

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. № 2016-1



УТВЕРЖДАЮ

Директор ИТПЗ РАН

член-корреспондент РАН

А.А.Соловьев

« 21 января » 2016 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 2015 год)

Заведующий лабораторией № 1
канд. техн. наук

И.В. Кузнецов

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

А.И. Горшков

Москва 2016

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

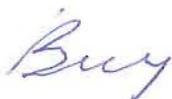
Руководитель работы,
директор ИТПЗ РАН
чл.-корр. РАН



А.А. Соловьев

Ответственные исполнители:

ст. науч. сотр.
канд. физ.-мат. наук



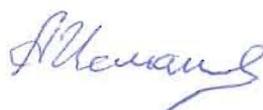
И.А. Воробьева

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



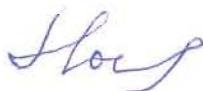
И.В. Кузнецов

науч. сотр.
канд. физ.-мат. наук



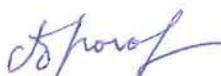
А.К. Некрасова

науч. сотр.



О.В. Новикова

науч. сотр.



Т.В. Прохорова

гл. науч. сотр.
докт. физ.-мат. наук



П.Н. Шебалин

РЕФЕРАТ

Отчет 17 с., 6 рис., 1 табл., 30 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 2015 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	12
2.3. Моделирование динамики блоковых структур	13
3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	14
4. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	15

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

Изучена взаимосвязь между природными опасностями и стихийными бедствиями. Показано, что воздействие природных событий связано напрямую с уязвимостью. Предложен новый подход к интегрированным исследованиям риска от землетрясений, вулканических извержений, лавовых потоков, цунами и других опасностей, основанный на совместном трансдисциплинарном исследовании сложных задач (от постановки задач до реализации и внедрения их решений). Подход нацелен на глубинное исследование природной опасности и уязвимости, на оценку риска с помощью системного анализа и подразумевает подготовку на основе результатов исследований пакета рекомендаций по сокращению ущерба от природных опасностей. Полученные результаты опубликованы в [2, 14].

