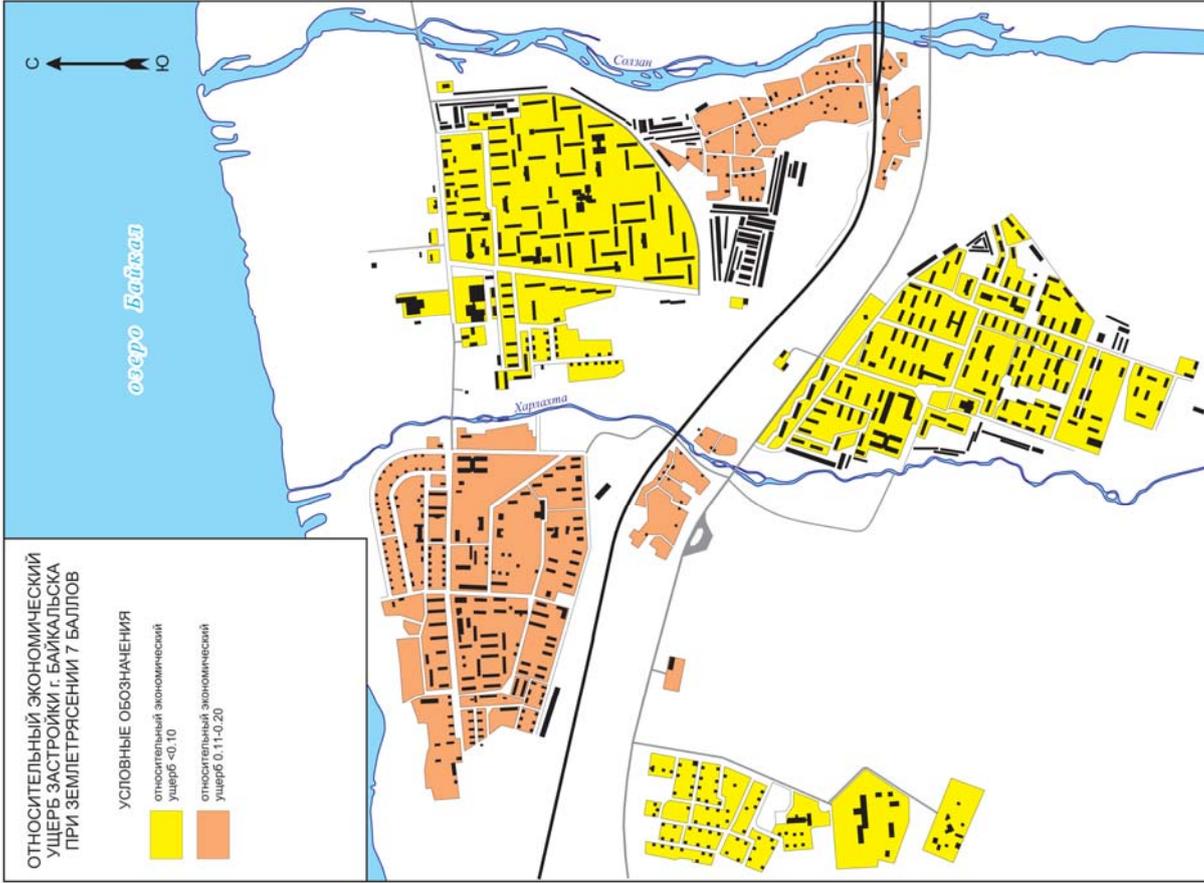
