

УДК 550.34

ПОЧЕМУ НЕОБХОДИМЫ НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ?

© 2022 г. Член-корреспондент РАН П. Н. Шебалин^{1,2}, Академик РАН А. Д. Гвишиани^{1,3}, Б. А. Дзебоев^{1,4,*}, А. А. Скоркина^{1,2}

Поступило 19.07.2022 г.

После доработки 22.07.2022 г.

Принято к публикации 24.07.2022 г.

Впервые проведено численное сравнение карт Общего сейсмического районирования (ОСР) с воздействием от землетрясений, фактически состоявшихся после публикации карт. Выполнено сравнение площади зон ожидаемой балльности на карте ОСР с площадью изосейст от произошедших землетрясений. Оказалось, что площадь изосейст в среднем на порядок меньше, чем ожидается согласно ОСР. В работе названы возможные причины такого завышения и предложены пути совершенствования оценок сейсмической опасности.

Ключевые слова: землетрясение, сейсмическая опасность, Общее сейсмическое районирование, ОСР, изосейсты, балльность

DOI: 10.31857/S2686739722601466

ВВЕДЕНИЕ

Решение проблемы уменьшения опасности от воздействия землетрясений ранее в СССР, и сейчас в Российской Федерации, в основном, сводится к введению норм и правил при строительстве. В свою очередь такие нормы и правила опираются на карты Общего сейсмического районирования (ОСР). В последние годы карты ОСР часто подвергались критике ([3, 20] и др.). Ее главный элемент – субъективный характер многих оценок, на которых основано построение этих карт [6]. До сих пор не делались количественные оценки того, насколько оптимально карты ОСР оценивают будущую сейсмическую опасность, как с точки зрения недооценки, так и переоценки таковой.

Первая карта ОСР территории СССР была построена в 1937 г. Карта ОСР-37 базировалась на детерминистском подходе к оценке сейсмической опасности и не учитывала особенности сейсмического режима регионов. В последующем

были построены карты ОСР-49, ОСР-57, ОСР-68 и ОСР-78. При создании карты ОСР-78 была учтена повторяемость сейсмических сотрясений один раз в 100, 1000 и 10000 лет. Тем не менее сейсмическая интенсивность, указанная на этой карте, была в среднем на 2 балла превышена рядом сильных землетрясений, произошедших на территории СССР в последующие два десятилетия: Спитакское землетрясение, 1988 г.; Зайсанское землетрясение, 1990 г.; Рача-Джавское землетрясение, 1991 г.; и др.

Первой картой ОСР, построенной на международных принципах вероятностного оценивания сейсмической опасности PSHA (Probabilistic Seismic Hazard Assessment) [7], была карта ОСР-97 [19]. Она фактически составляла часть международной программы вероятностного оценивания сейсмической опасности GSHAP (Global Seismic Hazard Assessment Program) [9, 10].

Сегодня глобальной программой оценки сейсмической опасности является международный проект GEM (Global Earthquake Model) [15]. GEM направлен на разработку глобальной модели риска землетрясений в качестве проекта с открытым единым исходным кодом, управляемого научным сообществом. Одной из его основных задач является разработка реальных моделей риска для каждой страны. Это даст возможность рассчитывать потенциальные потери и ощутимые выгоды от мер по снижению потерь. Необходимо отметить, что несомненной сильной стороной проекта GEM является использование глобального инструмен-

¹ Геофизический центр Российской академии наук, Москва, Россия

² Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики Российской академии наук, Москва, Россия

³ Институт физики Земли Российской академии наук, Москва, Россия

⁴ Геофизический институт Владикавказского научного центра Российской академии наук, Владикавказ, Россия

*E-mail: b.dzeboev@gcras.ru

тального каталога землетрясений ISC-GEM. Его высококачественную подготовку осуществляет Международный сейсмологический центр (ISC) [18]. Другой сильной стороной проекта является применение единой стандартизированной методики для территории всех стран, минимизирующей субъективный характер оценок. Однако такой подход учитывает единый ограниченный набор параметров, и поэтому не может использоваться как итоговый продукт для отдельной страны.