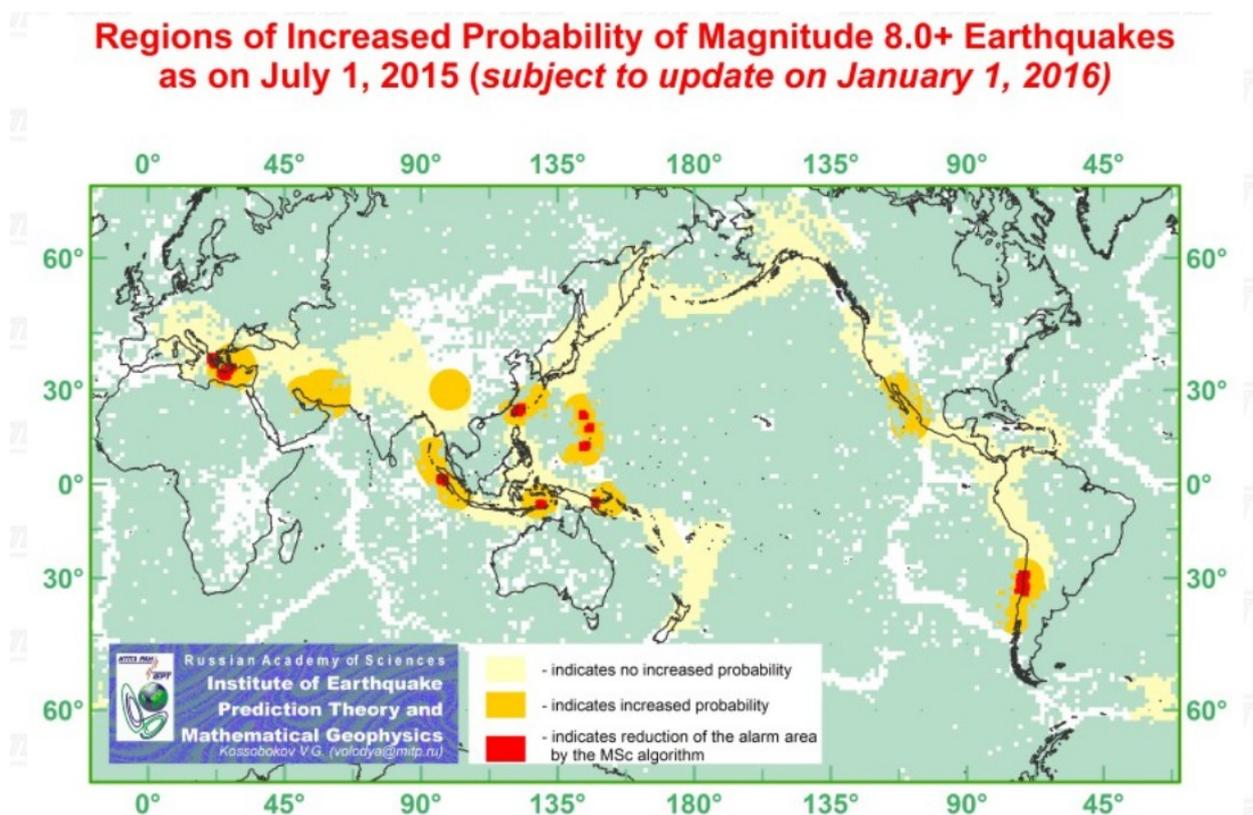


Рисунок 1. Прогноз землетрясений с $M \geq 8,0$, полученный с помощью алгоритма M8 на 01.07.2015 (области тревоги показаны желтым цветом), и его уточнение с помощью алгоритма MSc (показано красным цветом).

В 2015 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 01.07.2015.