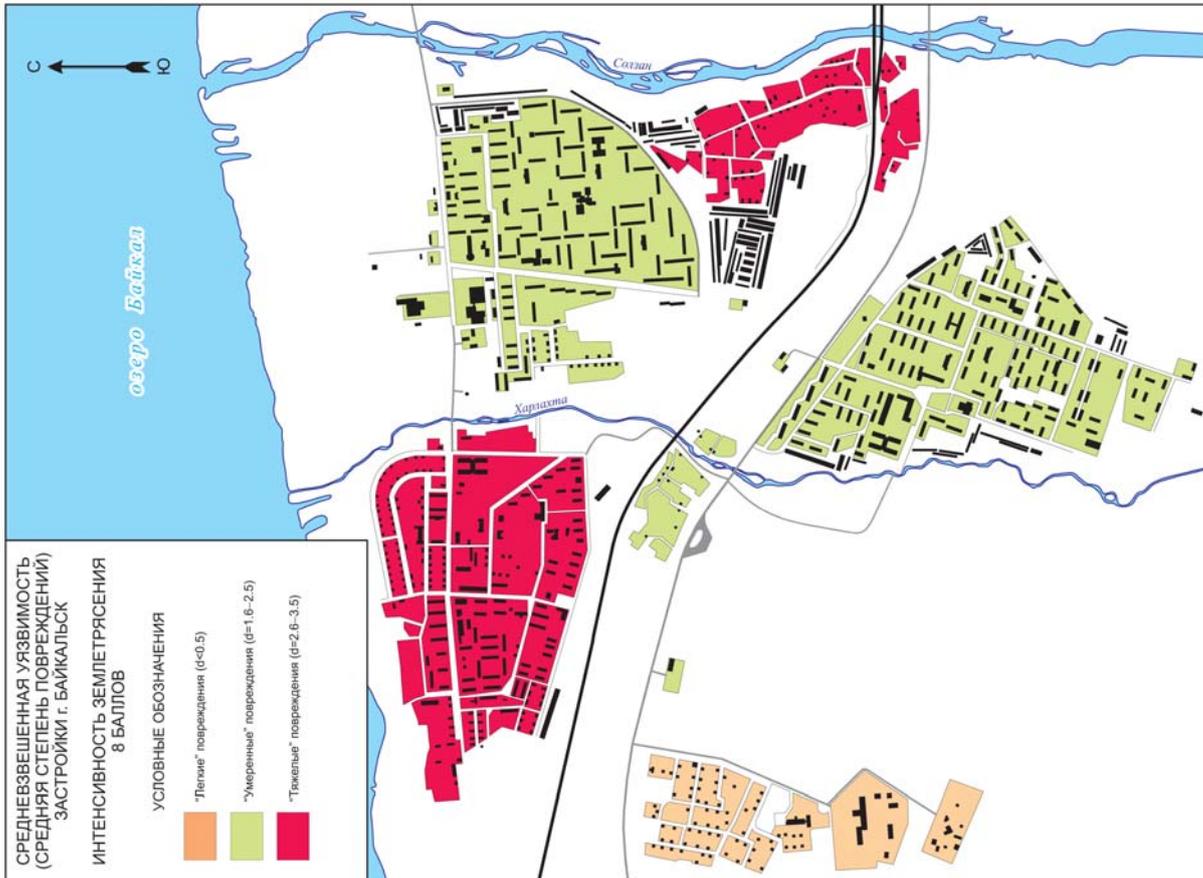


