

Федеральное агентство научных организаций
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ИНСТИТУТ ТЕОРИИ ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ
ГЕОФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИТПЗ РАН)

УДК 550.34
№ госрегистрации 01201281966
Инв. № 2015-1



УТВЕРЖДАЮ

Директор ИТПЗ РАН
член-корреспондент РАН
А.А.Соловьев
«12» марта 2015 г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ ПО ТЕМЕ
РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ПРОГНОЗА
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ
МЕТОДОВ АНАЛИЗА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ К ИЗУЧЕНИЮ ДИНАМИКИ
ЛИТОСФЕРЫ
(промежуточный, за 2014 год)

Заведующий лабораторией № 1
канд. техн. наук

И.В. Кузнецов

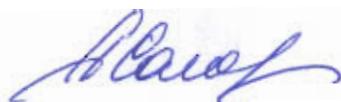
Заведующий лабораторией № 4
докт. физ.-мат. наук

А.И. Горшков

Москва 2015

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель работы,
директор ИТПЗ РАН
чл.-корр. РАН



А.А. Соловьев

Ответственные исполнители:

ст. науч. сотр.
канд. физ.-мат. наук



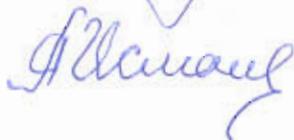
И.А. Воробьева

зав. лаб.
докт. физ.-мат. наук



А.И. Горшков

гл. науч. сотр.
докт. физ.-мат. наук



А.Т. Исмаил-Заде

гл. науч. сотр.
докт. физ.-мат. наук



В.Г. Кособоков

зав. лаб.
канд. техн. наук



И.В. Кузнецов

гл. науч. сотр.
докт. физ.-мат. наук



Г.М. Молчан

науч. сотр.
канд. физ.-мат. наук



А.К. Некрасова

науч. сотр.

О.В. Новикова

науч. сотр.



Т.В. Прохорова

гл. науч. сотр.
докт. физ.-мат. наук



П.Н. Шебалин

РЕФЕРАТ

Отчет 15 с., 2 рис., 1 табл., 26 источников

АЛГОРИТМЫ СРЕДНЕСРОЧНОГО ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ,
АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ,
ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ, ГЕОДИНАМИКА И
СЕЙСМИЧНОСТЬ, МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ БЛОКОВЫХ
СТРУКТУР

Исследования, проводимые по теме в 2014 году, включали: разработку метода комбинирования принципиально разных типов прогноза землетрясений; продолжение глобального эксперимента по применению алгоритма прогноза землетрясений M8 для прогноза сильнейших землетрясений мира с детализацией прогноза по пространству с помощью алгоритма MSc; расчет карт сейсмической опасности на базе многомасштабного оценивания параметров сейсмичности в рамках обобщенного закона Гутенберга-Рихтера и их сравнение с оценками, полученными другими методами; продолжение прогнозного мониторинга сейсмичности по алгоритму RTP; анализ эффективности алгоритмов прогноза землетрясений; применение алгоритма EAST к прогнозу землетрясений средней силы; разработку метода мультимасштабного анализа пространственно-временных вариаций представительности каталогов землетрясений; изучение сейсмоактивных межблоковых зон востока азиатской части РФ и прилегающих стран ближнего зарубежья; разработку подхода к оценке сейсмической опасности, использующего как наблюдаемые (цифровые и исторические), так и модельные землетрясения; изучение процесса подготовки землетрясений посредством модели динамики системы блоков и разломов литосферы; распознавание мест сильных землетрясений с использованием ГИС-технологий.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ	5
2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ	7
2.1. Разработка и применение методов прогноза землетрясений	7
2.2. Изучение сейсмичности и оценка сейсмической опасности	9
2.3. Моделирование динамики блоковых структур	11
3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	12
4. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	13

1. ВВЕДЕНИЕ

Исследования по теме выполнялись в рамках подразделов 78 "Катастрофические эндогенные и экзогенные процессы, включая экстремальные изменения космической погоды: проблемы прогноза и снижения уровня негативных последствий" и 80 "Научные основы разработки методов, технологий и средств исследования поверхности и недр Земли, атмосферы, включая ионосферу и магнитосферу Земли, гидросферы и криосферы; численное моделирование и геоинформатика (инфраструктура пространственных данных и ГИС-технологии" Раздела VIII "Науки о Земле" Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы.