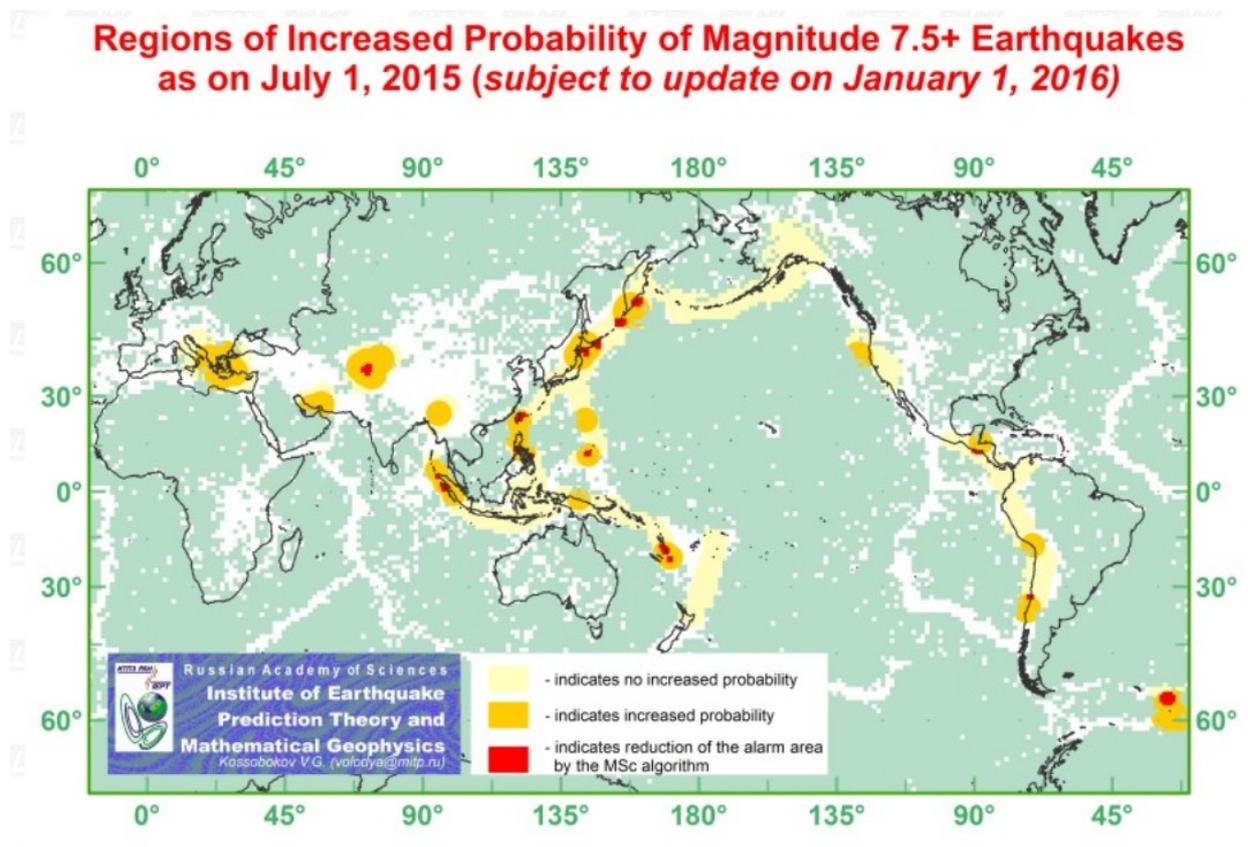


Рисунок 2. Прогноз землетрясений с $M \geq 7,5$, полученный с помощью алгоритма M8 на 01.07.2015 (области тревоги показаны желтым цветом), и его уточнение с помощью алгоритма MSc (показано красным цветом).

В 2015 г. произошло единственное землетрясение с $M \geq 8,0$ (16.09.2015, Чили, $M = 8,2$), эпицентр которого оказался в зоне тревоги, объявленной с помощью алгоритма (рис. 3). В областях применения алгоритма для прогноза землетрясений с $M \geq 7,5$ произошло два таких землетрясения (30.05.2015, Япония, $M = 7,9$; 26.10.2015, Афганистан, $M = 7,5$). Эпицентр афганского землетрясения оказался в зоне тревоги для $M \geq 7,5$ (рис. 4). Эпицентр японского землетрясения оказался вне такой зоны, что может быть объяснено экстремально большой глубиной гипоцентра (680 км), но попал в зону тревоги для $M \geq 8,0$ (рис. 5). Еще одно землетрясение с $M \geq 7,5$ (25.04.2015, Непал, $M = 7,9$) произошло за пределами области тестирования алгоритма для $M \geq 7,5$, но его эпицентр находится на расстоянии около 77 км от юго-восточной границы области тревоги для $M \geq 8,0$ (рис. 6).

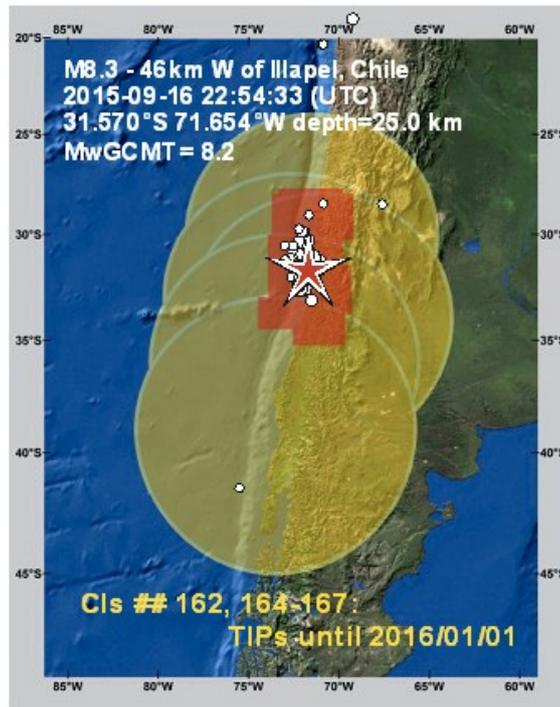


Рисунок 3. Звездочкой показан эпицентр чилийского землетрясения (16.09.2015, $M = 8,2$), желтые круги обозначают область тревоги для землетрясений с $M \geq 8,0$, красным цветом показано уточнение области тревоги с помощью алгоритма MSc.