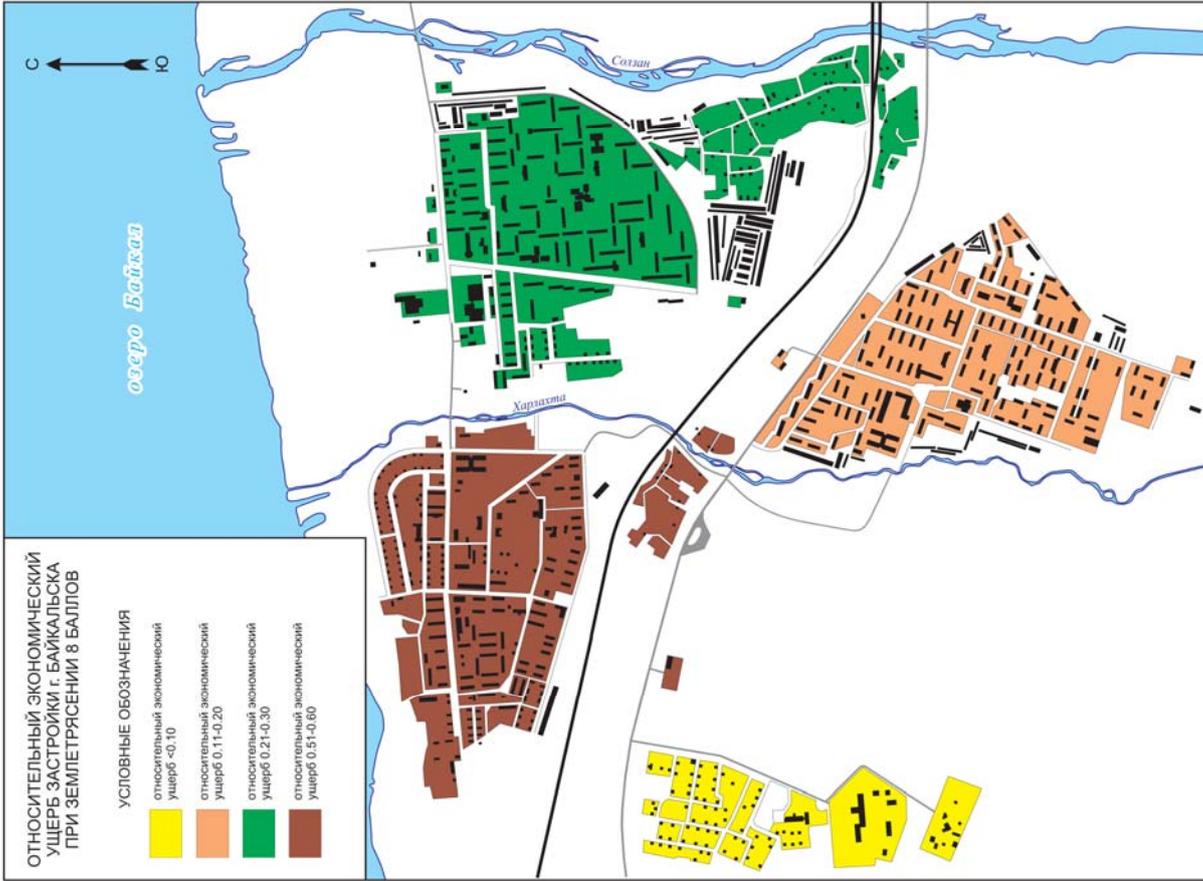
Рис. 12. Карта сейсмического риска г. Байкальска. Относительный экономический ущерб застройки при землетрясении интенсивностью 7 баллов.