Проблема прогноза землетрясений в настоящее время не может считаться полностью решенной, в частности, в мире не существует надежных алгоритмов краткосрочного прогноза землетрясений. Российские ученые имеют уникальный опыт создания алгоритмов среднесрочного прогноза землетрясений и их применения для оперативного прогноза в режиме реального времени. Дальнейшее развитие этого опыта на основе применения современных методов изучения сложных систем и анализа накапливаемых баз данных, содержащих измерения геофизических полей с помощью существующих и вновь развертываемых систем наблюдения, позволит разработать новое поколение алгоритмов прогноза землетрясений и создать базу для решения задачи краткосрочного прогноза землетрясений.

Землетрясения являются экстремальными событиями, происходящими в литосфере Земли, которая является сложной нелинейной системой, поэтому прогноз землетрясений рассматривается в рамках прогноза резких скачкообразных изменений в сложных нелинейных системах и основан на применении к изучению динамики литосферы современных методов анализа сложных систем и экстремальных событий в них. Такие системы функционируют в природе и обществе, а скачкообразные изменения, затрагивающие систему в целом, являются их неотъемлемым свойством. Для обозначения этих резких скачков используют разные термины: экстремальные события, критические переходы, кризисы и т.д. Такие скачки происходят достаточно редко, но после них система начинает функционировать существенно иным образом. Российские ученые имеют уникальный опыт создания алгоритмов прогноза экстремальных событий в сложных системах, включая социоэкономические, что создает основу для разработки универсальных алгоритмов прогноза экстремальных событий в сложных системах (природных и социоэкономических).

Последние катастрофические землетрясения (Суматранское землетрясение и цунами 2004 года, Вэньчуаньское землетрясения 2008 года в Китае, землетрясение 2010 года на Гаити, и землетрясение и цунами 2011 года в Тохоку) показали недостатки в оценке сейсмической опасности на основе ее вероятностного анализа. Ситуация может быть улучшена путем применения неопределенностного анализа сейсмической опасности и

результатов прогноза мест возможного возникновения сильных землетрясений.

В рамках исследований, выполняемых по теме, в частности, осуществляется математическое моделирование динамики литосферных блоков и разломов. В отличие от других моделей сейсмичности блоковые модели позволяют учитывать реальное строение и геометрию разломов рассматриваемого региона, воспроизводить его сейсмичность в пространстве и во времени, изучать связь тектоники региона с главными характеристиками сейсмичности и решать фундаментальную задачу о восстановлении краевых условий и движущих тектонических сил, включая мантийные потоки, определяющих пространственное распределение наблюдаемой сейсмичности.

Научная новизна выполняемых исследований состоит в разработке и применении новых методов, привлечении новых типов данных и применении методов к ранее не исследованным сейсмоактивным регионам.

Работы по теме включают: совершенствование существующих и разработку новых алгоритмов прогноза землетрясений; продолжение экспериментов по применению разработанных ранее алгоритмов для оперативного прогноза землетрясений в режиме реального времени; применение существующих и разработка новых методов оценки надежности и достоверности результатов прогноза; применение неопределенностного анализа сейсмической опасности и результатов прогноза мест возможного возникновения сильных землетрясений для уточнения оценок сейсмической опасности; моделирование динамики блоковых структур конкретных сейсмоактивных регионов; поиск универсальных закономерностей возникновения экстремальных событий в сложных системах.

Полученные результаты должны привести к разработке технологий прогноза чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и, соответственно, подходов к минимизации ущерба от них.

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Разработка и применение методов прогноза землетрясений

Впервые разработан метод комбинирования принципиально разных типов прогноза землетрясений, позволяющий динамически оценивать меняющуюся сейсмическую опасность с учетом долговременных геофизических полей. Метод применим для комбинирования прогнозов двух следующих типов: 1) оценка вероятности землетрясения в данной точке пространства-времени; 2) выявление областей и периодов повышенной (но неизвестной) вероятности. К первому типу относятся также и долговременные оценки сейсмической опасности, ко второму – любые предвестники землетрясений. Достоверность комбинированного прогноза превосходит достоверность каждого из исходных прогнозов. По этому результату опубликована статья [10].

