

УДК 550.34

ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА ТЕРРИТОРИИ г. Б. СОЧИ

© 2015 г. В. И. Осипов*, В. И. Ларионов*, С. П. Суцев**, Н. И. Фролова*,
А. Н. Угаров*, С. В. Кожаринов*, Т. В. Барская*

* Институт геоэкологии им Е.М. Сергеева РАН,

Уланский пер., д. 13, стр. 2, Москва, 101000 Россия. E-mail: frolova@comail.ru

** Центр исследований экстремальных ситуаций, Подколокольный переулок, д. 16/2,
Москва, 109028 Россия.

Поступила в редакцию 10.06.2014 г.

Среди других природных катастроф сильные землетрясения часто приводят к гибели людей и значительным экономическим ущербам. Согласно статистике Международного центра эпидемиологии катастроф (www.cred.be) землетрясения остаются среди лидеров по всем показателям: количеству погибших, пострадавших и причиненному экономическому ущербу.

Признанная в мире стратегия снижения ущерба и социальных потерь – превентивные мероприятия в зонах повышенного риска, для выявления которых применяется картирование с различной детальностью.

В России около 5% территории относятся к зонам повышенной сейсмической опасности, где интенсивность сотрясений может достигать 8–9 и 9–10 баллов по шкале ММСК-86, один из наиболее опасных и густонаселенных регионов страны – Кавказский. В связи с проведением в 2014 г. Олимпийских игр были выполнены работы по оценке сейсмического индивидуального риска г. Б. Сочи, включая территории размещения объектов Олимпийского комплекса. Анализируются результаты мониторинга сейсмического риска, полученные в 2007 и 2013 гг.

Ключевые слова: сейсмический риск, уязвимость элементов риска, дистанционное зондирование Земли, фотопанорама.

ВВЕДЕНИЕ

Оценка и картирование сейсмического риска осуществляются с учетом интересов органов управления различного уровня и используются при принятии решений о проведении превентивных мероприятий по снижению уровня риска для населения.

Надежность оценок сейсмического риска зависит как от параметров математических зависимостей, используемых для моделирования поведения зданий и сооружений различного типа и возможного числа пострадавших в поврежденных зданиях, так и от достоверности исходных данных, используемых для расчета потерь от землетрясений.

В настоящей статье рассматривается общая концепция оценки сейсмического риска и уязвимости элементов риска. Особое внимание уделяется процедуре уточнения сейсмической уязвимости существующей застройки города с использованием материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и фотопанорам, размещенных на веб-сайтах информационных служб. Анализируются результаты мониторинга

сейсмического риска для территории г. Б. Сочи, полученные в 2007 и 2013 гг. Оценена величина снижения риска за счет сноса ветхого жилья и нового сейсмостойкого строительства.

КОНЦЕПЦИЯ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА

При проведении расчетов сейсмического риска в Российской Федерации (РФ), как и в большинстве стран мира, придерживаются единой концепции, принятой и описанной в руководствах ООН, а также трудах международных и европейских конференций по инженерной сейсмологии и сейсмостойкому строительству [17, 21–23, 36–41, 43]. Согласно этой концепции 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.).

В Руководстве по оценке и картированию природного риска на территории стран Европейского Союза (ЕС), подготовленным специальной

рабочей группой Европейской Комиссии (ЕК) и опубликованым 5.01.2011 г. на сайте Совета министров ЕС (<http://register.consilium.europa.eu/pdf/en/10/st17/st17833.en10.pdf>) [42], предложенная экспертами ООН концепция нашла дальнейшее развитие.

Концепция, предложенная экспертами ООН, легла в основу методики оценки сейсмического риска в РФ – “Методики прогнозирования последствий землетрясений”, одобренной Межведомственной комиссией по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций (МВК, протокол от 19.01.2001 г. № 1) [9].

В качестве наиболее приемлемых критериев оценки степени опасности для жизни, здоровья и благосостояния людей используются оценки индивидуального риска [1, 3–8, 10–12, 14,15, 18–20, 24–35, 42]. Индивидуальный сейсмический риск R_s определяется в настоящей статье как вероятность смертельного исхода за год при землетрясении на рассматриваемой территории.

Индивидуальный сейсмический риск R_s является суперпозицией сейсмической опасности H и сейсмической уязвимости V_s . Уязвимость населения для сейсмической опасности в настоящей статье определяется как отношение ожидаемого количества погибших к общему количеству людей, размещенных в однотипных зданиях и/или в зданиях различных типов населенного пункта в целом. Индивидуальный сейсмический риск R_s может быть рассчитан через математическое ожидание социальных потерь $M(N)$ с учетом общего количества жителей N в рассматриваемом населенном пункте и вероятности сейсмического события H :

$$R_s = H \cdot V_s(I) = H \cdot M(N)/N, \quad (1)$$

где $V_s(I)$ – сейсмическая уязвимость населения для рассматриваемого населенного пункта; H – вероятность сейсмического события в течение года; N – общее число жителей в рассматриваемом населенном пункте.

Сейсмическая уязвимость населения $V_s(I)$ в зданиях j -го типа равна отношению ожидаемого числа пораженных с летальным исходом $M(N_j)$ с учетом распределения людей в них в течение суток к общему числу людей N_j в зданиях рассматриваемого типа j [2]:

$$V_{sj}(I) = M(N_j)/N_j. \quad (2)$$

Уязвимость населения $V_s(I)$ в зданиях разного типа равна отношению ожидаемого числа пора-

женных с летальным исходом $M(N)$ в населенном пункте к их общему числу N :

$$V_s(I) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^m M(N_j) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^m V_{sj}(I) N_j. \quad (3)$$

Математическое ожидание $M(N_j)$ числа пораженных с летальным исходом в зданиях j -го типа при равномерном размещении людей по населенному пункту в целом и с учетом миграции населения определяется по формуле

$$M(N_j) = \iint_{S_c} \int_{I_{\min}}^{I_{\max}} P_{cj}(I) \cdot f(x, y, I) \times \Psi_j(x, y) \cdot f(t) dI dx dy, \quad (4)$$

где I_{\min} и I_{\max} – максимально и минимально возможные интенсивности сотрясений; S_c – площадь населенного пункта; $P_{cj}(I)$ – вероятность смертельного исхода при условии повреждения зданий j -го типа от сейсмического воздействия с интенсивностью I ; $f(x, y, I)$ – плотность вероятности случайной величины I в точке с координатами x, y ; $\Psi_j(x, y)$ – плотность населения в зданиях j -го типа в пределах рассматриваемой площадки; $f(t)$ – функция, характеризующая размещение людей в зданиях в течение суток, получаемая на основе статистической обработки информации по перемещению людей в течение 24 часов. Расчет $P_{cj}(I)$ проводится по формуле

$$P_{cj}(I) = \sum_{i=1}^5 P_{Bi}(I) \cdot P(C_j|B_i) \quad (5)$$

где $P_{cj}(I)$ – вероятность поражения людей при землетрясении интенсивностью I ; $P_{Bi}(I)$ – вероятность наступления i -ой степени повреждения здания при заданном значении интенсивности землетрясения; $P(C_j|B_i)$ – вероятность получения людьми j -й степени поражения при условии, что наступила i -я степень повреждения здания.