Fig. 12. Seismic risk map of Baikalsk with reference to a potential earthquake intensity 7. Estimated economic damage of the town buildings.



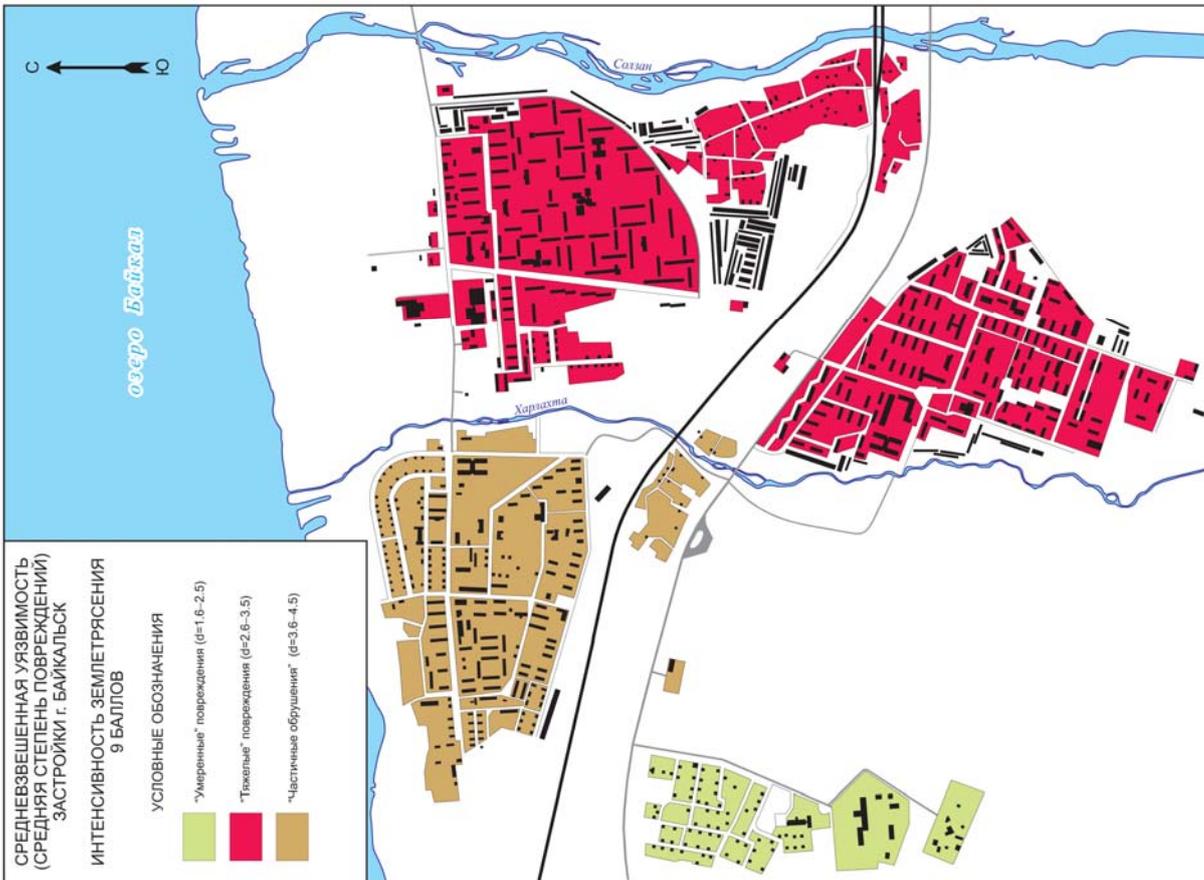
**Рис. 13.** Карта сейсмического риска г. Байкальска. Уязвимость застройки города при землетрясении интенсивностью 8 баллов.

**Fig. 13.** Seismic risk map of the town of Baikalsk, Irkutsk region, Russia with reference to a potential earthquake intensity 8. Susceptibility of the town buildings to seismic effects.



**Рис. 14.** Карта сейсмического риска г. Байкальска. Относительный экономический ущерб застройки при землетрясении интенсивностью 8 баллов.

**Fig. 14.** Seismic risk map of Baikalsk with reference to a potential earthquake intensity 8. Estimated economic damage of the town buildings.



**Рис. 15.** Карта сейсмического риска г. Байкальска. Уязвимость застройки города при землетрясении интенсивностью 9 баллов.

**Fig. 15.** Seismic risk map of the town of Baikalsk, Irkutsk region, Russia with reference to a potential earthquake intensity 9. Susceptibility of the town buildings to seismic effects.



**Рис. 16.** Карта сейсмического риска г. Байкальска. Относительный экономический ущерб застройки при землетрясении интенсивностью 9 баллов.

**Fig. 16.** Seismic risk map of Baikalsk with reference to a potential earthquake intensity 9. Estimated economic damage of the town buildings.