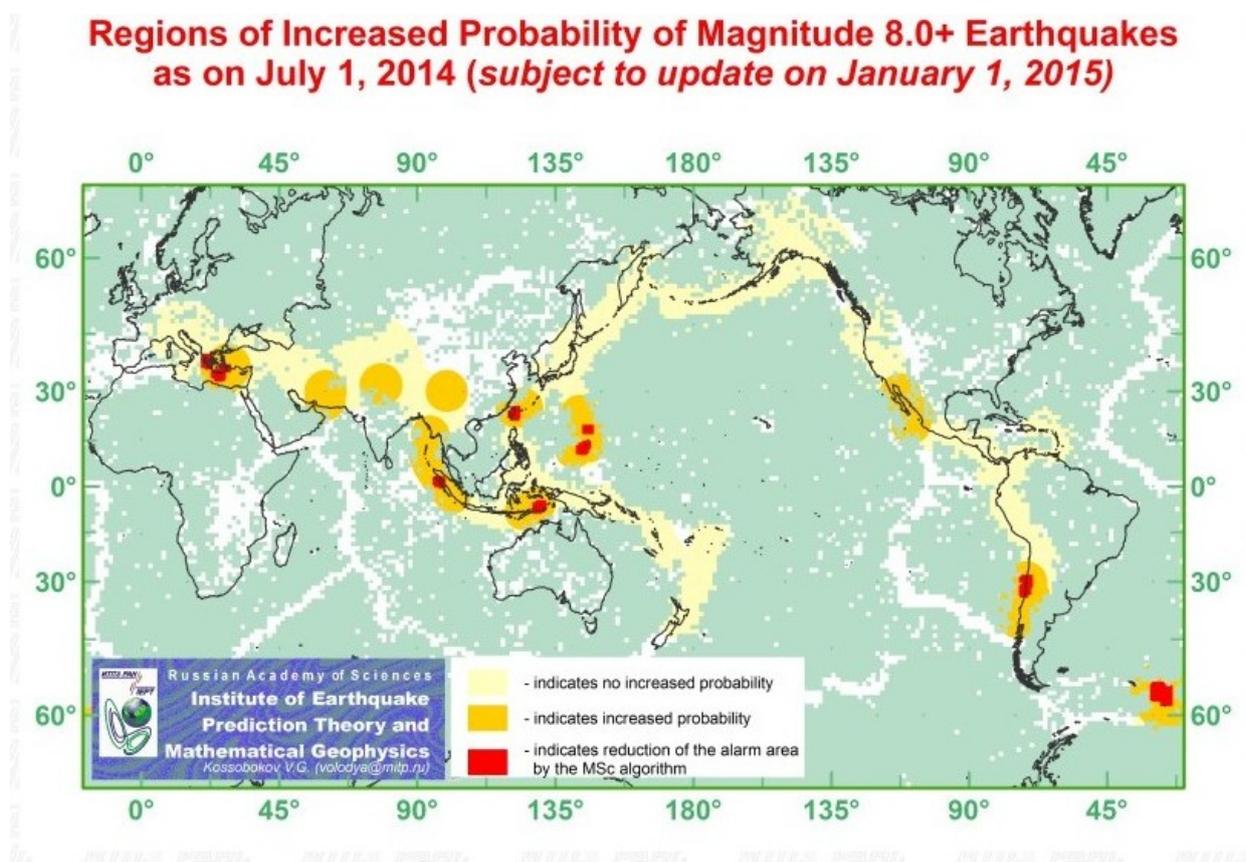


Рисунок 1. Прогноз землетрясений с $M \geq 8,0$, полученный с помощью алгоритма M8 на 01.07.2014 (области тревоги показаны желтым цветом), и его уточнение с помощью алгоритма MSc (показано красным цветом).