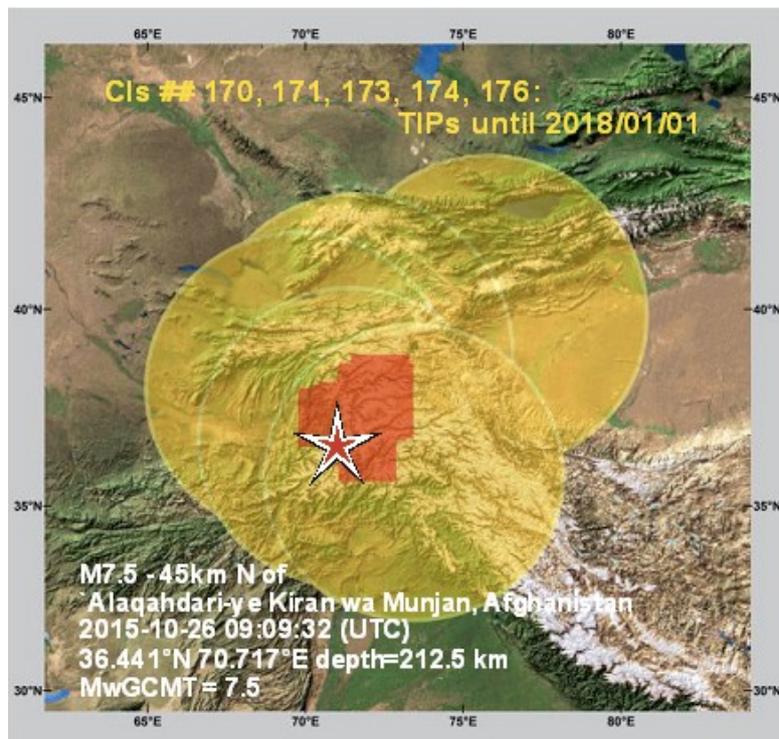


Рисунок 4. Звездочкой показан эпицентр афганского землетрясения (26.10.2015, $M = 7,5$), желтые круги обозначают область тревоги для землетрясений с $M \geq 7,5$, красным цветом показано уточнение области тревоги с помощью алгоритма MSc.

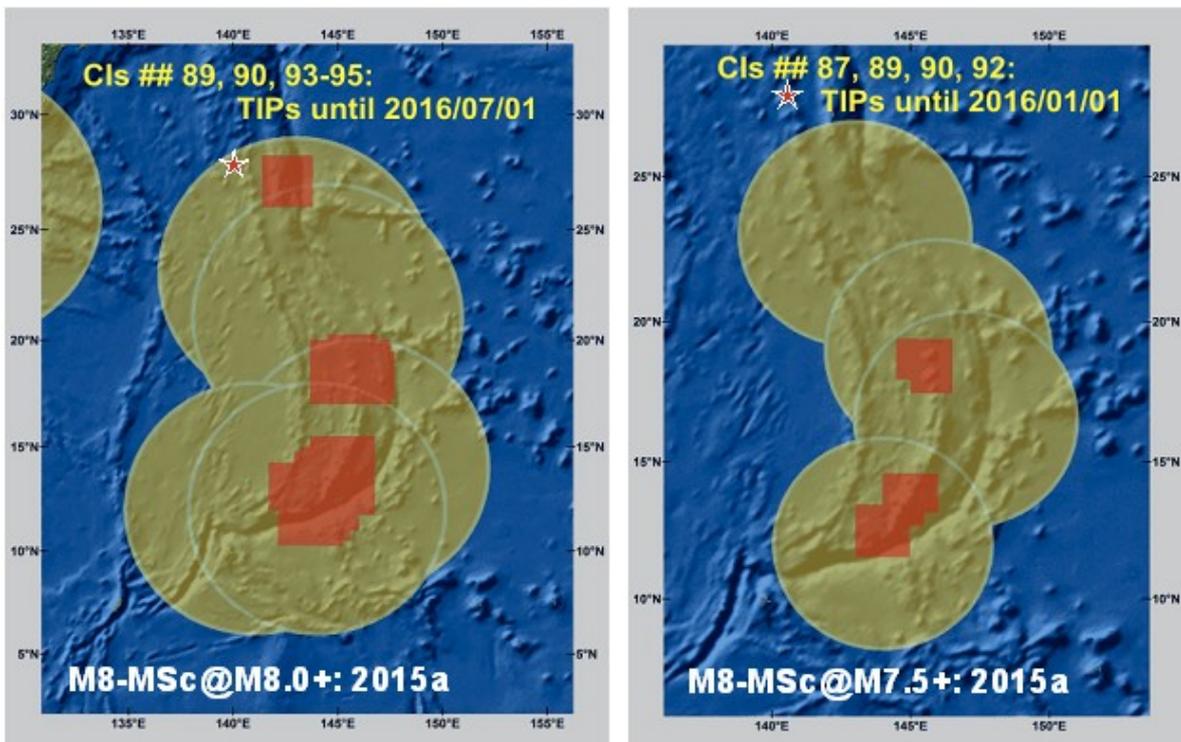


Рисунок 5. Звездочкой показан эпицентр японского землетрясения (30.05.2015, $M = 7,9$), желтые круги обозначают область тревоги для землетрясений с $M \geq 8,0$ (левый рисунок) и с $M \geq 7,5$ (правый рисунок), красным цветом показано уточнение областей тревоги с помощью алгоритма MSc.