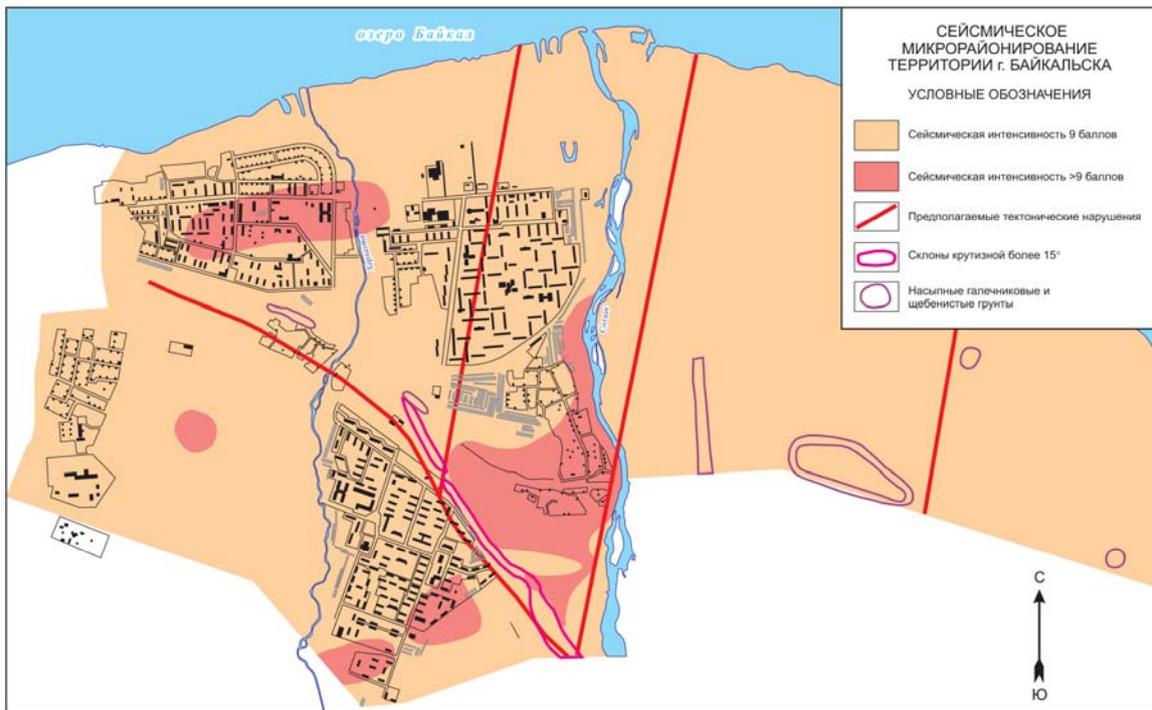


Рис. 17. Карта сейсмического микрорайонирования СМР г. Байкальска (по данным В.П. Солоненко).

Fig. 17. The seismic micro-zonation map of the construction area in the town of Baikalsk, Irkutsk region, Russia (according to data published by V.P. Solonenko).