Расчет $P_{cj}(I)$ проводится для зданий и сооружений, классифицированных по шкале MMSK-86 [16]:

- тип А – здания со стенами из местных строительных материалов (глинобитные без каркаса, из самана или сырцового кирпича);
- тип Б – здания с деревянным каркасом с заполнителем из самана или глины и легкими перекрытиями; здания из жженого кирпича или бетонных блоков на цементном растворе; деревянные щитовые дома;

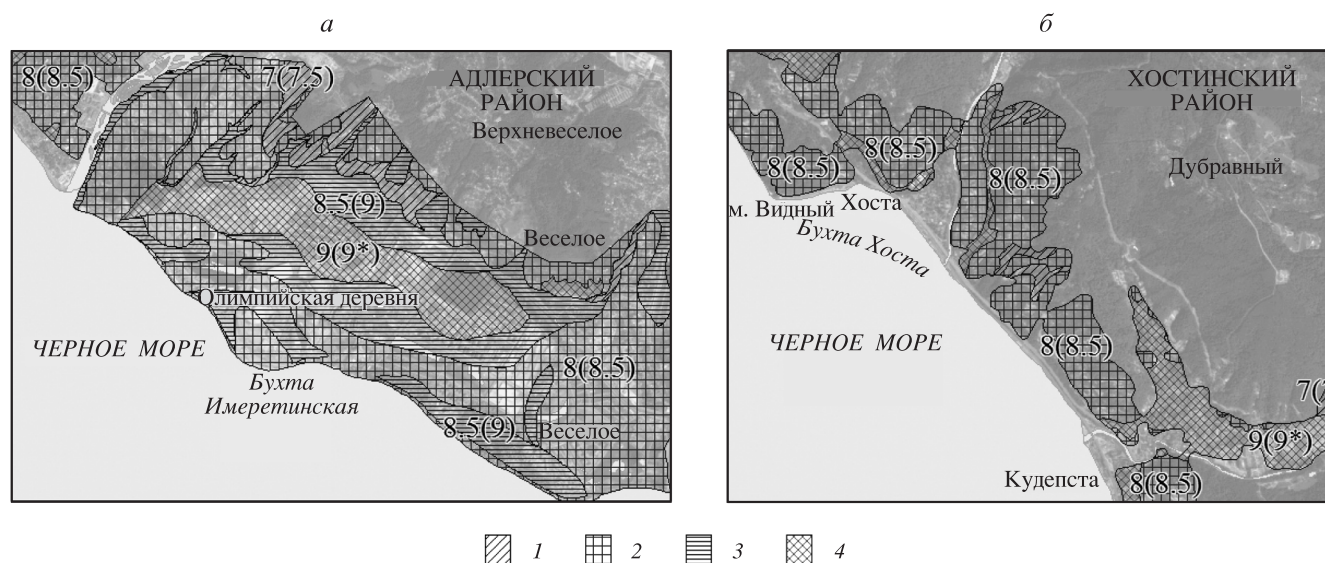


Рис. 1. Фрагменты карты СМР для Адлерского (а) и Хостинского (б) районов г. Б. Сочи: 1 – $I = 7(7.5)$; 2 – $I = 8(8.5)$; 3 – $I = 8.5(9)$; 4 – $I = 9(9^*)$.

- тип В – рубленые деревянные дома в “лапу”. Железобетонные, каркасные, крупнопанельные и армированные крупноблочные дома;

- типы С7, С8, С9 – здания и типовые сооружения всех видов с антисейсмическими мероприятиями для расчетной сейсмичности 7, 8 и 9 баллов соответственно.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ, ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ПРИ ОЦЕНКЕ РИСКА

При оценке риска для г. Б. Сочи в качестве элементов риска рассматривались жилая и промышленная застройка и население города. Для проведения расчетов и построения карт сейсмического риска для территории города был разработан ГИС проект, включающий: базу данных с информацией, описывающей свойства территории Б. Сочи, включая территорию размещения объектов Олимпийского комплекса; программные средства, предназначенные для вычисления показателей риска; интерфейс, с помощью которого формируется тематическая карта и текстовый отчет установленной формы. Базы данных содержат информацию, описывающую географическое положение территории, ее структуру, основные ориентиры и форму границ. Тематическое содержание базы данных представлено пространственной информацией, описывающей границы зон разной балльности в соответствии с картой сейсмического микрорайонирования (СМР) территории города, включая участки расположения Олимпийских объектов в районе Имеритинской низменности (Адлер) в масштабе 1 : 25 000, разработанной Институтом

геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН (ИГЭ РАН), границы кварталов города с однотипными моделями застроек (процент зданий разного типа по шкале ММСК-86 и их средние высоты) и описанием распределения населения в кварталах города. Все элементы блока имеют географическую привязку или координатное описание границ.

На рис. 1 приведены фрагменты карт СМР для Адлерского (рис. 1а) и Хостинского (рис. 1б) районов города, на рис. 2 приведены диаграммы распределения площадей административных районов города с разным уровнем прогнозируемой интенсивности для $T = 500$ лет и $T = 1000$ лет в соответствии с картами СМР территории города. Приводятся значения сейсмической интенсивности I в баллах для объектов массовой застройки, период повторяемости сотрясений $T = 500$ лет и в скобках приводятся значения сейсмической интенсивности I в баллах для объектов повышенной ответственности, период повторяемости сотрясений $T = 1000$ лет.

В пределах одного квартала города сейсмичность оценивается однозначно. Кварталы выделяются таким образом, что каждому приписывается одна характеристика сейсмической интенсивности со своим периодом повторяемости.

При проведении расчетов риска на разных этапах в 2007, 2011 и 2013 гг. уточнялась и изменялась в базе данных информация о распределении элементов риска и их уязвимости от сейсмических воздействий. В качестве исходной информации о паспортизации застройки г. Б. Сочи использовались данные, полученные в рамках ФЦП “Создание

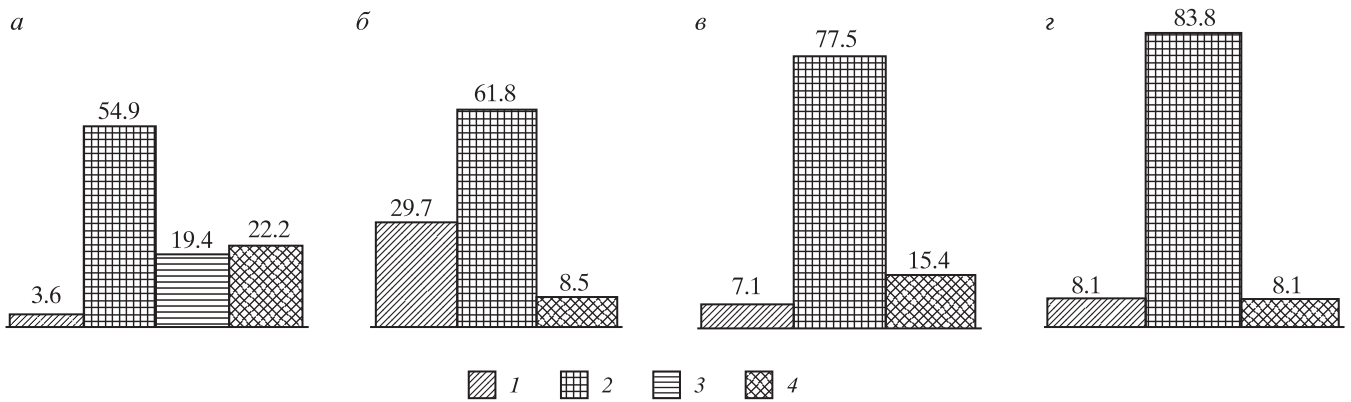


Рис. 2. Диаграммы распределения площадей административных районов города с разным уровнем опасности в соответствии с картами СМР, %: 1 – $I = 7(7.5)$; 2 – $I = 8(8.5)$; 3 – $I = 8.5(9)$; 4 – $I = (9^*)$; район: а – Адлерский, б – Лазаревский, в – Хостинский, г – Центральный.