Карты ОСР, построенные по методике PSNA (ОСР-97*, ОСР-2012, ОСР-2014, ОСР-2015, ОСР-2016), в значительной мере повторяют ОСР-97. Они фактически лишь учитывают те пропуски сильных землетрясений, которые допущены в ОСР-97. Пересмотр карты в сторону снижения ожидаемой балльности производился лишь для небольших территорий, и в среднем оцениваемая сейсмическая опасность менялась очень незначительно.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И СОДЕРЖАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Со времени публикации карты ОСР-97 прошло 25 лет, что уже позволяет получить достаточно надежную оценку ее достоверности. С этой целью мы оценили воздействие всех землетрясений магнитудой 3.5 и выше на территории России и в приграничных районах и рассчитали для них теоретические изосейсты. Для этого, так же, как и при построении карты ОСР-97, использовались региональные соотношения между магнитудой, гипоцентральной расстоянием и интенсивностью по шкале MSK-64 (уравнение макросейсмического поля по Н.В. Шебалину) [4].

В качестве исходного списка землетрясений мы использовали каталог за период 01.01.1997–31.12.2021 (ровно 25 лет) с глубинами гипоцентра до 70 км (больше 25000 событий). Каталог получен путем объединения каталога “Землетрясения России” (equi.gsras.ru) и каталога USGS (earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/). Деление на регионы проводилось аналогично разбиению в работе [4].

Рассчитанные теоретические изосейсты мы сопоставили с картой ОСР-97А. Результаты такого сравнения представлены на рис. 1. С учетом малого размера теоретических изосейст мы увеличили масштаб представления результатов, разбив карту на четыре части. Для каждого уровня балльности, начиная с 6, показаны только те изосейсты или их части, которые соответствуют балльности зоны на карте ОСР-97А или превышают ее. Таким образом, 5-балльные расчетные изосейсты не показаны вообще, 6-балльные изосейсты показаны только в 6-балльных зонах

ОСР-97А, 7-балльные – в 7-балльных зонах и т.д. “Пропуски цели”, т.е. 6-балльные изосейсты в 5-балльных зонах ОСР-97А, 7-балльные изосейсты в 5- и 6-балльных зонах и т.д., показаны синими заштрихованными фигурами, а изосейсты, соответствующие зоне балльности ОСР-97А, – сиреневым пустыми фигурами (рис. 1). Необходимо отметить, что расчетная интенсивность Олюторского землетрясения, Илин-Тасского (Абыйское) землетрясения, Бачатского землетрясения, землетрясения у границы Камчатки и Чукотки и некоторых других более слабых землетрясений на два балла превысила балльность соответствующих зон ОСР-97А. На рис. 1 теоретические изосейсты в пределах зон более высокого балла ОСР-97А не показаны, так как в них не достигнуто ожидаемое превышение интенсивности.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ И ИХ АНАЛИЗ

Карта ОСР-97А представляет ожидаемое превышение заданного балла в течение 50 лет с вероятностью 10%. Это означает, что в каждой зоне определенной балльности площадь внутри изосейст соответствующего и превышающего балла от землетрясений за 50-летний период должна составлять 10%. Даже если будущие землетрясения в период до 2046 г. будут происходить там, где их еще не было в 1997–2021 гг., ожидаемое увеличение площади изосейст составит – примерно вдвое. Таким образом, в случае верных оценок на карте ОСР-97А площади изосейст от землетрясений за 25-летний период должны составлять около 5% для соответствующих зон балльности. С учетом того, что изосейсты от будущих землетрясений будут частично пересекаться между собой и с изосейстами от землетрясений 1997–2021 гг., для достижения 10%-вероятности превышения заданного балла за 50 лет эта величина должна быть еще больше.