В 2014 году был продолжен Глобальный эксперимент по применению алгоритма среднесрочного прогноза землетрясений M8 и последующей детализацией с помощью алгоритма MSc, который ведется с 1992 года. Эксперимент направлен на прогноз землетрясений с магнитудой $M \geq 8,0$ и прогноз землетрясений с $M \geq 7,5$. Области тревоги, определенные с помощью

этих алгоритмов, обновляются раз в полугодие (1 января и 1 июля), и соответствующие карты помещаются на страницу ИТПЗ РАН в интернете (<http://www.mitp.ru/en/index.html>). На рис. 1 и 2 показаны такие карты, полученные на 01.07.2014.

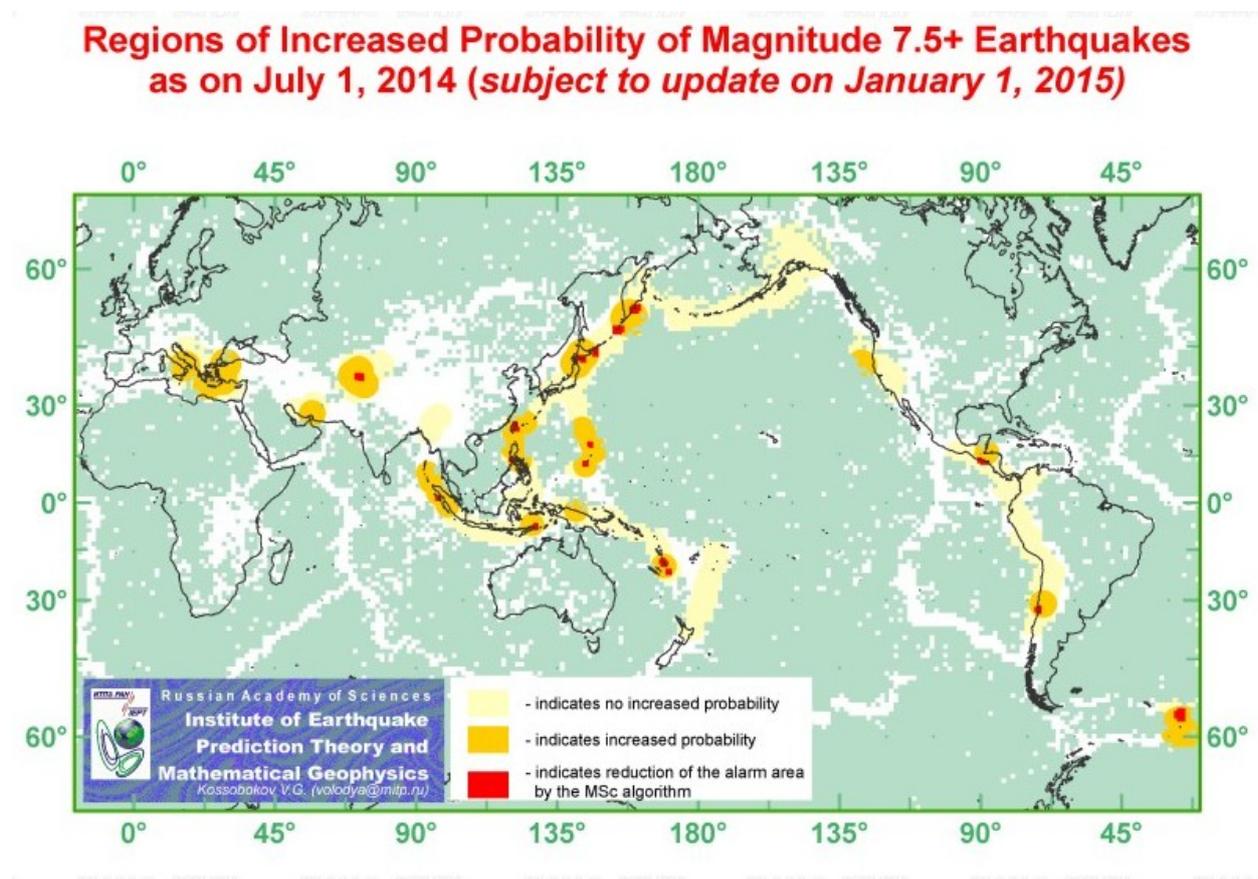


Рисунок 2. Прогноз землетрясений с $M \geq 7,5$, полученный с помощью алгоритма M8 на 01.07.2014 (области тревоги показаны желтым цветом), и его уточнение с помощью алгоритма MSc (показано красным цветом).

