



К 30-ЛЕТИЮ ИТПЗ РАН

А.И. Горшков

А.А. Соловьев

П.Н. Шебалин



Владимир Исаакович Кейлис-Борок

СОДЕРЖАНИЕ

ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА	4
ИССЛЕДОВАНИЯ	5
Прогноз землетрясений	5
Изучение сейсмичности	8
Моделирование сейсмичности	12
Оценка сейсмической опасности и риска	13
Модели структуры и динамики Земли	16
Изучение физических полей Земли, солнечной активности и изменений климата	18
Прогноз экстремальных событий в сложных системах и разработка математических методов анализа моделей нелинейных систем	21
СОТРУДНИЧЕСТВО С РОССИЙСКИМИ И ЗАРУБЕЖНЫМИ НАУЧНЫМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ	24
ПУБЛИКАЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ	25
ПУБЛИКАЦИИ	25

ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА

В соответствии с Распоряжением Совета Министров СССР от 27 июля 1989 г. № 1285р и Постановлением Президиума АН СССР от 14 ноября 1989 г. № 905 в январе 1990 года был создан Международный институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики АН СССР, в настоящее время – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики Российской академии (ИТПЗ РАН).

Институт был образован на базе Отдела вычислительной геофизики Института физики Земли (ИФЗ) им. О.Ю.Шмидта АН СССР. Его организатором и первым директором (в 1990-1998 гг.) был видный геофизик академик Владимир Исаакович Кейлис-Борок. Крупный вклад в создание Института внес академик (с 2011 г.) Алексей Джерменович Гвишиани. Создание Института проходило при активной поддержке академика Михаила Александровича Садовского и содействии академика (с 1992 г.) Владимира Николаевича Страхова, который в то время возглавлял ИФЗ. Коллектив Института формировался с 60-х годов прошлого века в рамках возглавляемого В.И. Кейлис-Бороком Отдела вычислительной геофизики ИФЗ. В его состав входили талантливые ученые Эрна Николаевна Бессонова, Борис Григорьевич Букчин, Алексей Джерменович Гвишиани, Михаил Львович Гервер, Юрий Алексеевич Колесников, Александр Федорович Кушнир, Александр Викторович Ландер, Анатолий Львович Левшин, Владимир Михайлович Маркушевич, Георгий Моисеевич Молчан, Борис Маркович Наймарк, Владилен Федорович Писаренко, Людмила Ивановна Ратникова, Ирина Михайловна Ротвайн и другие. Широкое международное признание получили результаты этого коллектива по разработке методов решения прямых и обратных задач сейсмологии, распознаванию мест возможного возникновения сильных землетрясений, поиску предвестников и прогнозу землетрясений, оценке сейсмической опасности и риска, разработке оптимальных стратегий сокращения ущерба от стихийных бедствий, вычислительной геодинамике, распознаванию подземных ядерных взрывов. Работы по этим направлениям были продолжены и после образования Института, но главный акцент был сделан на применение современных математических методов к исследованию критических (экстремальных) явлений в твердой Земле, с особым вниманием к прогнозу землетрясений. Этому, в частности, способствовало создание лаборатории математических проблем нелинейной динамики во главе с академиком Яковом Григорьевичем Синаем. Чрезвычайно плодотворными были совместные исследования в области математической геофизики с применениями к задачам, связанным с экологией и стихийными бедствиями, с группой сотрудников академика Юрия Сергеевича Осипова из Института математики и механики Уральского отделения РАН, в которую входили академики Виталий Иванович Бердышев, Арлен Михайлович Ильин, Аркадий Викторович Кряжковский, члены-корреспонденты РАН Владимир Васильевич Васин, Александр Георгиевич Ченцов и другие ученые. В области изучения связи геодинамики и сейсмичности выполнен ряд совместных работ с академиком Дмитрием Васильевичем Рундквистом.

ИССЛЕДОВАНИЯ

Прогноз землетрясений

Работы по прогнозу землетрясений развивались в трех основных направлениях: (1) создание теоретических основ прогноза; (2) поиск предвестников землетрясений и разработка алгоритмов прогноза; (3) применение разработанных алгоритмов с целью оперативного прогноза землетрясений и оценка достоверности получаемых результатов; (4) исследование возможностей применения результатов прогноза.