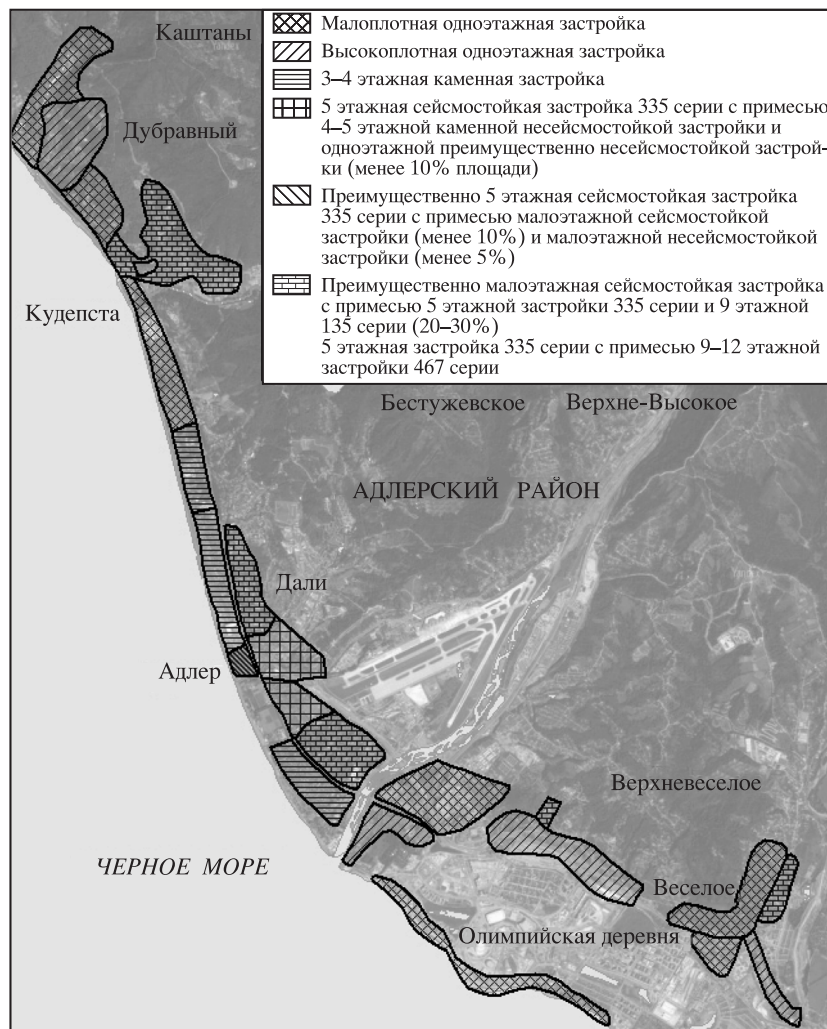


Рис. 3. Результаты паспортизации застройки г. Б. Сочи по материалам [13].

Федеральной системы сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений” [13]. На рис. 3 показан фрагмент карты с характеристикой однородной жилой застройки в пределах города.

Рассматривалось несколько типов зданий, каждый из которых характеризовался своей степенью сейсмической уязвимости. Дальнейшая актуализация этих данных выполнялась на основе

дешифрирования космических снимков высокого разрешения и с учетом информации из генплана города с включением Олимпийских объектов о строящихся и планируемых гостиницах и жилых многоквартирных зданиях на территории города в соответствии с ФЦП “Развитие г. Сочи как горноклиматического курорта (2006–2014 годы)”. На рис. 4 показаны фрагменты космических снимков для Адлерского и Хостинского районов. Основные прямые дешифровочные признаки, использовавшиеся при оценке класса уязвимости зданий: форма, размеры, величина отбрасываемой тени, структура изображения и ширина проездов.

Опыт использования космических снимков для уточнения уязвимости застройки г. Б. Сочи и других населенных пунктов в сейсмоопасных регионах мира позволил выявить дешифровочные признаки (табл. 1) для определения классов уязвимости групп зданий, объединенных в кварталы с однородной застройкой. Технология оценки уязвимости по материалам ДЗЗ приведена на рис. 5.

Для описания классов уязвимости по шкале MMSK-86 использовались следующие признаки, объединенные в группы: тип конструкции, строительный материал и наличие антисейсмических мероприятий (рис. 6). Для отнесения объекта к тому или иному классу уязвимости использовались прямые и косвенные признаки, приведенные на рис. 7 и табл. 1.

На разных этапах работ по актуализации застройки г. Б. Сочи использовалась проектная информация о застройке и космические снимки, позволяющие определить долю застройки различного типа по шкале MMSK-86 [16]. На заключительном этапе 2013 г. для компенсации возможных погрешностей в определении класса уязвимости по космоснимкам актуализация данных выполнена с использованием материалов ДЗЗ и “фотопанорам”. В следующем разделе приводится описание процесса дешифрирования фотопанорам.

СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ И ФОТОПАНОРАМ ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОЙ УЯЗВИМОСТИ ЗАСТРОЙКИ

Экспериментальные исследования показали, что совместное использование космических снимков и фотопанорам позволяет повысить надежность отнесения здания к классу уязвимости застройки по шкале MMSK-86 в 2 раза по срав-



Рис. 4. Фрагмент космоснимка для: а – Адлерского района, ул. Кирова; б – Хостинского района, ул. Бзугу.

Таблица 1. Дешифровочные признаки для оценки сейсмической уязвимости зданий

Тип зданий по ММСК-86	Описание типов по шкале EMS-98	Отличительные признаки, дешифрируемые на снимках
Тип А: А1, А2	Бутовый камень, полевой камень Саман (земляной кирпич, адоба) Простой камень	Размеры зданий не превышают 15 м Сравнительно небольшое расстояние между домами и сравнительно узкие проезды, наличие мелких хозяйственных построек, протяженность населенного пункта не более 2 км, периферийное положение малоэтажных кварталов относительно центра НП
Тип Б: Б1, Б2	Массивный камень Неармированная кладка (кирпич/бетонные блоки) Неармированная кладка (кирпич) с ж/б перекрытиями	Средние размеры зданий 10–15 м, максимальные размеры зданий – до 50 м, этажность: средняя – 2–3, максимальная – 5; исторические части малых и средних городов
Тип В	Кирпичная кладка, кладка из мелких легкбетонных блоков с конструктивным армированием Ж/б без антисейсмических мероприятий	Средние размеры зданий 30–40 м, этажность: средняя – 5, максимальная – 9–12; плоские крыши, много подъездов, значительные расстояния между отдельными строениями, наличие элементов инфраструктуры внутри кварталов, новостройки, компактная застройка в микрорайонах
Тип С7	Ж/б с минимальным уровнем антисейсмических мероприятий Кирпичная кладка комплексной конструкции с ж/б перекрытиями Крупнопанельные, каркасно-панельные, крупноблочные здания Здания с несущими конструкциями из монолитного бетона Деревянные здания	Средние размеры зданий 30–40 м, Максимальная этажность – 6 этажей Этажность: средняя – 5, максимальная – 9–12; плоские крыши, много подъездов Этажность не ограничена, сечения конструкций определяются из расчёта на нагрузки 7 баллов Средние размеры зданий 8–10 м, Средняя этажность – 1, иногда 2 этажа; характерные двухскатные крыши; приусадебные постройки
Тип С8	Здания из монолитного бетона со средним уровнем антисейсмических мероприятий Крупнопанельные здания Каркасные с диафрагмами и навесными ограждающими стенами	Этажность не ограничена, сечения конструкций определяются из расчёта на нагрузки 8 баллов Этажность: средняя – 5, максимальная – 9–12; плоские крыши, много подъездов
Тип С9	То же, что С8 и здания с металлическим или ж/б каркасом с диафрагмами жесткости, навесными панелями из различных материалов	Новые нетиповые здания, построенные в сейсмоопасной зоне, характеризующейся соответственной сейсмичностью, по индивидуальным проектам

**Рис. 5.** Блок-схема процедуры дешифрирования.

Конструкция	Материал	Антисейсмическое усиление
Кладка	Саман, земляной кирпич, адоба	На 7 баллов
Кладка с армированием	Необработанный камень	На 8 баллов
Кладка с включением крупных блоков	Обработанный камень	
Сруб	Массивный камень	На 9 баллов
Деревянный каркас	Бетонные блоки	
Отливка в опалубке	ЖБ элементы: панели перекрытия	
Сварка	Монолитный ЖБ	
	Стальные конструкции	
	Кирпич	

Рис. 6. Признаки, используемые для определения класса сейсмической уязвимости.

нению с анализом только космоснимков высокой разрешающей способности.

В настоящее время фирмы, разрабатывающие картографические сервисы и обеспечивающие публикацию детальных карт населенных пунктов в сети INTERNET, публикуют также наземные снимки фасадов зданий. Российская IT-компания “Яндекс”, основное направление деятельности которой – разработка поискового механизма, создала наиболее популярный в Российской Федерации (РФ) картографический портал, поддерживающий публичную функцию “фотопанорамы” улиц населенных пунктов и федеральных автомобильных трасс РФ. Используя сервис “фотопанорамы”, были получены фотографии фасадов зданий г. Б. Сочи и уточнены такие параметры, как этажность, материал застройки, конструктивные особенности, в отдельных случаях – “типовой проект”. Основным недостатком метода фотопанорам – трудность обнаружения многих дефектов зданий, скрытых за стенами и отделочными работами на фасадах.

Использованный в настоящей работе метод можно отнести к этапам обследования, предше-

Прямые (видны на снимках)	Косвенные (из описаний)
Видимые особенности фасада и крыши	Сейсмичность территории
Текстура фасадов	Дата застройки
Размеры основания, этажность, количество подъездов	ВВП на душу населения
Расстояние между зданиями	Климатическая зона
Социальная функция	

Рис. 7. Дешифровочные признаки для оценки класса сейсмической уязвимости.