Из рис. 1 видно, что изосейсты расчетной балльности в каждой из 6, 7, 8 и 9 балльных зон ОСР-97А занимают очень маленькую долю площади в каждом регионе, кроме Камчатки. Мы провели оценки отношения площадей изосейст и зон балльности в каждом регионе. В табл. 1 для каждого региона в отдельности, России в целом и территории России без учета Камчатки приведены результаты расчетов по формуле:

$$r_i = \frac{\left\| \bigcup_{\substack{k=i, \dots, 12, \\ j=1, \dots, N}} g_{kj} \right\|}{S_i}, \quad (1)$$

где i – расчетная интенсивность по шкале MSK-64, g_{kj} – изосейста соответствующей интенсивности k в пределах рассматриваемого региона от землетрясения с индексом j (N – количество та-

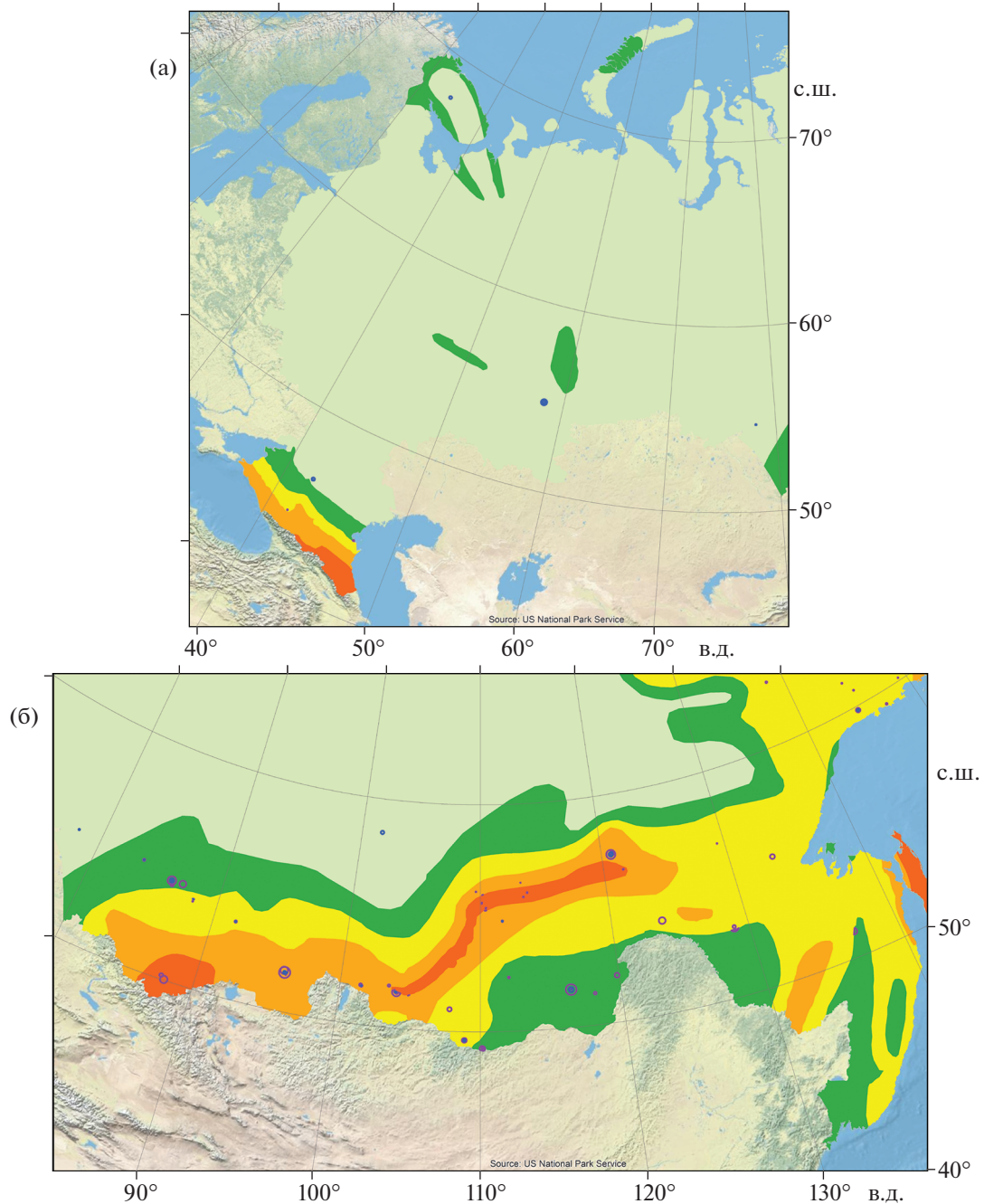


Рис. 1. Карта ОСР-97А и рассчитанные теоретические изосейты.