Исследования в области теории прогноза землетрясений основаны на представлении литосферы Земли в качестве нелинейной динамической системы, в которой сильные землетрясения являются экстремальными событиями. Эта концепция была сформулирована в статье [Keilis-Borok, 1990] и получила развитие в последующих работах [например, Keilis-Borok, 1994, 1996a, 2002; Keilis-Borok et al., 2001; Keilis-Borok and Soloviev, 2003]. Следуя этому подходу, в основу разработки алгоритмов прогноза землетрясений был положен поиск аномальных явлений (предвестников) в динамике литосферы, которые могли бы указывать на приближение сильного землетрясения. При этом алгоритм должен был включать анализ не отдельного предвестника, а комплекса предвестников, что позволяло учесть сложность поведения рассматриваемой системы. С этой целью при разработке алгоритмов прогноза применялись методы распознавания образов, ранее успешно зарекомендовавшие себя при решении задачи определения мест возможного возникновения сильных землетрясений. В качестве исходных данных использовались наблюдения глобальных и региональных сейсмических сетей (каталоги землетрясений), которые позволяют получить надежную и единообразную информацию о динамике фоновой сейсмичности рассматриваемого региона. К этому направлению могут быть также отнесены исследования, в результате которых впервые был разработан метод комбинирования принципиально разных типов прогноза землетрясений [Shebalin et al., 2012, 2014], 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.

Еще в рамках Отдела вычислительной геофизики ИФЗ были созданы алгоритм CN [Keilis-Borok and Rotwain, 1990], предназначенный для прогноза сильных землетрясений в отдельном сейсмоактивном регионе, и алгоритм M8 [Keilis-Borok and Kossobokov, 1990] для прогноза сильнейших землетрясений в глобальном масштабе. В дополнение к алгоритму M8 разработан алгоритм MSc [Kossobokov et al., 1990a, 1990b], который в ряде случаев позволяет выполнить детализацию уже объявленной тревоги путем существенного уменьшения размера области, где ожидается прогнозируемое землетрясение. В дальнейшем осуществлялись поиск новых сейсмологических предвестников [например, Narkunskaya and Shnirman, 1994; Kossobokov and Mazhkenov, 1994; Knopoff et al., 1996; Shebalin et al., 1996, 2000, 2011; Shebalin and Keilis-Borok, 1999; Keilis-Borok et al., 2002, 2008a; Zaliapin et al., 2002] и предвестников, основанных на

измерениях других геофизических полей [например, Gabrielov et al., 1996; Keilis-Borok, 1996b], а также разработка новых алгоритмов прогноза. Один из таких алгоритмов получил название “Reverse tracing of precursors” (RTP) [Воробьева и Шебалин, 2006; Shebalin et al., 2006]. Его отличительными особенностями являются сравнительно короткое время тревоги (9 месяцев) и определение области, где ожидается прогнозируемое землетрясение, в процессе применения алгоритма. Следует упомянуть также алгоритм прогноза повторного сильного землетрясения (ППСЗ) [Vorobieva and Levshina, 1994; Воробьева и Шебалин, 2006], который основан на идентификации признаков неустойчивости, предвещающих возникновение повторного сильного толчка в пространственно-временной окрестности первого сильного землетрясения.

В одной из первых работ по оценке статистической значимости результатов прогноза [Molchan et al., 1990] выполнена такая оценка для прогноза на основе применения предвестника землетрясений «взрыв афтершоков». В работе [Molchan and Romashkova, 2014] выполнен анализ применимости основанного на интервалах времени между событиями (the inter-event time) подхода к прогнозу сильных землетрясений.