В 2014 году выполнен анализ результатов этого многолетнего эксперимента за период до 2013 года включительно. Полученные оценки эффективности алгоритмов при прогнозе землетрясений с магнитудой $M \geq 8,0$ и $M \geq 7,5$ приведены в Таблице 1.

По результатам выполнения Глобального эксперимента опубликована статья [5] и сделаны доклады [21, 23].

Исследована возможность возобновления эксперимента по регулярному среднесрочному прогнозу (дважды в год) на территории РФ сильных ($M \geq 6,5$) землетрясений с помощью алгоритма M8. Установлено, что для этого требуется наличие оперативного каталога землетрясений с магнитудами от 2,5 и выше.

Таблица 1. Оценка эффективности прогнозов по алгоритмам M8 и M8-MSc в Глобальном тесте.

Период теста	Сильные события			Доля объема тревоги τ , % *		Вероятность p , % **	
	Всего	Предсказано		M8	M8-MSc	M8	M8-MSc
		M8	M8-MSc				
<i>Диапазон M8,0+</i>							
1985-2013	23	16	10	32,84	16,62	0,03	0,23
1992-2013	21	14	8	29,80	14,78	0,05	0,26
<i>Диапазон M7,5+</i>							
1985-2013	69	40	16	28,54	9,30	< 0,01	0,05
1992-2013	57	30	10	23,16	8,33	< 0,01	1.84

Примечания:

*Оценка пространства при вычислении процента объема тревоги выполнена с использованием наиболее консервативной меры, учитывающей эмпирическое распределение эпицентров.

**Вероятность получения случайным образом результата прогноза, не уступающего полученному при тестировании.

В 2014 году был продолжен прогнозный мониторинг сейсмичности по алгоритму RTP в Курило-Камчатском регионе ($M \geq 7,2$), Японии ($M \geq 7,2$), Калифорнии ($M \geq 6,4$), Италии ($M \geq 5,5$), восточном Средиземноморье ($M \geq 6,0$) и на севере Тихоокеанского сейсмического пояса ($M \geq 7,2$) с целью оценки достоверности прогнозов по этому алгоритму и поиска способов его уточнения и повышения надежности. Результаты мониторинга приведены в интернете (<http://rptest.org/>). Анализ полученных в 2014 году результатов показывает отсутствие изменения суммарной оценки эффективности алгоритма RTP за весь период мониторинга (с 2003 г.).

Проанализирована эффективность метода, применяемого для прогноза землетрясений M5.5+ в Италии, и на этом примере продемонстрированы слабые места подхода к тестированию прогнозных алгоритмов, принятого Сообществом по изучению предсказуемости землетрясений (Collaboratory for the Study of Earthquake Predictability, CSEP). По полученным результатам опубликована статья [6].

На основе применения алгоритма EAST к прогнозу землетрясений магнитуды 5 и выше в Калифорнии за период 5,5 лет получено подтверждение его эффективности и аргументы в пользу лежащего в его основе предположения о связи напряжений с параметром c закона Омори-Утсу убывания со временем числа афтершоков. Полученные результаты представлены в докладе [26].

2.2. Изучение сейсмичности и оценка сейсмической опасности

Разработан метод мультимасштабного анализа пространственно-временных вариаций представительности каталогов землетрясений.

Построена карта пространственно-временных вариаций магнитуды полной регистрации для основных разломов северной и центральной Калифорнии в 1981-2014 гг. Уровень регистрации варьирует от 0,9 на разломе Южный Калаверас до 2,2 на северном сегменте разломов Маакама и Бартлете Спрингс. Выявлено небольшое снижение уровня регистрации в 1996-2003 гг.

В рамках российско-индийского и российско-китайского сотрудничества исследована возможность составления карт общего сейсмического районирования на основе Общего закона подобия для землетрясений, в частности, для Прибайкалья. Результаты опубликованы в статье [9].