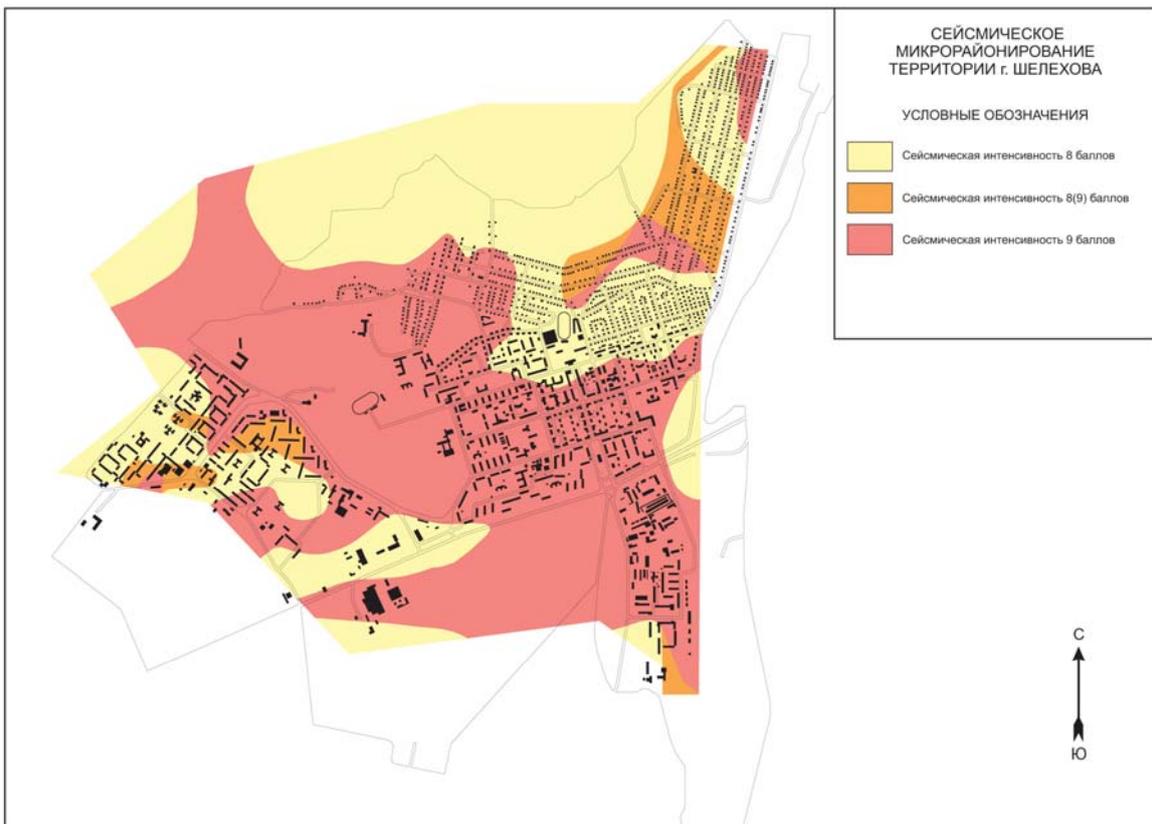


Рис. 18. Карта сейсмического микрорайонирования СМР г. Шелехова (по данным С.И. Голенецкого).

Fig. 18. The seismic micro-zonation map of the construction area in Baikalsk (according to data published by S.I. Golenetsky).



Рис. 19. Первый 3-этажный жилой дом серии 1-335с постройки 1959 г., г. Ангарск.

Fig. 19. The first house of Series 1-335c built in Angarsk in 1959.



Рис. 20. Опытное сейсмоусиление серии 1-335с., г. Ангарск.

Fig. 20. A seismic reinforcement structure of the house of Series 1-335c in Angarsk.

Т а б л и ц а 2. Результаты оценки альтернатив методом МАИ

Table 2. Alternatives assessment results by MAI method

Количество критериев	Альтернативы		
	X1 – снос 1-335с; новое строительство С/стойкость 8 баллов Долговечность 100 лет S-риск $1 \times 10^{-5}$	X2 – косметический ремонт наружных стен С/стойкость 6 баллов Долговечность 20 лет S-риск $20 \times 10^{-5}$	X3 – сейсмоусиление серии 1-335с С/стойкость 7 баллов Долговечность 50 лет S-риск $2 \times 10^{-5}$
5	0.491	0.152	0.357
3	0.495	0.140	0.365
Результат	50 %	15 %	35 %

1-335с в Прибайкалье (1000 объектов), то стоимость реконструкции панельной застройки составит около 90 млрд руб. Это сумма равняется годовому бюджету Иркутской области.

Наихудшую же стратегию – игнорирование превентивных мероприятий – предлагает альтернатива 2 с уровнем предпочтительности 15 %, которая не гарантирует жителям обеспечение сейсмобезопасности в случае стихийного бедствия. К сожалению, эта наихудшая стратегия фактически реализуется в сейсмических районах Иркутской области на протяжении последних двадцати лет.

Применение метода МАИ позволило впервые получить количественные оценки *предпочтительности* вариантов (альтернатив) решения проблемы застройки первых панельных серий в сейсмическом районе: 50 %–15 %–35 % для принятых альтернатив.

3. Натурные испытания системы сейсмоизоляции в виде кинематических фундаментов типа КФ под 9-этажный жилой дом серии 97с в г. Усолье-Сибирском. Техническое решение усиления конструкций заключалось в устройстве металлических связей-подкосов с упруго-фрикционными соединениями с несущими конструкциями нулевого цикла жилого дома. В результате натурных испытаний впервые была получена экспериментальная оценка порога срабатывания системы сейсмоизоляции в виде кинематических фундаментов типа КФ (рис. 21).