ких землетрясений), S_i — площадь i -балльной зоны на карте ОСР-97А. Строится объединение по всем землетрясениям j . Формула (1) отражает отношение площади, на которой, в соответствии с расчетами, было достигнуто превышение интенсивности i к площади i -балльной зоны на карте ОСР-97А в течение 25 лет, вычисленной на основе фактически произошедших землетрясений в период 1997–2021 гг. Прочерки в ячейках табл. 1 означают, что в регионе на карте ОСР-97А отсутствует зона с соответствующей балльностью.

Как видно из табл. 1, во всех регионах кроме Камчатки и Алтая и Саян величина r_i как минимум на порядок меньше 5%-величины ожидаемого превышения интенсивности. Большая относительная площадь изосейст на Камчатке фактически обусловлена одним Олюторским землетрясением, произошедшим 20 апреля 2006 г. с $M = 7.6$, которое было пропуском для карт ОСР-97. В регионе Алтай и Саяны величина r_i без учета изосейст от Бачатского землетрясения в Кемеровской области 18 июня 2013 г. с $M = 5.6$ также

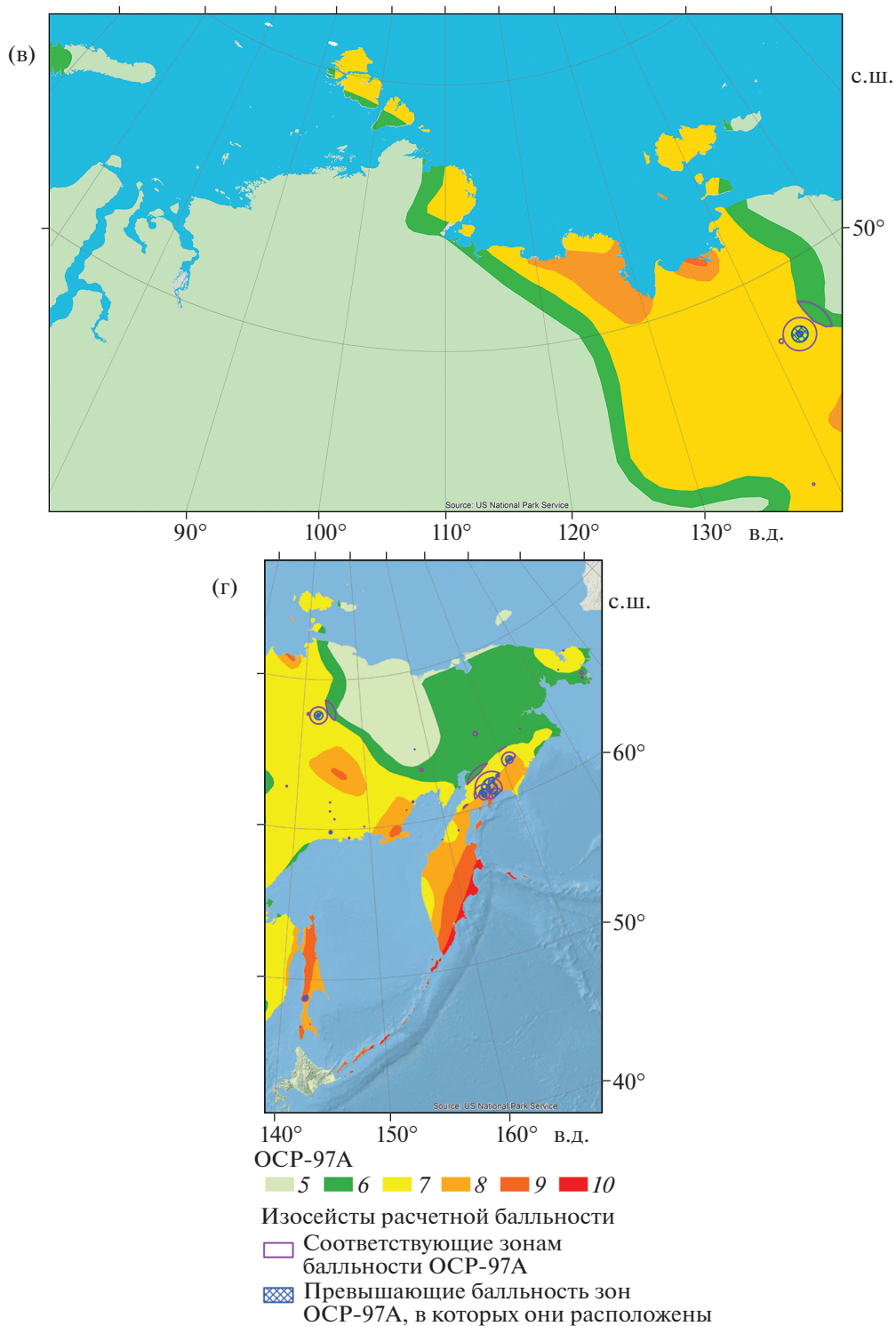


Рис. 1. Окончание

составила бы менее 0.5%. Формально это землетрясение также является пропуском, так как, имея интенсивность в эпицентре 7 баллов, оно произошло в 6-балльной зоне по карте ОСР-97А. Однако это землетрясение, по мнению большин-

ства сейсмологов, имеет техногенный характер и вряд ли должно учитываться наравне с тектоническими землетрясениями.

Таким образом, в большинстве регионов России оценка сейсмической опасности в среднем

завышена как минимум в 10 раз. Особенно это касается Арктической зоны Российской Федерации, где значительные территории Кольского полуострова, архипелагов Новая Земля и Северная Земля, Новосибирских островов, полуострова Таймыр, а также севера Якутии и Чукотки отнесены к зонам с балльностью 6 и выше. Одновременно ОСР-97 допускает значительные пропуски сильных землетрясений, в частности Олюторское землетрясение, Тувинское землетрясение с $M = 6.7$ (26.02.2012), Илин-Тасское (Абыйское) землетрясение с $M = 6.6$ (14.02.2013), землетрясение на Урале с $M = 5.0$ (04.09.2018), землетрясение у границы Камчатки и Чукотки с $M = 6.4$ (09.01.2020) и др.