В рамках российско-итальянского сотрудничества в качестве пилотного исследования произведено сравнение имеющихся карт общего сейсмического районирования Италии, включая построенные исходя из вероятностного и недетерминистического подходов к оценке сейсмической опасности, с картами, построенными на основе Общего закона подобия для землетрясений, обобщающего соотношение Гутенберга-Рихтера. Результаты опубликованы в статьях [7, 8] и представлены в докладе [22].

Завешен анализ достоверности ранее полученных результатов распознавания возможных мест сильных землетрясений в ряде сейсмоактивных регионов. На основе схемы морфоструктурного районирования Паданской впадины (северная Италия) проведено распознавание сейсмоопасных узлов (окрестностей пересечений морфоструктурных линеаментов) для $M \geq 5,0$. Полученные результаты позволяют уточнить оценки сейсмической опасности для этого региона. Проведено распознавание сейсмоопасных узлов (окрестностей пересечений морфоструктурных линеаментов) для $M \geq 5,0$ в рифтовой зоне Кач (Индия). Результаты распознавания позволяют существенно улучшить оценку сейсмической опасности этой части Индийского щита. По полученным результатам опубликована статья [11] и сделан доклад [15].

Изучены сейсмоактивные межблоковые зоны востока азиатской части РФ и прилегающих стран ближнего зарубежья. Проанализировано расположение активных разломов, линеаментов и эпицентров землетрясений с корректировкой границ блоков. На всей изученной территории получена оценка высвобождающейся сейсмической энергии, изменения которой на площади отображены в изолиниях и цвете в системе ArcGIS. Построены глубинные сейсмические разрезы (СМТ 2014) и графики диссипации энергии вдоль трансектов (NEIC 2013), пересекающих наиболее активные межблоковые зоны. Выполнена работа по сбору и систематике материалов по горно-обогатительным и горнодобывающим предприятиям РФ (Дальневосточный федеральный округ). Полученные результаты опубликованы в статьях [1, 2] и по ним сделаны доклады [13, 14].

Разработан новый подход к оценке сейсмической опасности, использующий как наблюдаемые (цифровые и исторические), так и модельные землетрясения. Он основан на создании стохастических каталогов землетрясений значительной общей временной протяженностью из каталогов

наблюденной и модельной сейсмичности с помощью метода Монте-Карло. Объединенный стохастический каталог вмещает значительное число экстремальных (большой магнитуды) событий. Пиковые грунтовые ускорения вычисляются для каждого события объединенного стохастического каталога. Разработанный подход применен к изучению сейсмической опасности Тибет-Гималайского региона. Новая модель сейсмической опасности региона наиболее адекватно отражает интенсивность колебаний и предсказывает сильные пиковые грунтовые ускорения в районе Сичуана, где произошло сильное землетрясение ($M = 7,9$) в 2008 г. Полученные результаты частично опубликованы в статьях [3, 4] и представлены в докладах [16-20].

Выполнены исследования по оценке эффектов от землетрясений на основе изучения макросейсмических данных и стохастической модели очага землетрясения. Полученные результаты представлены в докладах [24, 25].

2.3. Моделирование динамики блоковых структур

Разработана модель блоковой структуры региона Кач (Индия) на основе региональной морфоструктурной схемы и карты разломов и проведено численное моделирование региональной сейсмичности и геодинамики. Результаты моделирования подтверждают, что основной движущей тектонической силой является сжатие с главной осью направленной на северо-запад. При этом направлении сжатия модель воспроизводит региональное пространственное распределение эпицентров, параметры закона повторяемости, типичные механизмы очагов и локализацию сильнейших землетрясений на разломах Аллач-Бунд и Северный Вагад, где были зарегистрированы землетрясения с магнитудой 7,7 в 1819 и 2001 гг. Результаты моделирования показывают, что региональная сейсмичность является результатом динамики всей системы тектонических блоков, а не отдельных разломов. По полученным результатам опубликована статья [12].

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные по теме исследования являются вкладом в решение задачи прогноза землетрясений. В настоящее время можно утверждать, что методы среднесрочного прогноза землетрясений позволяют существенно снизить неопределенность во времени и месте будущих сильных землетрясений. Получен определенный прогресс в области разработки подходов к краткосрочному прогнозу землетрясений. Для объективной оценки достоверности результатов прогноза землетрясений имеют значение разработанные методы статистического анализа применения алгоритмов прогноза. Важное значение для сокращения ущерба от землетрясений и, соответственно, повышения защищенности общества от сейсмической опасности имеют также полученные результаты в области оценки сейсмического риска. Результаты моделирования динамики блоковых структур и сейсмичности для конкретных сейсмоактивных регионов углубляют понимание связей между геодинамикой и сейсмичностью.