ствующим общему наземному обследованию зданий, дополнительно включающему определение его конструктивной схемы, выявление и оценка состояния несущих конструкций по этажам и их расположение, анализ планировочных решений в сочетании с конструктивной схемой зданий и другие работы. По своей надежности метод оценки класса уязвимости по шкале MMSK-86 (сейсмической уязвимости зданий), основанный на совместном применении космических снимков, обладающих высокой разрешающей способностью, и фотопанорам (фотографий фасадов зданий), занимает промежуточную позицию между методом дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и наземным обследованием зданий. Основные привлекательные стороны этого метода:

- оперативность получения информации, которая достигается за счет использования готовых фотопанорам и высокой скорости фотографирования при их получении с движущегося автомобиля, оснащенного приемником навигационного сигнала глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и панорамной камерой;

- сравнительно низкая стоимость получаемых данных при достаточно высокой надежности метода, соответствующей требованиям оценки сейсмического риска для урбанизированных территорий средней и высокой детальности.

На протяжении последних лет съемка панорамными камерами фасадов зданий в населенных пунктах городов РФ производится регулярно. Согласно публикаций (<http://www.vesti.ru>), в РФ съемка фотопанорам производится для сервиса “Street View”, принадлежащего Google и сервиса “Панорамы” фирмы “Yandex”. В настоящее время сервисом “Street View” охвачено 30 стран мира, в том числе отдельные города РФ: Москва; города Подмосковья и Санкт-Петербург. Фирма “Yandex” распространила свой сервис на 200 городов РФ, а также Казахстана, Турции и Украины. “Фотопанорамы”, которые формируются, а затем привязываются к картам, являются публичными и могут быть использованы в различных целях, в том числе для получения и оперативного уточнения характеристик сейсмостойкости.

В разные годы на территории г. Б. Сочи выделялись кварталы с однотипной застройкой с указанием доли зданий типа Б, В, С7, С8, С9 по шкале MMSK-86 и их средних высот. На завершающем этапе процедура уточнения застройки для 80 ранее выделенных кварталов города состояла в периодическом просмотре фотопанорам и их дешифрировании. На рис. 8 и в табл. 2 показаны варианты оценки параметров городской

застройки по материалам обследования в 2007, 2011 и 2013 гг. с указанием доли сейсмостойких (типы Б и В) и сейсмостойких зданий (типы С7, С8, С9).

Анализ табл. 2 показывает, что совпадение 2-х вариантов (2011 и 2013 гг.) наблюдается для 45 из 80 кварталов города. Совпадение 3-х вариантов (2007, 2011 и 2013 гг.) наблюдается для 15 из 80 кварталов города. Значительно уменьшился процент сейсмостойких зданий в варианте 2013 г. по сравнению с предыдущими вариантами для кварталов № 3, 6, 27, 37, 38, 59, 61 и 77.

На рис. 9–10 показаны фрагменты фотопанорам г. Б. Сочи (<http://maps.yandex.ru/>).

Пример наиболее распространенной несущей конструкции возводимых в г. Б. Сочи зданий: каркас из монолитного бетона (рис. 9а). Армирование колонн и плит перекрытия подбирается с учетом расчетной сейсмической нагрузки для зон сейсмичностью 7–9 баллов. Сейсмостойкость жилых зданий из крупных панелей обеспечивается большим количеством связей между вертикальными и горизонтальными элементами – панелями. Этот же тип зданий широко распространен в г. Б. Сочи в кварталах 31 и 73, в которых 90 и 80% застройки соответственно отнесено к сейсмостойким типам зданий (рис. 9б). 95% застройки в квартале 65 отнесено к сейсмостойким типам зданий (классы уязвимости С7, С8 и С9 по шкале MMSK-86) – жилые дома с несущим железобетонным каркасом и наружными стенами из легкобетонных мелких блоков (рис. 9в).

На рис. 10а приведен пример производственного здания на ул. Пирогова (квартал 77) с несущими стенами из мелкоштучных материалов – кирпича или блоков. В квартале 60% застройки отнесено к несейсмостойким типам зданий. Здание уязвимо при землетрясениях выше 6 баллов. Ветхие строения с высоким уровнем уязвимости (рис. 10б) в квартале 61 (70% застройки – несейсмостойкие типы зданий). При отсутствии элементов усиления кладки такие здания получают повреждения разной степени тяжести при землетрясениях 6–7 баллов. Еще одно здание с высокой проемностью наружных стен, которое характеризуется высокой повреждаемостью уже при 7-балльном землетрясении, показано на рис. 10в.

Несмотря на эффективность оценки сейсмической уязвимости строений г. Б. Сочи с использованием фотопанорам и космических снимков, выполненной в рамках настоящего исследования, следует также отметить выявленные трудности при определении класса уязвимости зданий в случаях, когда после проведения ремонтных ра-

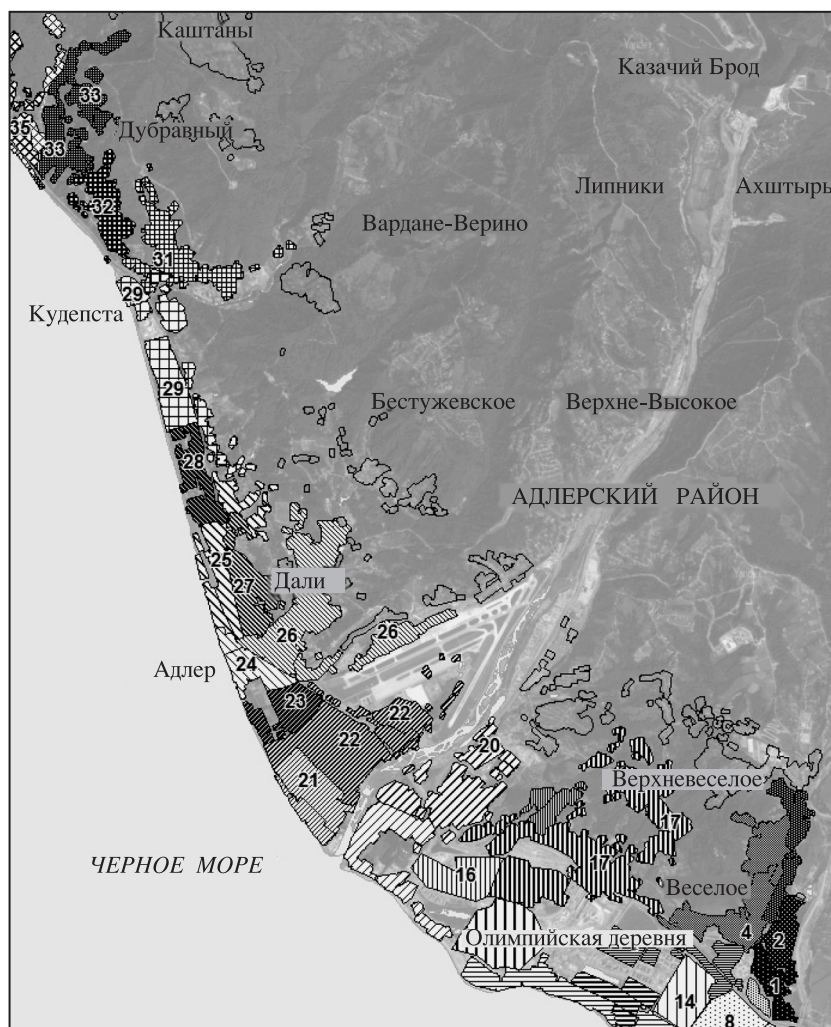


Рис. 8. Характеристика застройки Адлерского района г. Б. Сочи (номера зон см. табл. 2).

бот конструктивные особенности здания скрыты отделкой фасада. Имеются также примеры, что применение современных отделочных строительных материалов при ремонте наружных и внутренних конструкций зачастую не позволяет в дальнейшем произвести визуальную оценку сейсмостойкости объекта без специального обследования. На рис. 10г приведен пример здания на ул. Горького, в котором несущие стены утеплены и закрыты облицовочными плитами. Такое здание может быть отнесено к классу уязвимости Б в случае кирпичной конструкции и к классу В – в случае использования армированного кирпича.