С 1992 года ведется Глобальный эксперимент по применению алгоритма M8 и последующей детализацией с помощью алгоритма MSc [Kossobokov et al., 1997, 1999a, 1999b; Ismail-Zadeh and Kossobokov, 2011; Kossobokov, 2013, 2017, Кособоков и Соловьев, 2015]. 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. В Таблице 1 приведены оценки качества прогнозов с помощью алгоритмов M8 и MSc в рамках Глобального эксперимента. Оценки приведены, как для периода Глобального эксперимента с 1992 года по конец 2018 года, так и с учетом периода ретроспекции 1985-1991 гг. Статистическая достоверность результатов прогноза оценивается приведенными в Таблице 1 значениями вероятности p получения достигнутого результата случайным образом, когда не менее N_s землетрясений из N , попадут в долю τ пространства-времени при условии их независимого распределения. Используемая мера пространства-времени пояснена в примечании к таблице 1. Уровень доверия результатам прогноза равен $1 - p$. В соответствии с Таблицей 1 уровень доверия прогнозирования сильнейших землетрясений мира в Глобальном тесте алгоритмов M8 и M8-MSc значительно превосходит 99% во всех случаях кроме одного (96% при прогнозе M7,5+ по M8-MSc в 1992-2018 гг.). Заметное возрастание числа пропусков цели $N - N_s$ при сокращении вдвое доли пространства-времени тревог τ может быть связано с тем, что алгоритм MSc эффективен лишь при выполнении ряда дополнительных условий в областях диагностики. Следовательно, уточнение прогноза по пространству осуществлялось в эксперименте не для всех областей тревоги. Если в областях тревоги, где было невозможно применить алгоритм MSc, происходило ожидаемое землетрясение, то оно считалось предсказанным с помощью алгоритма M8, но пропуском цели при совместном применении алгоритмов M8 и MSc. Нетривиальность результатов прогноза землетрясений с $M \geq 8,0$ с помощью алгоритма M8 показана также в работах [Molchan and Romashkova, 2010, 2011].

Алгоритм CN применялся для прогноза землетрясений в 22 сейсмоактивных регионах [Rotwain and Novikova, 1999]. С 1998 года с помощью алгоритма CN выполняется

регулярный мониторинг сейсмической активности с целью прогноза землетрясений с $M \geq 5,4$ в северной Италии и землетрясений с $M \geq 5,6$ в центральной и южной Италии [Costa et al., 1995, 1996]. С 2002 года этот мониторинг был дополнен применением модификации алгоритма M8 для прогноза землетрясений в трех последовательных диапазонах магнитуд: $M \geq 5,5$, $M \geq 6,0$ и $M \geq 6,5$ [Kossobokov et al., 2002; Peresan et al., 2005; Kossobokov et al., 2015]. Результаты мониторинга представлены на странице ИТПЗ РАН в интернете.

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

Период теста	Сильные события			Доля объема тревоги τ , % *		Вероятность p , % **	
	Всего, N	Предсказано, N_s		M8	M8-MSc	M8	M8-MSc
		M8	M8-MSc				
<i>Диапазон M8,0+</i>							
1985-2018	27	17	11	32,84	16,62	0,06	0,09
1992-2018	25	15	9	29,80	14,78	0,09	0,25
<i>Диапазон M7,5+</i>							
1985-2018	85	43	17	28,54	9,30	0,003	0,16
1992-2018	73	33	11	23,16	8,33	0,018	3,90

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.

Алгоритм ППСЗ регулярно применяется в ситуациях, когда происходит достаточно сильное землетрясение и имеющиеся данные о сейсмичности достаточны для использования алгоритма. Накопленный опыт позволяет оценить статистическую значимость полученных с его помощью результатов на уровне 99% [Vorobieva and Panza, 1993; Vorobieva, 1999; Воробьева и Шебалин, 2006].

С 2003 года выполняется прогнозный мониторинг сейсмичности с помощью алгоритма 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. К настоящему времени еще не накоплено достаточно данных для оценки статистической значимости результатов, но был получен ряд успешных прогнозов [Shebalin et al., 2004, 1999; Воробьева и Шебалин, 2006; Шебалин, 2011].