По результатам выполненных исследований опубликовано 12 статей в рецензируемых отечественных и рейтинговых зарубежных журналах и сделано 14 докладов на международных научных конференциях.

4. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Статьи, опубликованные в рецензируемых отечественных и рейтинговых зарубежных журналах

1. Гатинский Ю.Г., Владова Г.Л., Прохорова Т.В., Рундквист Д.В., Соловьев, А.А. Современная геодинамика горнопромышленных регионов европейской части России и ближнего зарубежья [Электронный ресурс] // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время, 2014, т.5, вып.1, часть 1. Стационарный сетевой адрес: 2227-9490e-aprov_r_east5-1-1.2014.61. <http://j-spacetime.com/actual%20content/t5v1p1/> http://www.j-spacetime.com/content/PDF/Tom%205%20Vip%201/2227-9490e-aprov_r_east5-1-1.2014.61.pdf
2. Gatinsky, Yu.G., and T.V.Prokhorova, Superficial and deep structure of Central Asia as example of continental lithosphere heterogeneity. *Universal Journal of Geoscience*, 2014, 2, 2: 43-52, DOI:10.13189/ujg.2014.020202.
3. Ismail-Zadeh, A. Extreme natural hazards and societal implications – ENHANS. In A.Ismail-Zadeh, J.U.Fucugauchi, A.Kijko, K.Takeuchi, and I.Zaliapin (eds), *Extreme Natural Hazards, Disaster Risks and Societal Implications*, Cambridge Univ. Press, Cambridge UK, 2014: 3-14.
4. Ismail-Zadeh, A. Extreme seismic events: from basic science to disaster risk mitigation. In A.Ismail-Zadeh, J.U.Fucugauchi, A.Kijko, K.Takeuchi, and I.Zaliapin (eds), *Extreme Natural Hazards, Disaster Risks and Societal Implications*, Cambridge Univ. Press, Cambridge UK, 2014: 47-60.
5. Kossobokov, V. Chapter 18. Times of increased probabilities for occurrence of catastrophic earthquakes: 25 years of hypothesis testing in real time. In M.Wyss and J.Shroder (eds), *Earthquake Hazard, Risk, and Disasters*. Elsevier, London, 2014: 477-504.
6. Molchan, G., and L.Romashkova, Forecasting ability of a multi-renewal seismicity model. *Pure Appl. Geophys.*, 2014, 171: 2339–2352, DOI:10.1007/s00024-014-0796-9.
7. Nekrasova, A., V.Kossobokov, A.Peresan, and A.Magrin, The comparison of the NDSHA, PSHA seismic hazard maps and real seismicity for the Italian territory. *Natural Hazards*, 2014, 70, 1: 629-641, doi: 10.1007/s11069-013-0832-6.
8. Panza, G.F., V.Kossobokov, A.Peresan, and A.Nekrasova, Chapter 12. Why are the standard probabilistic methods of estimating seismic hazard and risks too often wrong? In M.Wyss and J.Shroder (eds), *Earthquake Hazard, Risk, and Disasters*. Elsevier, London, 2014: 309-357.
9. Parvez, I.A., A.Nekrasova, and V.Kossobokov, Estimation of seismic hazard and risks for the Himalayas and surrounding regions based on Unified Scaling Law for Earthquakes. *Natural Hazards*, 2014, 71, 1: 549-562, doi:10.1007/s11069-013-0926-1.
10. Shebalin, P.N., C.Narteau, J.D.Zechar, and M.Holschneider, Combining earthquake forecasts using differential probability gains. *Earth, Planets and*

Space, 2014, **66**, Article Number 37, doi:10.1186/1880-5981-66-37 (published online 23 May 2014).