Несмотря на ряд трудностей, встретившихся при проведении исследований, эксперты в области сейсмостойкого строительства отмечают достаточно высокую эффективность примененного метода, выделяя его оперативность и надежность.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА

Выполненные в 2013 г. исследования по уточнению классов уязвимости застройки г. Б. Сочи позволили провести расчеты индивидуального сейсмического риска для г. Б. Сочи, включая территорию размещения объектов Олимпийского комплекса, а также построить карты риска средней детальности.

Для определения показателей риска были реализованы следующие этапы:

- оценка количественных характеристик сейсмической опасности для каждого района с однотипной застройкой;
- поквартальная оценка классов уязвимости застройки в соответствии со шкалой ММСК-86; уточнение функций уязвимости застройки с учетом региональных особенностей;

Таблица 2. Сравнение различных вариантов застройки по кварталам

№ квартала	Вариант 2013 года		Вариант 2011 года		Вариант 2007 года	
	строения, %		строения, %		строения, %	
	несейсмостойкие	сейсмостойкие	несейсмостойкие	сейсмостойкие	несейсмостойкие	сейсмостойкие
1	100	0	100	0	100	0
2	10	90	0	100	–	–
3	90	10	0	100	0	100
4	100	0	100	0	100	0
5	100	0	100	0	100	0
6	90	10	0	100	–	–
7	0	100	0	100	–	–
8	20	80	0	100	–	–
9	0	100	0	100	–	–
10	100	0	100	0	100	0
11	50	50	0	100	100	0
12	10	90	0	100	–	–
13	30	70	0	100	–	–
14	0	100	0	100	–	–
15	0	100	0	100	–	–
16	10	90	0	100	–	–
17	95	5	95	5	100	0
18	0	100	0	100	0	100
19	97	3	97	3	100	0
20	85	15	95	5	100	0
21	77	23	77	23	80	20
22	30	70	0	100	0	100
23	25	75	25	75	30	70
24	20	80	0	100	0	100
25	100	0	100	0	100	0
26	65	35	65	35	70	30
27	70	30	0	100	0	100
28	95	5	95	5	95	5
29	40	60	0	100	100	0
30	10	90	100	0	100	0
31	10	90	0	100	0	100
32	100	0	100	0	100	0
33	10	90	10	90	10	90
34	40	60	40	60	40	60
35	95	5	95	5	100	0
36	97	3	97	3	100	0
37	90	10	0	100	0	100
38	80	20	0	100	0	100
39	100	0	100	0	100	0
40	0	100	0	100	0	100
41	90	10	100	0	20	80
42	0	100	0	100	100	0
43	100	0	100	0	30	70
44	100	0	100	0	0	100
45	10	90	10	90	40	60
46	90	10	90	10	100	0
47	30	70	30	70	20	80
48	0	100	0	100	100	0
49	100	0	100	0	30	70

Таблица 2 (окончание)

№ квартала	Вариант 2013 года		Вариант 2011 года		Вариант 2007 года	
	строения, %		строения, %		строения, %	
	несейсмостойкие	сейсмостойкие	несейсмостойкие	сейсмостойкие	несейсмостойкие	сейсмостойкие
50	100	0	100	0	100	0
51	20	80	20	80	30	70
52	75	25	75	25	100	0
53	90	10	90	10	20	80
54	45	55	30	70	30	70
55	30	70	100	0	0	100
56	100	0	100	0	100	0
57	30	70	30	70	15	85
58	100	0	100	0	100	0
59	70	30	0	100	0	100
60	29	71	27	73	20	80
61	70	30	0	100	30	70
62	100	0	100	0	30	70
63	15	85	15	85	25	75
64	75	25	85	15	85	15
65	5	95	0	100	90	10
66	10	90	10	90	100	0
67	15	85	5	95	30	70
68	15	85	5	95	100	0
69	50	50	30	70	50	50
70	85	15	100	0	0	100
71	25	75	25	75	100	0
72	85	15	85	15	100	0
73	20	80	100	0	100	0
74	90	10	100	0	100	0
75	50	50	50	50	100	0
76	90	10	100	0	30	70
77	60	40	100	0	0	100
78	100	0	0	100	100	0
79	30	70	0	100	0	100
80	0	100	0	100	0	100

• оценка возможных социальных потерь (распределение числа погибших для каждого квартала с однотипной застройкой) при реализации конкретного сценария с его вероятностью;

• оценка вероятности гибели одного человека за год, исходя из прогнозируемых периодов $T = 500$ лет и $T = 1000$ лет.

При определении показателей риска использовался вероятностный подход. Учитывалось, что объем повреждений и разрушений в основном определяется двумя факторами: сейсмическим воздействием и сопротивлением элементов риска этому воздействию – зданиями разного типа.

Реакция зданий разного типа на сейсмическое воздействие оценивалась функциями уязвимости.

При этом учитывалось, что при воздействии одинаковых сейсмических нагрузок на однотипные здания существует некоторая вероятность получения зданиями разных степеней повреждений, что обусловлено разбросом прочности материалов, отклонением строительных конструкций от проектных размеров, различием условий изготовления элементов и другими факторами.

При оценке риска учитывалось, что поражение людей зависит как от перечисленных факторов, так и от ряда других случайных событий. В частности, от вероятности размещения людей в зоне риска, плотности расселения в пределах кварталов с однотипной застройкой. Поражение людей при повреждении и разрушении зданий оценивалось с использованием параметрических



Рис. 9. Типичный каркас сейсмостойких новостроек в г. Б. Сочи (а); жилые дома: из крупных панелей в квартале 31 (б) и с несущим железобетонным каркасом в квартале 65 (в). Класс уязвимости С7-С9.

функций. Принималась гипотеза, что человек может пострадать при получении зданиями одной из степеней повреждения: легкой, умеренной, тяжелой, частичного разрушения или обвала, обрывающих полную группу событий.

Расчеты риска проводились для отдельных типов зданий внутри кварталов с однотипной застройкой, затем полученные оценки усреднялись по кварталу в целом с учетом высоты зданий и количества жителей. При построении карт в соответствии с уровнем риска квартал окрашивался в определенный цвет (табл. 3). Полученные оценки риска варьируют от значений менее $1.0 \cdot 10^{-5}$ до весьма высоких, равных $30.0 \cdot 10^{-5}$ и более. Величина риска непосредственно связана со значениями прогнозируемой интенсивности землетрясений и ее вероятности, а также уязвимостью застройки зданий и сооружений. Шестиступенча-

тая шкала значений риска позволяет обоснованно принимать управленческие решения, опираясь на визуальное восприятие обстановки. В районах со значениями риска более $1.0 \cdot 10^{-4}$ необходимо принимать специальные меры по снижению уровня риска.

На рис. 11 приведены фрагменты карт индивидуального сейсмического риска, построенные с использованием карты СМР для г. Б. Сочи, период повторяемости $T = 500$ лет (ОСР-1997А) и период повторяемости $T = 1000$ лет (ОСР-1997В), совмещенные с космическим снимком.

Анализ полученных значений риска показывает, что заметно уменьшилась территория города, характеризующаяся повышенным уровнем риска (более $30 \cdot 10^{-5}$) по сравнению с оценками 2007 г. (табл. 4). Территория города с неприемлемым уровнем риска уменьшилась в 4.4 раза. Доля застроенной территории с неприемлемым уровнем риска (более $1 \cdot 10^{-4}$) составляет 8.8% в 2013 г. по сравнению с 38.9% – в 2007 г. Этот факт уменьшения риска объясняется повышением общего уровня сейсмостойкости застройки города в связи со строительством Олимпийских объектов и соответствующей инфраструктуры.

В соответствии с концепцией Генерального плана городского округа “Город Сочи” (<http://arch-sochi.ru/2009/07/genplan/>) планируется наиболее интенсивное развитие Лазаревского района города (рис. 12). Согласно карте СМР территории города 99.4% территории района характеризуются уровнем сейсмической опасности $I = 8$ и 9 баллов, где проживает более 90% населения. Согласно современным оценкам сейсмического индивидуального риска 91.2% территории города характеризуется уровнем риска, равным и меньше $1.0 \cdot 10^{-5}$. В планах дальнейшего развития территории необходимо учесть мероприятия по его снижению. Эффективность соответствующих мероприятий должна быть определена методами моделирования.