Наряду с созданием алгоритмов прогноза и оценкой статистической значимости получаемых с их помощью результатов важной задачей является определение цели прогноза и выбор на этой основе его наилучшей стратегии. Одно из первых исследований в этом направлении выполнено в работах [Молчан, 1990; Molchan, 1990], где цель прогноза формулировалась как задача минимизации некоторой функции потерь, зависящей от двух долговременных характеристик: доли пропущенных событий и доли времени тревоги. В дальнейших исследованиях [Молчан, 1991, Molchan, 1991, 1994,

1997b, 2003; Molchan and Kagan, 1992] описана структура оптимальных стратегий прогноза для любых выпуклых функций потерь, выполнен анализ устойчивости прогноза, рассмотрена междисциплинарная проблема прогноза землетрясений с учетом экономики, включая возможность объявления нескольких типов тревог, каждый из которых связан с предотвращением определенных потерь. Качество прогноза времени землетрясений при фиксированном пространстве обычно характеризуется двумерной диаграммой, показывающей долю пропущенных событий относительно доли времени тревоги («диаграммой ошибок»). В работах [Molchan and Keilis-Borok, 2008; Molchan, 2010] исследовано обобщение этой диаграммы для случая прогноза пространства-времени. Подходы к разработке и принятию мер, позволяющих на основе прогноза сократить ущерб от землетрясения, рассмотрены в работах [Kantorovich and Keilis-Borok, 1991; Davis et al., 2010, 2012].

Обзоры исследований по прогнозу землетрясений можно найти в публикациях [Keilis-Borok et al., 2009a, 2016, Ismail-Zadeh, 2013].

Изучение сейсмичности

Исследования по изучению сейсмичности включают: (1) построение моделей очагов современных землетрясений, исследование эпицентральных зон, а также изучение точности локализации сейсмических событий по данным сетей наблюдения; (2) решение прямых и обратных задач сейсмологии; (3) создание алгоритмов повышения точности и надежности интерпретации сейсмических наблюдений и аппаратурные разработки; (4) применение статистических методов для изучения сейсмических процессов; (5) поиск закономерностей афтершоковых последовательностей и сейсмического режима в целом.

С целью определения параметров сейсмического очага была разработана и постоянно совершенствовалась методика, использующая данные о поляризации продольных волн совместно со спектрами поверхностных волн и учитывающая горизонтальную неоднородность Земли [Bukchin, 1995; Букчин, 2006, 2017; Bukchin et al., 2006, 2010]. В рамках этой методики путем перебора в пространстве параметров очага выполняется оценка тензора сейсмического момента, глубины очага и моментов второго порядка, что позволяет охарактеризовать пространственные и временные размеры источника, а также направление и скорость подвижки. Созданы алгоритмы, предназначенные для реализации на многопроцессорных ЭВМ [Фомочкина и Букчин, 2019]. С помощью разработанных методов построены модели очагов ряда сильных землетрясений, включая Суматро-Андаманское мегаземлетрясение 26.12.2004 [Букчин, 1992; Campos et al., 1994; Gomez et al., 1997a, 1997b; Aoudia et al., 2000; Lasserre et al., 2001; Clevede et al., 2004, 2012; Букчин и Мостинский, 2007]. Они также были применены для идентификации подземных ядерных взрывов [Bukchin et al., 2001]. В работах [Volynets and Voevoda, 1994; Voevoda, O.D., and L.N.Volynets, 1994] показана необходимость учета рельефа в эпицентральной зоне для корректной интерпретации проявлений сеймотектонических движений на поверхности Земли. Принято участие в анализе сеймотектонических деформаций в эпицентральной области Рачинского землетрясения 1991 года [Artekmann et al., 2008].

В области решения прямых и обратных задач сейсмологии осуществлены многочисленные теоретические исследования [Markushevich and Nyland, 1991;

Маркушевич и др., 1992; Киселев и Маркушевич, 1993, 1994; Markushevich et al., 1993, 1994a, 1994b, 2008; Brodov et al., 1994; Gerver, 1994, 1998, 2003; Fedorov and Markushevich, 1994; Markushevich, 1994a, 1994b; Markushevich and Tsemahman, 1994a, 1994b; Завадский и др., 1995; Кузнецов и Маркушевич, 1996; Гервер и Кудрявцева, 1997a, 1997b; Гашин и др., 1997; Kiselev et al., 1999a, 1999b; Kuznetsov and Markushevich, 2003; Kiselev and Markushevich, 2004; Markushevich and Kiselev, 2008].