11. Soloviev, A.A., A.D.Gvishiani, A.I.Gorshkov, M.N.Dobrovolsky, and O.V.Novikova, Recognition of earthquake-prone areas: Methodology and analysis of the results. *Izvestiya. Physics of the Solid Earth*, 2014, **50**, 2: 151-168, DOI:10.1134/S1069351314020116.
12. Vorobieva, I., P.Mandal, and A.Gorshkov, Numerical modeling of seismicity and geodynamics of the Kachchh rift zone, Gujarat, India. *Tectonophysics*, 2014, **634**, 5 November 2014: 31-43, doi: 10.1016/j.tecto.2014.07.020.

Доклады на международных научных конференциях

13. Гатинский Ю.Г., Прохорова Т.В., Рундквист Д.В. Активные разломы и сейсмичность территории стран СНГ Центральной Азии // Активные разломы и их значение для оценки сейсмической опасности: современное состояние проблемы: Материалы XIX научно-практической конференции с международным участием, Москва, ИФЗ РАН, 7-10 окт. 2014 / под ред. д.г.-м.н., профессора Е.А. Рогожина, к.г.-м.н. Л.И. Надежка. – Воронеж: Научная книга, 2014. С.100-105.
14. Gatinsky, Yu., and T.Prokhorova, Reflection of central Asia block structure in modern geophysical fields. In *2014 Convention & 11th International Conference on Gondwana to Asia, Beijing, China, Sept. 20-21, 2014. Abstract Volume, IAGR Conference Series No. 20*: 27-30.
15. Gorshkov, A., A.Peresan, A.Soloviev, and G.F.Panza, Seismic hazard assessment and pattern recognition of earthquake prone areas in the Po Plain (Italy). *Geophysical Research Abstracts*. Volume 16, EGU2014-10787, 2014.
16. Ismail-Zadeh, A. Earthquake hazards and disasters. Keynote lecture at the Conference of the Indian Geophysical Union, Hyderabad, India, 9 January 2014.
17. Ismail-Zadeh, A. Where, when and why does earthquake hazard turn to become a disaster? *Geophysical Research Abstracts*. Volume 16, EGU2014-2724, 2014. EGU General Assembly 2014.
18. Ismail-Zadeh, A. Where, when and why an earthquake hazard becomes a disaster?" Invited talk at the *International Institute of Applied System Analysis*, Laxemburg, Austria, 29 April 2014.
19. Ismail-Zadeh, A. Science-driven approach to disaster risk reduction. Keynote lecture, *International Conference "Improving Geophysical Risk Assessment, Forecasting, and Management (GEORISK2014)"*, Madrid, Spain, 18 November 2014.
20. Ismail-Zadeh, A. Science-driven approach to disaster risk and crisis management (Invited). *Eos Trans. AGU*, **95**(52), *Fall Meet. Suppl.*, Abstract NH31D-01, 2014.
21. Kossobokov, V. Science should warn people of looming disaster. *Geophysical Research Abstracts*. Volume 16, EGU2014-6062, 2014. EGU General Assembly 2014.

22. Kossobokov, V., and A. Nekrasova, Seismic hazard and risks based on the Unified Scaling Law for Earthquakes. *Geophysical Research Abstracts*. Volume 16, EGU2014-5563, 2014. EGU General Assembly 2014.
23. Kossobokov, V.G. Predicting predictable: Accuracy and reliability of earthquake forecasts. *Eos Trans. AGU*, **95**(52), *Fall Meet. Suppl.*, Abstract S53D-4551, 2014.
24. Kronord, T., M. Radulian, G.F. Panza, A. Peresan, The macroseismic data set and isoseismals for the strongest Vrancea earthquakes. In *Prima Conferinca Nationala de Inginerie Seismica i Seismologie. 19-20 iunie 2014, Bucuresti*.
25. Molchan, G. Stochastic earthquake source model: omega-square hypothesis and directivity effect (invited). In *30th IUGG Conference on Mathematical Geophysics, 2-6 June 2014, Merida Yucatan, Mexico. Book of Abstracts*.
26. Narteau, C., P. Shebalin, and M. Holschneider, Evolution of aftershock statistics with depth. *Eos Trans. AGU*, **95**(52), *Fall Meet. Suppl.*, Abstract S51B-2368, 2014.