Всего в г. Б. Сочи к 2032 г. запланирован рост численности постоянного населения на 29% (рис. 13) с 402 тыс. чел. в 2008 г. до 518 тыс. чел., что при определенных условиях может привести к повышению уровня риска, например, в случае отсутствия превентивных мероприятий по усилению зданий на сейсмические воздействия. Пиковые значения риска могут увеличиваться в 1.5 раза за счет роста населения (рис. 14).

Для устойчивого развития г. Б. Сочи в качестве города-курорта и превращения его в современный высокоэффективный санаторно-курортный, дело-

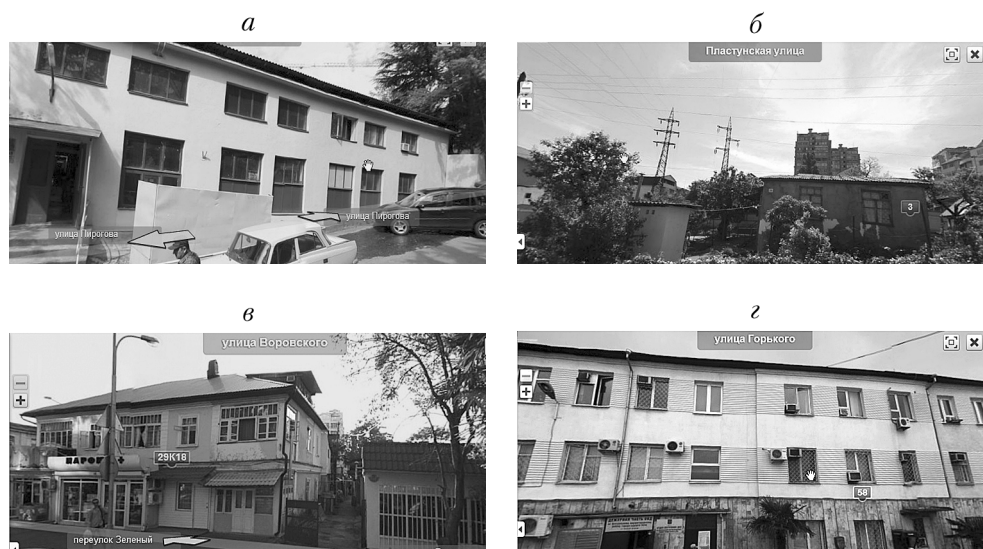


Рис. 10. Здание котельной в квартале 77; класс уязвимости В (а); ветхие строения в квартале 61, класс уязвимости Б (б); здание в квартале 59, класс уязвимости В (в); здание на ул. Горького, класс уязвимости Б-В (г).

Таблица 3. Интервалы изменения значений риска, использованные при построении карты

Номер интервала	Границы интервала риска, 1/год	Цвет	Качественное определение интервала
1	менее $1.0 \cdot 10^{-5}$	зеленый	малый
2	$1.0 \cdot 10^{-5} \div 5.0 \cdot 10^{-5}$	синий	незначительный
3	$5.0 \cdot 10^{-5} \div 10.0 \cdot 10^{-5}$	фиолетовый	средний
4	$10.0 \cdot 10^{-5} \div 20.0 \cdot 10^{-5}$	желтый	высокий
5	$20.0 \cdot 10^{-5} \div 30.0 \cdot 10^{-5}$	коричневый	весьма высокий
6	более $30.0 \cdot 10^{-5}$	красный	недопустимо высокий

вой, спортивный и туристический центр мирового уровня целесообразно продолжение работ по мониторингу сейсмического и других природных и техногенных рисков.

ВЫВОДЫ

Впервые выполнен сравнительный анализ сейсмического риска для быстроразвивающейся урбанизированной территории с высоким уровнем сейсмической опасности. Составлена серия карт индивидуального сейсмического риска территории г. Б. Сочи, которые использовались на разных этапах проектирования и строительства Олимпийского комплекса для повышения уровня безопасности застройки города.

Разработан метод оперативной оценки класса сейсмической уязвимости застройки города с использованием материалов ДЗЗ и наземных фотопанорам.

Таблица 4. Площади застроенной части города с различными уровнями риска

Диапазон риска $R_s, 10^{-5}$ 1/год	Процент площади	
	$R_s, 2013,$ T = 500 лет	$R_s, 2007,$ T = 500 лет
Менее 1	18.6	20.6
1–5	56.4	25.8
5–10	16.2	14.7
10–20	5.6	9.9
20–30	2.9	14.3
Более 30	0.3	14.7

Полученные оценки индивидуального сейсмического риска свидетельствуют о его снижении до приемлемого уровня за период наблюдений с 2007 по 2013 гг. для 30% территории города, что обусловлено в значительной степени строительством Олимпийских объектов с соответствующей инфраструктурой и сносом ветхого жилья.

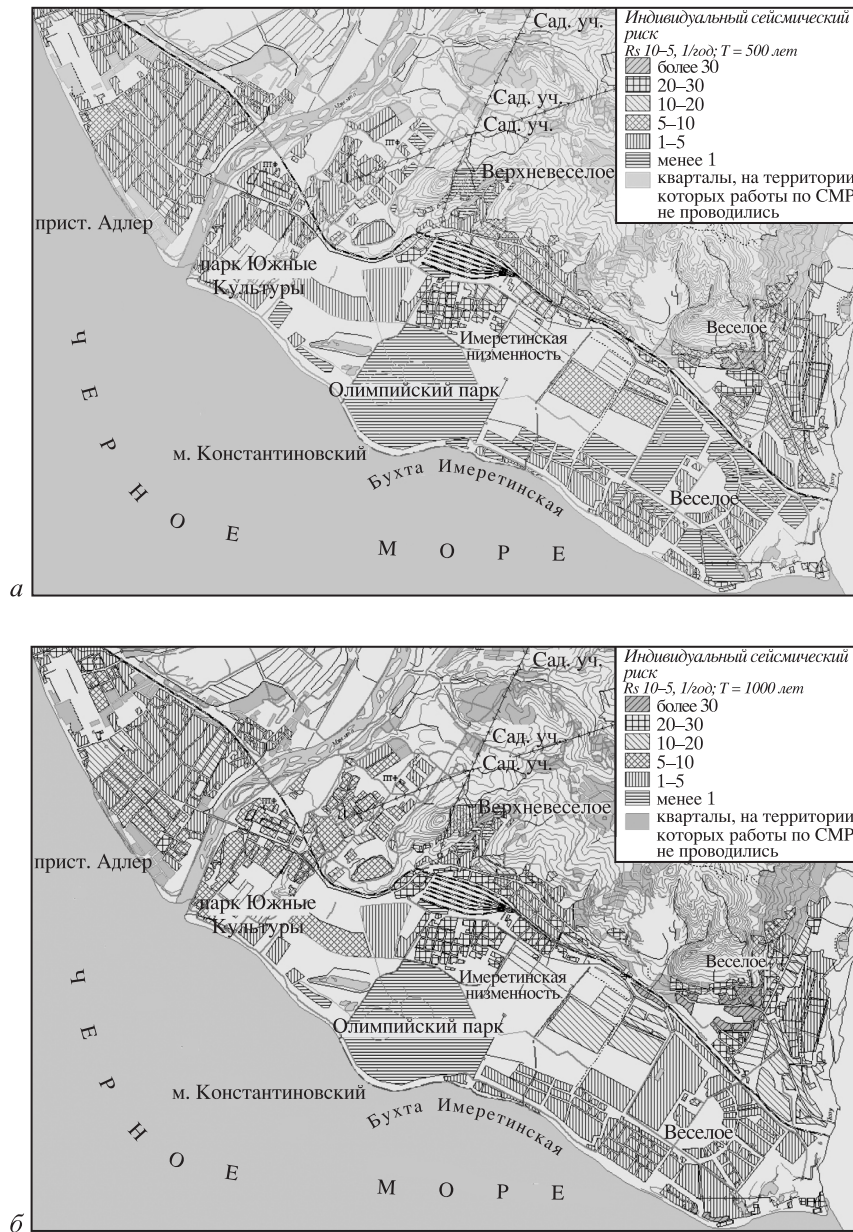


Рис. 11. Фрагменты карты сейсмического риска при использовании карты СМР для г. Б. Сочи для периода повторяемости: *а* – $T = 500$ лет (ОСР-1997А); *б* – $T = 1000$ лет (ОСР-1997В).