Выполнен ряд совместных работ с Институтом вулканологии и сейсмологии ДВО РАН и Камчатским филиалом Федерального исследовательского центра "Единая геофизическая служба РАН", направленных на изучение сейсмичности и геодинамики Дальнего Востока. Исследована сейсмичность очаговой области сильнейшего Олюторского землетрясения, произошедшего 20.04.2006 в Корякии [Ландер и др., 2010]. Рассчитаны станционные поправки для станций Камчатской региональной сети и землетрясений области сочленения Камчатской и Алеутской дуг. Предложен новый подход к определению гипоцентров землетрясений, направленный на более полную характеризацию его неопределенности и неоднозначности [Дрознин и др., 2019]. Выполнен обзор сейсмичности Камчатки за 50-летний период наблюдений, на основе которого проведена регионализация сейсмоактивного объема Камчатки и прилегающих областей и выделен новый Корякский сейсмический пояс, охватывающий северо-западное побережье Берингова моря [Левина и др., 2013]. Показано, что региональная сеть геодезического мониторинга современных движений земной коры позволяет решать задачи изучения геодинамических процессов, происходящих в области сочленения трех крупнейших плит: Евразийской, Северо-Американской, Тихоокеанской, и плит среднего размера: Охотии и Берингии [Левин и др., 2014]. На основе новых данных [Гордеев и др., 2015; Чеброва и др., 2015], полученных, в частности, при изучении глубокого Охотоморского землетрясения 2013 г., внесены представленные в цифровой форме изменения в стандартную схему регионализации активности Камчатки. В соответствии с ними модернизирована разработанная ранее компьютерная программа автоматической трехмерной регионализации сейсмичности, предназначенная в первую очередь для автоматического определения географической области или структуры, в которой произошло землетрясение.

На основе современных методов статистики временных рядов синтезированы оптимальные алгоритмы компьютерной обработки сейсмических данных, которые применимы к решению задач интерпретации экспериментальных данных, возникающих при мониторинге региональной сейсмичности и изучении строения Земли с помощью сейсмических волн от землетрясений [Кушнир, 2012]. Оптимальность алгоритмов достигается путем учета статистических характеристик помех, что позволяет во многих практических ситуациях существенно повысить точность и надежность интерпретации сейсмических наблюдений. Созданы методы устранения интенсивной помехи при пассивном мониторинге месторождений углеводородов методом эмиссионной томографии [Чеботарева и др., 2008]. Разработаны подходы к мониторингу микросейсмических событий, регистрируемых поверхностной сейсмической группой в процессе гидроразрыва, и выполнено сравнение точности различных алгоритмов локации микросейсмических событий при высоком уровне случайных техногенных помех [Kushnir et al., 2013, 2014; Кушнир и др., 2014; Kushnir and Varypaev, 2016, 2017; Вarypaev и др., 2018; Varypaev and Kushnir, 2018].

На основе оптимальных фильтров разработаны алгоритмы для выделения полезных сейсмических сигналов из записанных сигналов гириаклономера, являющегося эффективным длиннопериодным сейсмическим прибором, при одновременной регистрации возможного сигнала помехи, например, атмосферного давления [Гравиров, 2009]. Получены оценки, позволяющие определить наиболее критичные к изменениям внешней температуры элементы сейсмодатчика, которые вносят наибольший шум в сейсмическую запись, а также уровень помехи, создаваемой всей совокупностью элементов [Кислов, 2009]. Для разработки системы ультракраткосрочного предупреждения о произошедшем землетрясении на основе использования нейросетевой методологии исследована задача идентификации сейсмического события при повышенном уровне шумов по данным одного датчика или локальной группы датчиков [Кислов и Гравиров, 2010]. Выполнены экспериментальные и теоретические исследования влияния окружающей среды (изменения температуры, атмосферного давления, магнитного поля, влажности, воздействия гроз, вибрации, воздушных потоков, гравитационное возбуждение и т.д.) на широкополосную сейсмическую аппаратуру [Кислов и Гравиров, 2013]. Разработаны отдельные компоненты системы раннего предупреждения о землетрясении для железных дорог и общая идеология ее построения [Кислов и Гравиров, 2017a]. Исследованы возможности применения глубоких нейронных сетей в анализе сейсмических данных и перспективы, открывающие в связи с этим [Кислов и Гравиров, 2017b]. Разработаны электронный мерзлотомер [Гравиров и др., 2018a], позволяющий изучать влияние мощности мерзлого слоя грунта на сейсмический сигнал, и построенная на базе 24-разрядного аналого-цифрового преобразователя новая малогабаритная модульная малопотребляющая система сбора информации [Гравиров и др., 2018b]. С целью исследования тонкой структуры температурных полей в толще горных пород созданы прецизионные термометры, позволяющие проводить температурные измерения с чувствительностью не хуже $0,005\text{ }^{\circ}\text{C}$ [Лиходеев и др., 2018].