Наличие пропусков сильных землетрясений для карт ОСР территории России, а также карт других регионов мира в рамках программы GSHAP неоднократно отмечалось разными исследователями [3, 6, 20]. Вместе с тем факт значительной переоценки (как минимум, в среднем) сейсмической опасности на картах ОСР численно установлен впервые. Мы сравнили воздействия от реальных землетрясений с зонами ожидаемой балльности на карте ОСР-97А для того, чтобы учитывать только те события, которые произошли после ее составления.

В качестве нормативных после карты ОСР-97 последовательно были приняты две карты ОСР-2015 и ОСР-2016. На них площадь зон 6 баллов и выше изменилась не более чем на 20% (табл. 2), 9- и 10-балльные зоны — почти в два раза на ОСР-2016. Таким образом, и эти карты, по сути, дают значительное завышение сейсмической опасности.

ОБСУЖДЕНИЕ

В чем причина завышения оценок в рамках ОСР? На наш взгляд, главная причина состоит в том, что в рамках ОСР-97 и последующих методик (ОСР-2012, ОСР-2014, ОСР-2015, ОСР-2016) повторяемость сильных землетрясений и максимально возможная магнитуда оценивались локально и независимо для разных структур. В реальности накопление напряжений и подготовка сильных землетрясений происходят в объемах, многократно превышающих размеры очагов землетрясений [8]. По этой причине оценки не должны рассматриваться независимо. Кроме того, локальные оценки подвержены значительным ошибкам, которые при суммировании возрастают. Здесь же следует отметить, что при построении карт ОСР-97 расчеты повторяемости землетрясений основывались, в том числе, на гипотезе характеристических землетрясений, которая впоследствии была опровергнута [13].