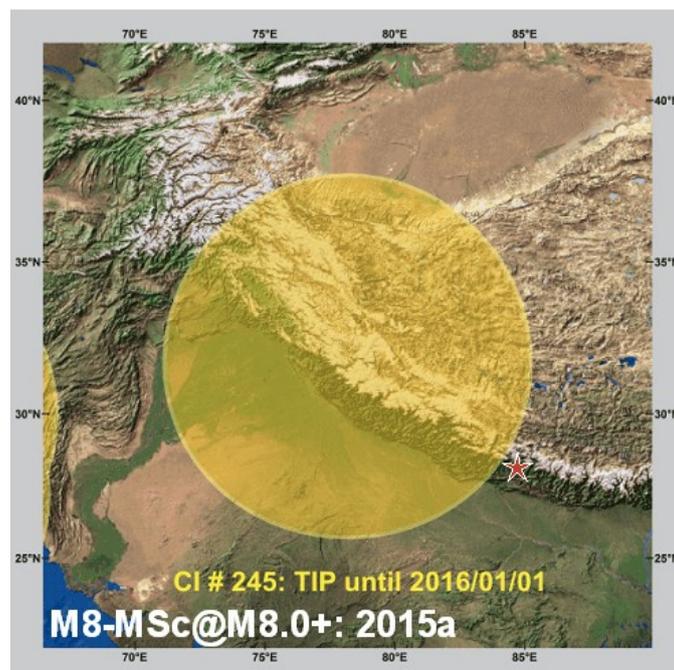


Рисунок 6. Звездочкой показан эпицентр непальского землетрясения (25.04.2015, $M = 7,9$), желтый круг обозначают область тревоги для землетрясений с $M \geq 8,0$.

В 2015 году выполнен анализ результатов этого многолетнего эксперимента за период до конца 2015 года. 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 опубликованы статьи [5, 7, 8] и сделаны доклады [18, 19, 21].

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>							
1985-2015	25	17	11	32,84	16,62	0,03	0,12
1992-2015	23	15	9	29,80	14,78	0,05	0,38
<i>Диапазон M7,5+</i>							
1985-2015	74	41	17	28,54	9,30	< 0,01	0,04
1992-2015	62	31	11	23,16	8,33	< 0,01	1,28

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 2015 г. 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 ($M \geq 7.2$). Не было диагностировано новых тревог, и в рассматриваемых регионах не было сильных землетрясений с магнитудой, превышающей порог для прогноза. Результаты мониторинга приведены в интернете (<http://rtpstest.org/>).

Разработанный ранее метод комбинирования прогнозов землетрясений различных типов - вероятностных и детерминистских (включая произвольные карты и предвестники) был использован для количественного оценивания изменения вероятности сильных землетрясений в случае возникновения явлений, демонстрирующих проявление группирования сейсмичности в пространстве и времени: сильное землетрясение с афтершоками, рои землетрясений, локальная и региональная активизация, сейсмическое затишье. На первом этапе были проведены исследования с применением подхода нормализованных расстояний для параметризации различных типов группирования землетрясений: сильное землетрясение с афтершоками, рои землетрясений, локальная и региональная активизация, сейсмическое затишье. Оказалось, что лишь в части случаев данный метод

позволяет отделить рои землетрясений от последовательности афтершоков. Выяснено, что для проведения надежной параметризации необходимы дополнительные исследования. Полученные результаты опубликованы в статье [4], и по ним сделаны доклады [15, 16, 26-30].