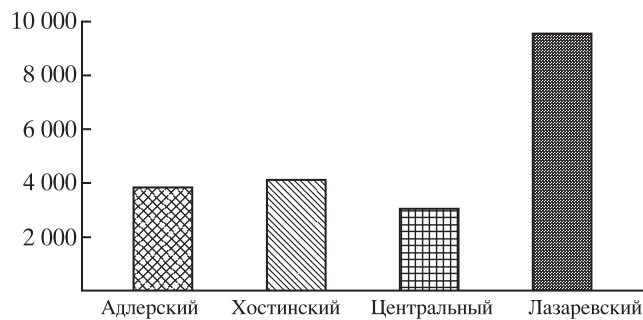


Рис. 12. Увеличение территории административных районов г. Б. Сочи, га.

В связи с планами дальнейшего развития г. Б. Сочи в качестве курортного и спортивного центра, предполагающими значительный рост населения и отдыхающих, следует продолжить работы по периодической оценке риска и исследования по совершенствованию методов оценки сейсмического и других природных рисков как в социальных, так и в экономических показателях, а также разработку комплекта карт природного и техногенного риска.

Полученные результаты для г. Б. Сочи являются положительным методическим опытом для

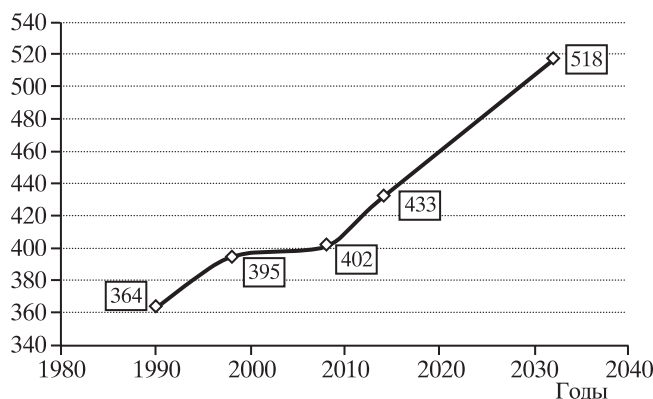


Рис. 13. Прогноз численности постоянного населения г. Б. Сочи на период с 2008 г. по 2032 г., тыс. чел.

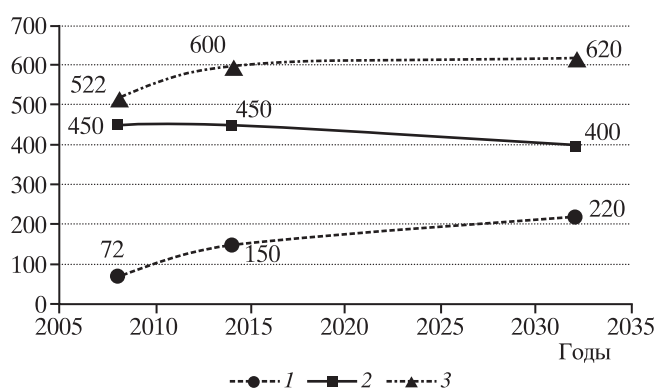


Рис. 14. Вместимость фонда размещения в период максимальной загрузки, тыс. мест: 1 – гостиницы, санатории, пансионаты; 2 – одновременное пребывание в частном секторе и мини-гостиницах; 3 – максимальная одновременная загрузка рекреационного комплекса.

разработки моделей сейсмической уязвимости городов Северо-Кавказского федерального округа, Краснодарского края и Крымского федерального округа и создания карт сейсмического риска урбанизированных территорий и региона в целом. Внедрение результатов исследований в практику освоения территорий, градостроительства, проектирования обеспечит снижение потерь населения и возможного ущерба при сильных сейсмических воздействиях.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 4 “Окружающая среда в условиях изменяющегося климата; экстремальные природные явления и катастрофы” в рамках проекта 7.7 “Теоретические и методические основы оценки сейсмического риска с учетом вторичных процессов на локальном уровне. Построение карт сейсмического риска для г. Б. Сочи, включая территорию размещения объектов Олимпийского комплекса”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ларионов В.И., Фролова Н.И., Угаров А.Н. Методические подходы к оценке уязвимости и их применение при оперативном прогнозировании последствий землетрясений // Оценка и управление природными рисками // РИСК-2000. Матер. Общеросс. конф. М.: Анкил, 2000. С. 132–135.
2. Ларионов В.И., Фролова Н.И. Особенности оценки уязвимости для сейсмических воздействий // Природные опасности России. Т. 6: Оценка и управление природными рисками / Под ред. А.Л. Рагозина. М.: Изд. фирма “КРУК”, 2003. С. 120–130.
3. Ларионов В.И., Суцев С.П., Угаров А.Н., Фролова Н.И. Оценка сейсмического риска с применением ГИС-технологий. // Природные опасности России. Т. 6: Оценка и управление природными рисками / Под ред. А.Л. Рагозина. М.: Изд. фирма “КРУК”, 2003. С. 209–231.
4. Ларионов В.И., Фролова Н.И. Общая методология оценки рисков // Энциклопедия безопасности: строительство, промышленность, экология: в 3 т. Т. 1: Аварийный риск. Взрывные и ударные воздействия/ Котляревский В.А., Ларионов В.И., Суцев С.П. М.: Наука. 2005. С. 2–34.
5. Ларионов В.И., Фролова Н.И., Козлов М.А. и др. Последствия землетрясений и методы их прогнозирования // Энциклопедия безопасности. Т. III: Законы поражения. Сейсмостойкость и теплозащита сооружений. М.: Изд-во АСВ, 2010. С. 165–184.
6. Ларионов В.И., Суцев С.П., Фролова Н.И., Малаева Н.С. Количественная оценка природных рисков с применением ГИС-технологий // Матер. Междунар. научно-практ. конф. “ГЕОРИСК – 2012”. Т. 2. М.: РУДН, 2012. С. 51–55.
7. Ларионов В.И., Фролова Н.И., Берзинский Ю.А., Берзинская Л.И. Оценка природных и природно-техногенных рисков для Байкальского региона с применением ГИС-технологий // Матер. Третьей Всерос. научной конф. с междунар. участием “Экологический риск и экологическая безопасность”. Иркутск: Ин-т географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2012. Т. 2. С. 206–208.
8. Ларионов В.И., Фролова Н.И., Угаров А.Н., Кожаринов С.В. Оценка сейсмического риска г. Б. Сочи // Сергеевские чтения. “Развитие идей академика Е.М. Сергеева на современном этапе”. Вып. 16. М.: РУДН, 2014. С. 575–580.
9. Методика прогнозирования последствий землетрясений. М.: ВНИИ ГОЧС-ЦИЭКС-СЦ ИГЭ РАН, 2000. 27 с.
10. Негматуллаев С.Х., Фролова Н.И., Бабаев А.М., Козлов М.А. и др. Оценка и управление сейсмическим риском урбанизированных территорий на примере г. Душанбе // Кризисное управление и технологии, Государственная академия кризисного управления. Ереван: МЧС Армении, 2011. № 2 (3). С. 41–54.