Вторая причина, которая часто отмечается, в том числе и строителями, — это субъективный характер используемых оценок, которые лишь в не-

Таблица 1. Оценки отношения r ; площадей расчетных изосейст и зон балльности карты ОСР-97А

| Регион | $I = 6$ | $I = 7$ | $I = 8$ | $I = 9$ |
|--|---------|---------|---------|---------|
| Кавказ | 0.0005 | 0.0004 | 0 | 0 |
| Алтай и Саяны | 0.0073 | 0.0007 | 0.0092 | 0.0224 |
| Байкал | 0.0068 | 0.002 | 0.0037 | 0.0005 |
| Якутия и Северо-Восток | 0.009 | 0.0093 | 0.0059 | 0.0007 |
| Приморье и Приамурье | 0.002 | 0.0022 | 0 | — |
| Сахалин | — | 0 | 0.0222 | 0.0057 |
| Курилы | — | — | — | 0 |
| Камчатка | 0.2337 | 0.2203 | 0.0873 | 0 |
| Чукотка | 0.002 | 0.0006 | — | — |
| Арктический бассейн | 0 | 0 | — | — |
| Балтийский щит | 0 | — | — | — |
| Европейская часть Урал и Западная Сибирь | 0 | — | — | — |
| Россия | 0.0079 | 0.0132 | 0.0178 | 0.0045 |
| Россия без учета Камчатки | 0.0057 | 0.0055 | 0.0059 | 0.0062 |

Таблица 2. Доля площади, занимаемой зонами ожидаемой балльности на картах ОСР

| | ОСР-97А | ОСР-2015А | ОСР-2016А |
|--------------|---------|-----------|-----------|
| $I = 5, \%$ | 57.94 | 57.94 | 60.17 |
| $I = 6, \%$ | 15.01 | 17.78 | 12.24 |
| $I = 7, \%$ | 17.73 | 16.53 | 19.32 |
| $I = 8, \%$ | 7.11 | 8.55 | 6.90 |
| $I = 9, \%$ | 2.03 | 2.04 | 1.26 |
| $I = 10, \%$ | 0.18 | 0.16 | 0.11 |

значительной степени компенсируются методом экспертных оценок. Следует отметить и нередкое использование административного ресурса при заинтересованности отдельных структур в изменении оценок, сделанных сейсмологами и геологами [14]. Третьей возможной причиной является то, что учитываются упрощенные модели затухания сейсмических волн, которые для некоторых регионов России не актуализировались в течение последних десятилетий, несмотря на появление новых инструментальных данных.

В современных условиях ошибки в ОСР являются опасными и губительными. Они создают ошибочное ощущение, что вся система сейсмического районирования не работает. В действительности она работает. Наличие ошибок на карте

ОСР-97 в ту и другую сторону не означает, что надо полностью отменять существующую систему районирования. Однако система требует существенной модернизации.

В условиях современной экономики все большее значение приобретают рыночные механизмы регулирования экономическими процессами. В том числе это касается и борьбы за сокращение ущерба от разрушительных землетрясений. При любых обстоятельствах жизнь и здоровье людей являются абсолютным приоритетом. Поэтому в той части, где нормативы при строительстве необходимы именно для сохранения жизни и здоровья (речь о районах, где ожидается 8 баллов и выше), существующие нормативы должны быть сохранены.

Для случаев менее сильного воздействия землетрясений, на наш взгляд, строительные нормы должны быть пересмотрены в сторону ситуативности. Многие здания строятся на период эксплуатации, рассчитанной на небольшой срок, в течение которого вероятность ущерба от землетрясения крайне мала. Здесь целесообразно предоставить право застройщику принять решение о том, вкладывать ли дополнительные средства в увеличение сейсмостойкости здания или заплатить меньшую сумму страховой компании, которая покроет убытки в случае такого воздействия. Таким образом, система уменьшения ущерба должна быть гибким сочетанием строительных нормативов и системы страхования от стихийных бедствий.

В чем состоит роль сейсмологии и смежных разделов других наук о Земле при переходе к новой гибкой системе? Во-первых, когда речь идет о сильнейших землетрясениях, необходимо совершенствовать методы прогноза таких событий. Повторяемость сильных землетрясений следует оценивать на региональном уровне. Определение мест, где такие редкие события могут происходить, — это классическая задача определения мест возможного возникновения сильных землетрясений. Существенные успехи в этом направлении были достигнуты с использованием методов системного анализа и распознавания образов [1, 2, 5, 12].