2.2. Изучение сейсмичности и оценка сейсмической опасности

Предложен новый метод оценки опасности, что важно в связи с разрушительными землетрясениями, произошедшими в последние годы в регионах, где оценка опасности была существенно занижена. Метод основан как на исторических и наблюдаемых землетрясениях, так и на смоделированных событиях большой магнитуды и был применен к Сичуанскому региону Китая, где в 2008 г. произошло сильное землетрясение. Исследование показало значительно более высокую эффективность нового подхода по сравнению с классическим. Результаты исследований опубликованы в статье [13].

В рамках российско-индийского и российско-китайского сотрудничества исследованы возможности составления карт общего сейсмического районирования на основе Общего закона подобия для землетрясений, в частности, для Гималаев, Прибайкалья, Северного Кавказа и Крыма. Установлено значительное изменение сейсмической опасности в среднесрочном масштабе времени. Результаты опубликованы в двух статьях [9, 10], и по ним сделаны доклады [20, 22, 23].

В рамках российско-итальянского сотрудничества в качестве пилотного исследования произведено сравнение имеющихся карт общего сейсмического районирования региона Фриули-Венеция-Джулия (Италия), включая построенные исходя из вероятностного и недетерминистского подходов к оценке сейсмической опасности, а на основе также Общего закона подобия для землетрясений, обобщающего соотношение Гутенберга-Рихтера. Полученные результаты опубликованы в двух статьях [6, 11], и по ним сделаны доклады [24, 25].

На основе исследования землетрясений на системе разломов Сан-Андреас (центральная Калифорния) выявлена статистически значимая потеря линейности графика повторяемости на сегментах с высокой скоростью крипа: наклон b в диапазоне слабых землетрясений ($M < 3$) существенно меньше, чем в диапазоне больших магнитуд ($M \geq 3$). Величина b для землетрясений с $M \geq 3$ демонстрирует сильную положительную корреляцию со скоростью крипа, тогда как для землетрясений с $M < 3$ не зависит от скорости крипа. Потеря линейности графика повторяемости может объясняться недостатком сильных событий: при быстром нагружении радиус взаимодействия уменьшается, что не позволяет образоваться большому событию.

Завершено изучение сейсмоактивных межблоковых зон востока азиатской части РФ и прилегающих стран ближнего зарубежья. На основе полученных в 2014 году данных выбраны наиболее сейсмоактивные зоны и

рассмотрено глубинное строение литосферы под ними и вблизи них с установлением связи геодинамической активности с аномалиями различных геофизических полей. В этих зонах выделены участки с максимально интенсивным высвобождением сейсмической энергии. Для каждого из этих участков на основе распространения эпицентров наиболее сильных событий и максимальных объемов высвобождающейся сейсмической энергии построены, с определенной долей осторожности, зоны возможного возникновения очагов землетрясений и выполнен подсчет энергии в них. Полученные результаты опубликованы в статьях [1, 3].

Продолжены работы по определению мест возможного возникновения сильных землетрясений на основе применения методов распознавания образов и морфоструктурного районирования. Определены сейсмоопасные узлы в ряде платформенных внутриплитовых территорий, включая литосферный блок Корсика-Сардиния, рифтовую зону Кач на западе Индийского щита и Центральный массив на юге Франции. Установлено качественное подобие геолого-геофизических признаков сейсмоопасных узлов для этих территорий. По полученным результатам опубликована статья [12], и сделан доклад [17].

2.3. Моделирование динамики блоковых структур

Разработана блоковая модель Гималаев на основе региональной морфоструктурной схемы. Тектонические движения в модели задаются в соответствии с наблюдениями GPS. Проведен ряд численных экспериментов для различных реологических моделей с целью наиболее точного воспроизведения свойств зарегистрированной сейсмичности.

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 имеет значение анализ результатов многолетнего применения алгоритмов прогноза в реальном режиме времени. 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 13 статей в рецензируемых отечественных и рейтинговых зарубежных журналах, подготовлен отчет Международного совета научных союзов (ICSU), и сделано 16 докладов на международных научных конференциях.

4. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Статьи, опубликованные в рецензируемых отечественных и рейтинговых зарубежных журналах

1. Гатинский Ю.Г., Прохорова Т.В., Рундквист Д.В., Соловьев А.А. Современная геодинамика горнопромышленных регионов азиатской части России и ближнего зарубежья [Электронный ресурс] // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время, 2015, т.8, вып.2. Стационарный сетевой адрес: 2227-9490e-aprovr_east8-2.2015.81.
2. Cutter, S.L., A. Ismail-Zadeh, I. Alcántara-Ayala, O. Altan, D.N. Baker, S. Briceño, H. Gupta, A. Holloway, D. Johnston, G.A. McBean, Y. Ogawa, D. Paton, E. Porio, R.K. Silbereisen, K. Takeuchi, G.B. Valsecchi, C. Vogel, and G. Wu, Global risks: Pool knowledge to stem losses from disasters. *Nature*, 2015, **522**, 7556: 277-279, doi:10.1038/522277a.
3. Gatinsky, Yu.G., and T.V. Prokhorova, Seismic active zones in South Siberia, Russian Far East, and adjacent countries. *Russ. J. Earth Sci.*, 2015, **15**, 3, ES3003, doi:10.2205/2015ES000554.
4. Hatano, T., C. Narteau, and P. Shebalin, Common dependence on stress for the statistics of granular avalanches and earthquakes. *Scientific Reports*, 2015, **5**, Article 12280, doi:10.1038/srep12280.
5. Kossobokov, V.G., A. Peresan, and G.F. Panza, On operational earthquake forecast and prediction problems. *Seism. Res. Lett.*, 2015, **86**, 2AA: 287-290, doi:10.1785/0220140202.
6. Kossobokov, V., A. Peresan, and G.F. Panza, Reality check: Seismic hazard models you can trust. *EOS. Earth & Space Sci. News*, July 2015, **96**, 13: 9-11, doi:10.1029/2015EO031919.
7. Kossobokov, V.G., and A.A. Soloviev, Evaluating the results of testing algorithms for prediction of earthquakes. *Doklady Earth Sciences*, 2015, **460**, 2: 192-194, doi:10.1134/S1028334X15020208.
8. Mojarab, M., V. Kossobokov, H. Memarian, and M. Zare, An application of earthquake prediction algorithm M8 in eastern Anatolia at the approach of the 2011 Van earthquake. *Journal of Earth System Science*, 2015, **124**, 5: 1047-1062, doi:10.1007/s12040-015-0584-7.
9. Nekrasova, A.K., V.G. Kossobokov, and I.A. Parvez, Seismic hazard and seismic risk assessment based on the unified scaling law for earthquakes: Himalayas and adjacent regions. *Izvestiya. Physics of the Solid Earth*, 2015, **51**, 2: 268-277, doi:10.1134/S1069351315010103.
10. Nekrasova, A., V. Kossobokov, I.A. Parvez, and X. Tao, Seismic hazard and risk assessment based on the unified scaling law for earthquakes. *Acta Geodaetica et Geophysica*, 2015, **50**, 1: 21-37, doi:10.1007/s40328-014-0082-4.
11. Nekrasova, A., A. Peresan, V.G. Kossobokov, and G.F. Panza, Chapter 7: A new probabilistic shift away from seismic hazard reality in Italy? In B. Aneva and M. Kouteva-Guentcheva (eds), *Nonlinear Mathematical Physics and*

Natural Hazards, Springer Proceedings in Physics (Vol. 163). Springer, 2015: 83-103, doi:10.1007/978-3-319-14328-6_7.

12. Peresan, A., A. Gorshkov, A. Soloviev, and G.F. Panza, The contribution of pattern recognition of seismic and morphostructural data to seismic hazard assessment. *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, 2015, **56**, 2: 295-328, doi:10.4430/bgta0141.
13. Sokolov, V., and A. Ismail-Zadeh, Seismic hazard from instrumentally recorded, historical and simulated earthquakes: Application to the Tibet-Himalayan region. *Tectonophysics*, 2015, **657**, 30 August 2015: 187-204, doi:10.1016/j.tecto.2015.07.004.