11. Осипов В.И., Фролова Н.И., Суцев С.П., Ларионов В.И. Оценка сейсмического и природного риска для населения и территорий Российской Федерации // Экстремальные природные явления и катастрофы: в 2 т. Т. 2 : Геология урана, геоэкология, гляциология / Отв. ред. В.М. Котляков, М.: Изд-во "ПРОБЕЛ 2000", 2011. С. 28–48.
12. Осипов В.И., Ларионов В.И., Фролова Н.И., Угаров А.Н. и др. Оценка и картирование сейсмического и природного риска // Матер. Междунар. научной конф. "Природные риски: анализ, оценка, картографирование. М.: Изд-во МГУ, 2013. С. 134–140.
13. Соболев Г.А., Кофф Г.Л., Фролова Н.И., Антикаев Ф.Ф. Методика составления карт сейсмического риска. Карты сейсмического и совокупного риска для ряда городов о.Сахалин и Северного Кавказа. Отчет по проекту 6.4.3 ФЦП "Создание Федеральной системы сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений". М.: Ин-т риска и безопасности, 1998. 181 с.
14. Фролова Н.И., Ларионов В.И. Зонирование индивидуального сейсмического риска для территории России // Тр. X Междунар. научно-практ. конф. по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, Москва, 19–21 апреля 2005г. / МЧС России. М.: Ин-октаво. 2005. С. 121–130.
15. Фролова Н.И., Суцев С.П., Ларионов В.И. Методические подходы оценки природного и сейсмического риска с применением ГИС технологий // Сейсмологический бюллетень Украины, за 2011 год. Севастополь: НПЦ "ЭКОСИ-Гидрофизика", 2012. С. 200.
16. Шебалин Н.В., Еришов И.А., Шестоперов Г.С. и др. Улучшенный вариант шкалы сейсмической интенсивности (ММСК-86) на базе шкал MSK-64 и МСССС-73 (заключительный отчет). М.: МСССС, ИФЗ. 1986. 61с.
17. Boissonnade A.C., Shah H.C. Seismic Vulnerability and Insurance Studies // The Geneva Papers, 1984. V. 9. № 32. P. 223–254.
18. Bonnin J., Frolova N., Kozlov M., Larionov V., Sushev S., Ugarov A. Experience of "Extremum" System Application for Operative Earthquake Loss Assessment// Proc. 28th General ESC Assembly, Genoa, Italy, 2002.
19. Bonnin J., Frolova N. Near Real-Time Loss Assessment Due To Strong Earthquakes// The State of The Art. Proc. XXIXth General Assembly of European Seismological Commission (ESC2004), Potsdam, Germany, 2004. P. 168.
20. Bonnin J., Frolova N. Global Systems For Earthquake Loss Estimation In Emergency Mode// Proc. XV Int. Conf. "Protection of Population and Territories from Emergencies", Moscow: Emercom of Russia, 2010. P. 195–203.
21. Dolce M., Kappos A., Zuccaro G., Coburn A.W., Report of the EAEE Working Group 3: Vulnerability and Risk Analysis // Proc. of 10th European Conf. on Earthquake Engineering, 1995. P. 3049–3077.
22. Fournier d'Albe. An Approach to Earthquake Risk Management// Eng. Struct. 1982. V. 4. P. 145–152.
23. Fournier d'Albe. The Assessment of Seismic Risk // Proc. of UNDRO/UNESCO/USSR Seminar on Earthquake Prediction and Mitigation of Earthquake Losses, Dushanbe, UNDRO, Geneva. 1986.
24. Frolova N., Kozlov M., Larionov V., Sushev S., Ugarov A. Extremum System for Earthquake Risk and Loss Assessment// Proc. of SE-40EEE, Skopje-Ohrid, Macedonia, 2003.
25. Frolova N., Larionov V., Bonnin J. Simulation-based information systems for multi-hazard risk and near real time loss estimations due to strong earthquakes// Proc. TIEMS2007 Conference, Trogir, Croatia, 2007. P. 433–445.
26. Frolova N., Larionov V. Seismic Risk Assessment Methodology with GIS Technology Application // Proc. of the 1st Int. Workshop on Open-source Risk Software, Pasadena, California, 26–28 February, 2007.
27. Frolova N., Larionov V., Bonnin J. Scenario earthquake loss estimations at regional and urban level // Proc. of the ESC Assembly, Montpellier, France, September 2010.
28. Frolova N.I. Seismic Risk Assessment and Management in the Russian Federation // National Seismological Review of Russia (2007–2010)/ Gliko A.O., A.D. Zavyalov, A.A. Malovichko, G.A. Sobolev, V.I. Ulomov, Eds., Moscow: Publ. GC RAS. 2010. P. 75–91. (<http://dx.doi.org/10.2205/2011-IUGG-NRR2007–2010>)
29. Frolova N., Larionov V., Bonnin J. Earthquake Casualties Estimation In Emergency Mode // Human Casualties in Earthquakes, Advances in Natural and Technological Hazards Research 29, Springer Science, 2011. P. 107–124,
30. Frolova N., Larionov V., Sushev S., Bonnin J. Loss estimations caused by earthquakes and secondary technological hazards// Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 2011. № 11. P. 3025–3033.
31. Frolova N., Larionov V., Kushnir L., Vadachkoriya O., Bonnin J. Seismic risk assessment at urban level: example for the Sochi City // Proc. of ESC General Assembly, Moscow, August 2012. P. 394–395.
32. Frolova N., Malaeva N., Larionov V., Kushnir L., Vadachkoriya O., Bonnin J. Seismic risk assessment at urban level: example for the Black Sea region // Proc. of 15 WCEE, Lisbon, Portugal, 2012. No. 4177.
33. Frolova N., Larionov V., Bonnin J. Seismic and Integrated Risk Assessment and Management with Information Technology Application // Proc. of 15 WCEE, Lisbon, Portugal, 2012. No. 4168.

34. Frolova N., Malaeva N., Larionov V., Aleksandrov A., Sushev S., Bonnin J. Earthquake Loss Estimation In Emergency Mode And Scenario Events Consequences In Siberia Region // Proc. of TIEMS 2011 Annual conf., Erbil, Iraq, September. 2012.
35. Goncharov S., Frolova N. Casualty Estimation due to Earthquakes: Injury Structure and Dynamics // Human Casualties in Earthquakes, Advances in Natural and Technological Hazards Research 29, Springer Science, 2011. P. 141–152.
36. Karnik V. Existing Recommendations and Definitions on Disaster Insurance // The Geneva Papers. 1984. V. 9. № 30. P. 3–7.
37. Karnik V., Algermissen S.T. Seismic Zoning // The Assessment and Mitigation of Earthquake Risk, UNESCO, Paris, 1978. P. 11–47.
38. Karnik V., Schenkova Z. Seismicity, Hazard, Vulnerability and Risk – a commentary // Proc. of UNDRO/ UNESCO/USSR Training Seminar on Engineering Aspects of Earthquake Risk Mitigation, Dushanbe, UNDRO, Geneva. 1988.
39. Mitigating Natural Disasters: Phenomena, Effects and Options. A Manual for Policy Makers and Planners. UNDRO. New York: UN, 1991. 164 p.
40. Rangelov R. Natural Hazards – Nonlinearities and Assessment. Acad. House M. Drinov, Sofia, 2011. 237 p.
41. Risk Assessment and Mapping Guidelines for Disaster Management, 2010. <http://register.consilium.europa.eu/pdf/en/10/st17/st17833.en10.pdf>
42. Sushchev S., Larionov V., Frolova N. Seismic risk assessment and management with Extremum system application // Матер. XV междунар. научно-практ. конференции. Проблемы защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. 18–20 мая 2010 г., Москва, МЧС России. М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2010. С. 327–345.
43. UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction, 2009. <http://www.unisdr.org/eng/terminology/UNISDR-terminology-2009-eng.pdf>

SEISMIC RISK ASSESSMENT FOR THE GREATER SOCHI AREA

V. I. Osipov*, V. I. Larionov*, S. P. Sushchev**, N. I. Frolova*,
A. N. Ugarov*, S. V. Kozharinov*, T. V. Barskaya*

* *Sergeev Institute of Environmental Geoscience, Russian Academy of Sciences,
Ulanskii per., 13, bld. 2, Moscow, 101000 Russia. E-mail:direct@geoenv.ru; frolova@comail.ru*

** *Extreme Situations Research Center,
Podkolokol'nyj per., 16/2, Moscow, 109028 Russia*

Earthquakes are among the other natural phenomena often resulting in loss of life and significant economic damage. According to the statistical data of International Centre for Research on the Disasters Epidemiology (www.cred.be) earthquakes are among the leaders in all indicators: the number of fatalities, number of injured people, and the caused economic loss.

The well-known strategy for damage and social loss reduction implies preventive measures in high-risk zones, which are identified by mapping with different details.

About 5% of the Russian Federation territory is referred to the areas characterized by a high level of seismic hazard, where earthquakes with intensities $I = 8-9$ and $9-10$ according to the MMSK-86 scale may occur. Caucasus is one of the most hazardous and densely populated regions in the country. On the occasion of the 2014 Olympic Games the seismic individual risk was assessed for the Greater Sochi territory including the Olympic sites. The paper analyzes the results of seismic risk monitoring, obtained in 2007 and 2013.

Keywords: *seismic risk, vulnerability of elements at risk, remote sensing of the Earth, photo panoramas.*