## 7. УЧАСТИЕ ЛАБОРАТОРИИ СЕЙМССТОЙКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В ФЕДЕРАЛЬНЫХ И РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОГРАММАХ ПО СЕЙСМОБЕЗОПАСНОСТИ

1. Лаборатория сейсмостойкого строительства приняла участие в выполнении блока НИОКР федеральной целевой программы «Повышение устойчивости жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения в сейсмических районах Российской Федерации на 2009–2018 гг.» (утверждена Постановлением Правительства РФ № 365-пп от 23 апреля 2009 г.).

Лаборатория выступила соисполнителем ПНИИС

по следующим темам НИОКР:

- разработка Проекта национального стандарта Российской Федерации ГОСТ Р «Шкала интенсивности землетрясений» (главный редактор д.ф.-м.н., проф. Ф.Ф. Аптикаев, ИФЗ РАН). Проект шкалы одобрен Протоколом № 2/2013 расширенного заседания Научного совета РАН по проблемам сейсмологии от 28 ноября 2013 г.;

- разработка территориальных схем оценки уровня риска и сейсмостойкости зданий и сооружений;

- мониторинг сейсмического риска на критически важных объектах (КВО);

- развитие экспериментальной базы моделирования сценарных условий воздействия сейсмических проявлений на элементы конструкций зданий и сооружений.

2. Долговременная целевая программа «Повышение устойчивости жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения в сейсмических районах Иркутской области на 2011–2018 гг.» (утверждена Постановлением Правительства Иркутской области № 293-пп от 19 ноября 2010 г.).

Лаборатория выступила ведущим исполнителем по следующим темам НИОКР:

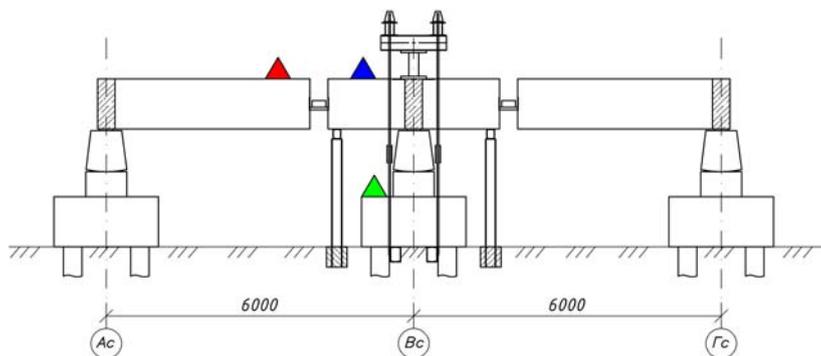
- разработка унифицированных методов и конструктивных решений сейсмоусиления зданий и сооружений; паспортизация застройки сейсмически активных урбанизированных территорий (госконтракт № 517-000-00/11);

- составление карт сейсмического риска городов Ангарска, Шелехова и Байкальска (госконтракт 61-41-19/2013);

- разработка методических рекомендаций по проведению обследования и паспортизации зданий типовой застройки с целью определения их сейсмостойкости и целесообразности сейсмоусиления (госконтракт 61-41-16/2013).

## 8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За время своей более чем 20-летней работы лаборатория сейсмостойкого строительства совместно с дру-



**Рис. 21.** Схема натуральных испытаний системы сейсмоизоляции в виде кинематических фундаментов типа КФ: ▲ – основание; ▲ – фундамент КФ; ▲ – рама.

**Fig. 21.** The scheme of field tests of the seismic protection system represented by kinematic foundations (type KF): ▲ – base; ▲ – foundation KF; ▲ – grid.