Отчет международной научной организации

14. Ismail-Zadeh, A., and S. Cutter (eds), *Disaster Risks Research and Assessment to Promote Risk Reduction and Management*. Paris: ICSU-ISSC Ad-hoc Group on Disaster Risk Assessment, March 12, 2015. Available at: http://www.icsu.org/science-for-policy/disaster-risk/documents/DRRsynthesisPaper_2015.pdf

Доклады на международных научных конференциях

15. Baranov, S., and P. Shebalin, Applying clustering model and Gutenberg-Richter's law to forecast large aftershocks. *9-th International Workshop on Statistical Seismology*, Potsdam, Germany, 15-17 June 2015. Abstract. Poster published: https://statsei9.quake.gfz-potsdam.de/lib/exe/fetch.php?media=13_presentations:poster_baranov.pdf
16. Baranov, S., and P. Shebalin, Forecasting rates of large aftershocks. *26th IUGG General Assembly*. Abstract: S10p-542.
17. Gorshkov, A., Y. Gaudemer, P. Mandal, and O. Novikova, Identification of earthquake-prone areas in some intraplate regions. *26th IUGG General Assembly*. Abstract: S07p-328
18. Kossobokov, V. Predicting predictable about natural catastrophic extremes. *Geophysical Research Abstracts*. Volume 17, EGU2015-7006, 2015. EGU General Assembly 2015.
19. Kossobokov, V.G. Predictability of great earthquakes: the 25 April 2015 M7.9 Gorkha (Nepal). *Eos Trans. AGU*, **96**(52), *Fall Meet. Suppl.*, Abstract S43D-2843, 2015.
20. Kossobokov, V., A. Nekrasova, I. Parvez, and X. Tao, Unified Scaling Law for Earthquakes: Seismic hazard and risk assessment for Himalayas, Lake Baikal, and Central China regions. *Geophysical Research Abstracts*. Volume 17, EGU2015-7057, 2015. EGU General Assembly 2015.
21. Kossobokov, V., A. Peresan, and G. Panza, Long lasting practice and objectivist vision of Operational Earthquake Forecasting (OEF). *26th IUGG General Assembly*. Abstract: IUGG-3168.
22. Nekrasova, A.K., and V.G. Kossobokov, Seismic hazard assessment based on the Unified Scaling Law for Earthquakes: the Greater Caucasus. *Eos Trans. AGU*, **96**(52), *Fall Meet. Suppl.*, Abstract NH51D-1926, 2015.

23. Nekrasova,A., V.Kossobokov, and I.Parvez, Seismic hazard and risk assessment based on unified scaling law for earthquakes: Thirteen principal urban agglomerations of India. *26th IUGG General Assembly*. Abstract: IUGG-3553.
24. Peresan,A., A.Nekrasova, V.G.Kossobokov, and G.F.Panza, Comparing seismic hazard maps and real seismicity for the Italian territory. *SSA 2015 Annual Meeting*, 21-23 April 2015, Pasadena, California.
25. Peresan,A., A.Nekrasova, V.G.Kossobokov, and G.F.Panza, Seismic hazard maps and real seismicity: a comparative analysis for the Italian territory. *6th Annual Conference of the International Society for Integrated Disaster Risk Management 2015 (IDRiM'15)*, 28-30 October 2015, New Delhi, India.
26. Shebalin,P. Linking probabilistic and deterministic forecast methods: systems analysis for predicting earthquakes (invited). *International Conference "Systems Analysis 2015". Book of Abstracts*. IIASA, Laxemburg, Austria, 11-14 November 2015.
27. Shebalin,P., and C.Narteau, Exploring aftershock properties with depth. *9-th International Workshop on Statistical Seismology*, Potsdam, Germany, 15-17 June 2015. Abstract. Presentation published: https://statsei9.quake.gfz-potsdam.de/lib/exe/fetch.php?media=13_presentations:1100_shebalin.pdf
28. Shebalin,P., and C.Narteau, Exploring aftershock properties to study stress magnitudes and frictional conditions. *26th IUGG General Assembly*. Abstract: IUGG-1774.
29. Shebalin,P., C.Narteau, and J.Zechar, How to combine rate-based earthquake forecasting models with precursory information or with non-normalized models? *26th IUGG General Assembly*. Abstract: IUGG-1766.
30. Shebalin,P., C.Narteau, J.Zechar, and M.Holschneider, Combining rate-based earthquake forecasting model. *9-th International Workshop on Statistical Seismology*, Potsdam, Germany, 15-17 June 2015. Abstract. Poster published: https://statsei9.quake.gfz-potsdam.de/lib/exe/fetch.php?media=13_presentations:poster_shebalin.pdf