Во-вторых, необходимо совершенствование методов моделирования сейсмического режима [14, 17]. Также для оценки повторяемости сильнейших землетрясений важную роль играют оценки максимальной возможной магнитуды [14]. Необходимо найти разумный баланс между оценками максимальной магнитуды по статистике событий и по геологическим данным [16].

В-третьих, необходимо совершенствование моделей затухания интенсивности землетрясений на разных расстояниях от эпицентров (в том числе, отдельно для ближней зоны), в инженер-

ном диапазоне частот, с учетом анизотропных свойств среды и сложности очага землетрясения, если это необходимо согласно сейсмологическим и геологическим данным ([11] и др.).

Многие из перечисленных шагов могут быть сделаны уже сейчас. Интеграция имеющихся методов и алгоритмов распознавания мест возможного возникновения землетрясений, стохастических моделей сейсмического режима, современных методов оценки параметров моделей может дать эффект многократного улучшения качества оценок сейсмической опасности. При этом существенными элементами должны быть создание и применение математических методов оценивания качества таких оценок, учитывающих не только ошибки “пропуск цели”, но и ошибки “ложная тревога”.

Настоящая статья — первый, весьма скромный шаг. В ней определен количественный уровень превышения сейсмической опасности на существующих картах ОСР, названы возможные причины этого эффекта, а также намечены возможные пути совершенствования оценок сейсмической опасности.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны сотруднику Геофизического центра РАН А.Б. Попову за оцифровку карты ОСР-97А в среде ArcGis.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена в рамках гранта Российского научного фонда № 21-77-30010.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гвишиани А.Д., Дзедобоев Б.А., Агаян С.М. Интеллектуальная система распознавания FCAZm в определении мест возможного возникновения сильных землетрясений горного пояса Анд и Кавказа // Физика Земли. 2016. № 4. С. 3–23. <https://doi.org/10.7868/S0002333716040013>
2. Гвишиани А.Д., Соловьев А.А., Дзедобоев Б.А. Проблема распознавания мест возможного возникновения сильных землетрясений: актуальный обзор // Физика Земли. 2020. № 1. С. 5–29. <https://doi.org/10.31857/S0002333720010044>
3. Кособоков В.Г., Некрасова А.К. Карты Глобальной программы оценки сейсмической опасности (GSHAP) ошибочны // Вопросы инженерной сейсмологии. 2011. Т. 38. № 1. С. 65–76.
4. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. Ред. Н.В. Кондорская, Н.В. Шебалин. М.: Наука, 1977. 536 с.
5. Соловьев А.А., Гвишиани А.Д., Горшков А.И., Добровольский М.Н., Новикова О.В. Распознавание мест возможного возникновения землетрясений: мето-