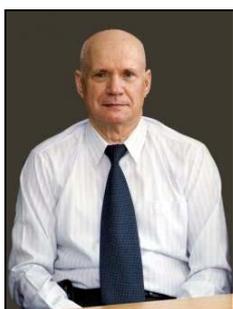
гими лабораториями ИЗК СО РАН и рядом научно-исследовательских организаций сумела создать базу данных по региональной сейсмобезопасности. Проведены крупномасштабные экспериментальные исследования сейсмостойкости региональных типов зданий. Разработана и внедрена методика паспортизации зданий в сейсмических районах Байкальского региона. Лаборатория приняла активное участие в выполнении

блока НИОКР федеральной целевой программы по сейсмобезопасности России, в том числе в разработке Проекта Национального стандарта РФ ГОСТ Р «Шкала интенсивности землетрясений». Заключительным этапом этих работ явилось создание карт сейсмического риска территории, населения и застройки населенных пунктов региона.

## 9. ЛИТЕРАТУРА ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЙ 2009–2013 гг.

- Бержинская Л.П., Бержинский Ю.А. Методы паспортизации зданий в сейсмических районах // *Вопросы инженерной сейсмологии*. 2009. Т. 36. № 2. С. 57–69.
- Бержинская Л.П., Бержинский Ю.А. Уязвимость школьного фонда г. Ангарска в рамках региональной программы по сейсмобезопасности Иркутской области // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2013. № 4. С. 32–35.
- Бержинский Ю.А., Бержинская Л.П. Резервы живучести безригельного каркаса при запроектных воздействиях // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2013. № 3. С. 31–35.
- Бержинский Ю.А., Бержинская Л.П., Иванькина Л.И., Ордынская А.П., Саландаева О.И., Чигринская Л.С., Акулова В.В., Черных Е.Н. Оценка сейсмической надежности жилых и общественных зданий при землетрясении 27.08.2008 на Южном Байкале // *Вопросы инженерной сейсмологии*. 2009. Т. 36. № 1. С. 23–39.
- Бержинский Ю.А., Бержинская Л.П., Иванькина Л.И., Саландаева О.И., Черных Е.Н., Шагун А.Н., Усатый Р.А., Горбач П.С., Киселев Д.В. Реализация комплексной методики паспортизации жилищного фонда на примере г. Шелехова в рамках целевой программы по сейсмобезопасности Иркутской области // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2013. № 2. С. 15–21.
- Бержинский Ю.А., Ордынская А.П., Гладков А.С., Лунина О.В., Бержинская Л.П., Радзиминович Н.А., Радзиминович Я.Б., Имаев В.С., Смекалин О.П., Чипизубов А.В. Опыт применения шкалы ESI 2007 для оценки интенсивности Култукского землетрясения 27.08.2008 г., Южный Байкал // *Вопросы инженерной сейсмологии*. 2009. Т. 36. № 3. С. 5–26.
- Леви К.Г., Бержинский Ю.А. Экспериментальные исследования сейсмостойкости зданий и сооружений в Прибайкалье // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2009. № 1. С. 13–16.
- Леви К.Г., Бержинский Ю.А. Развитие экспериментальной базы моделирования сейсмических воздействий на элементы зданий и сооружений // *Проектирование и строительство в Сибири*. 2011. № 2. С. 29–33.
- Ордынская А.П. Интегральная оценка интенсивности проявлений землетрясений в природной среде и техносфере // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2010. № 5. С. 45–53.

Татьков Г.И., Базаров А.Д., Бержинская Л.П., Демберел С. Сейсмическая надежность жилой застройки г. Улаанбаатара // Вестник ВСГУТУ. 2012. № 1 (36). С. 223–228.



**Бержинский Юрий Анатольевич**, канд. геол.-мин. наук, зав. лабораторией сейсмостойкого строительства  
Институт земной коры СО РАН  
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 128, Россия  
✉ e-mail: [berj@crust.irk.ru](mailto:berj@crust.irk.ru)

**Berzhinsky, Yuri A.**, Candidate of Geology and Mineralogy, Head of the Laboratory of Earthquake-Proof Construction  
Institute of the Earth's Crust, Siberian Branch of RAS  
128 Lermontov street, Irkutsk 664033, Russia  
✉ e-mail: [berj@crust.irk.ru](mailto:berj@crust.irk.ru)