- дология и анализ результатов // Физика Земли. 2014. № 2. С. 3–20.
<https://doi.org/10.7868/S0002333714020112>
6. *Castaños H., Lomnitz C.* PSHA: is it science? // *Engineering Geology*. 2002. V. 66. Is. 3–4. P. 315–317.
[https://doi.org/10.1016/S0013-7952\(02\)00039-X](https://doi.org/10.1016/S0013-7952(02)00039-X)
 7. *Cornell C.A.* Engineering seismic risk analysis // *Bulletin of the Seismological Society of America*. 1968. V. 58. Is. 5. P. 1583–1606.
 8. *Dobrovolsky I.P., Zubkov S.I., Miachkin V.I.* Estimation of the size of earthquake preparation zones // *Pure and Applied Geophysics PAGEOPH*. 1979. V. 117. Is. 5. P. 1025–1044.
<https://doi.org/10.1007/BF00876083>
 9. *Giardini D.* The Global Seismic Hazard Assessment Program (GSHAP) – 1992/1999 // *Annali di Geofisica*. 1999. V. 42. Is. 6. P. 957–974.
<https://doi.org/10.4401/ag-3780>
 10. *Giardini D., Grunthal G., Shedlock K.M., Zhang P.* The GSHAP Global Seismic Hazard Map // *Annali di Geofisica*. 1999. V. 42. Is. 6. P. 1225–1228.
<https://doi.org/10.4401/ag-3784>
 11. *Goldberg D.E., Melgar D., Sahakian V.J., Thomas A.M., Xu X., Crowell B.W., Geng J.* Complex rupture of an immature fault zone: A simultaneous kinematic model of the 2019 Ridgecrest, CA earthquakes // *Geophysical Research Letters*. 2020. V. 47. Is. 3. e2019GL086382.
<https://doi.org/10.1029/2019GL086382>
 12. *Gorshkov A., Kossobokov V., Soloviev A.* Recognition of earthquake-prone areas / Eds. Keilis-Borok V., Soloviev A. *Nonlinear Dynamics of the Lithosphere and Earthquake Prediction*. Springer: Heidelberg, 2003. P. 239–310.
https://doi.org/10.1007/978-3-662-05298-3_6
 13. *Kagan Y.Y., Jackson D.D., Geller R.J.* Characteristic Earthquake Model, 1884–2011, R.I.P. // *Seismological Research Letters*. 2012. V. 83. Is. 6. P. 951–953.
<https://doi.org/10.1785/0220120107>
 14. *Mulargia F., Stark P.B., Geller R.J.* Why is Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA) still used? // *Physics of the Earth and Planetary Interiors*. 2017. V. 264. P. 63–75.
<https://doi.org/10.1016/j.pepi.2016.12.002>
 15. *Pagan M., Monelli D., Weatherill G. et al.* Openquake engine: An open hazard (and risk) software for the global earthquake model // *Seismological Research Letters*. 2014. V. 85. Is. 3. P. 692–702.
<https://doi.org/10.1785/0220130087>
 16. *Pisarenko V.F., Rodkin M.V.* Approaches to Solving the Maximum Possible Earthquake Magnitude (Mmax) Problem // *Surveys in Geophysics*. 2022. V. 43. Is. 2. P. 561–595.
<https://doi.org/10.1007/s10712-021-09673-1>
 17. *Shebalin P.N., Narteau C., Baranov S.V.* Earthquake productivity law // *Geophysical Journal International*. 2020. V. 222. Is. 2. P. 1264–1269.
<https://doi.org/10.1093/gji/ggaa252>
 18. *Storchak D.A., Giacomo D.D., Bondár I. et al.* Public release of the ISC-GEM global instrumental earthquake catalogue (1900–2009) // *Seismological Research Letters*. 2013. V. 84. Is. 5. P. 810–815.
<https://doi.org/10.1785/0220130034>
 19. *Ulomov V.I.* Seismic hazard of Northern Eurasia // *Annali di Geofisica*. 1999. V. 42. Is. 6. P. 1023–1038.
 20. *Wyss M., Nekrasova A., Kossobokov V.* Errors in expected human losses due to incorrect seismic hazard estimates // *Natural Hazards*. 2012. V. 62. Is. 3. P. 927–935.

WHY ARE NEW APPROACHES TO SEISMIC HAZARD ASSESSMENT REQUIRED?

**Corresponding Member of the RAS P. N. Shebalin^{a,b}, Academician of the RAS A. D. Gvishiani^{a,c},
 B. A. Dzeboev^{a,d,#}, and A. A. Skorkina^{a,b}**

^a *Geophysical Center, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

^b *Institute of Earthquake Prediction Theory and Mathematical Geophysics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

^c *Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

^d *Geophysical Institute, Vladikavkaz Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Vladikavkaz, Russian Federation*

[#] *E-mail: b.dzeboev@gcras.ru*

For the first time, a numerical comparison of the General Seismic Zoning (GSZ) maps with the effect of earthquakes that actually occurred after the publication of the maps was carried out. The area of zones of expected intensity on the GSZ map is compared with the area of isoseists from actual earthquakes. It turned out that the isoseist area is on average by an order less than expected according to the GSZ. The paper describes possible reasons for such an overestimation and proposes ways to improve seismic hazard assessments.

Keywords: earthquake, seismic hazard, General Seismic Zoning, GSZ, isoseists, intensity