Применение методов математической статистики к анализу сейсмических процессов потребовало совершенствования используемых методов [Любушин и Писаренко, 1993; Писаренко и Родкин, 1996, 2008; Писаренко, 1997; Pisarenko and Sornette, 2004a, 2012; Pisarenko and Rodkin, 2017; Sornette and Pisarenko, 2008; Malevergne et al., 2011; Pisarenko et al., 2014; Писаренко и др., 2017] и даже анализа интерпретации понятия «вероятность» [Писаренко, 2018]. В работах [Molchan and Kronrod, 2005, 2007, 2009] выполнены анализ и оценка мультифрактальных характеристик сейсмичности. Наряду со статистическими методами для описания сейсмического процесса используется его модель как последовательности большого числа эпизодов лавинообразной релаксации, случайным образом реализующихся на множестве метастабильных подсистем [Родкин, 2011]. Исследованы процессы в очаговых зонах сильных землетрясений и их окрестностях [Родкин, 2007, 2008; Родкин и Рукавишникова, 2009; Родкин и Тихонов, 2011; Mandal and Rodkin, 2011, 2014; Rodkin and Mandal, 2012; Rodkin and Tikhonov, 2014;], а также сейсмические режимы в сейсмоактивных регионах [Родкин и Тихонов, 2012, 2013; Андреева и Родкин, 2013, 2017; Шерман и др., 2017].

Выполнен статистический анализ поведения наклона графика повторяемости (значения b) для сильных форшоков в течение дней и часов перед главным толчком и найдено, что в эти периоды значение b вдвое меньше, чем значение, определенное для долговременной сейсмичности. Дополнительное уменьшение значения b происходит за несколько часов до

главного толчка [Molchan and Dmitrieva, 1990; Molchan et al., 1999b]. Обнаружена связь излома графика повторяемости (распределение магнитуд землетрясений) со скоростями асейсмического проскальзывания [Vorobieva et al., 2016], и на этой основе предложен способ выделения потенциальных областей максимального смещения при сильных землетрясениях в зонах субдукции [Воробьева и др., 2019]. Выявление таких зон важно, в частности, для прогноза опасности от цунами.

Статистические методы применялись для изучения возможной роли подземных ядерных взрывов в качестве спусковых воздействий для сильных землетрясений [Kaverina and Prozorov, 1995; Prozorov, 1995]. Исследовались связь между статистическими свойствами сейсмичности и структурой литосферы [Panza et al., 1990a, 1990b], а также явление (сгееorex) систематического отклонения магнитуды одиночного землетрясения от линейной ортогональной регрессии между магнитудами M_s и m_b и его связь с тектоническими характеристиками региона [Panza and Prozorov, 1991, 1996; Panza et al., 1993; Kaverina et al., 1996; Kaverina and Prozorov, 1996].

Предложена модель возникновения афтершоков, объясняющая как степенной характер затухания частоты афтершоков (закон Омори), так и отклонения от него [Narteau et al., 2002]. Исследована возможность использования афтершоков в качестве индикаторов напряженного состояния в земной коре [Шебалин, 2004]. Исследованы связи статистических параметров сейсмичности с физическими параметрами среды. В частности, доказана связь задержки начала степенного характера спада афтершоков с напряжениями. Показано, что это время задержки меньше для землетрясений сбросового типа, возникающих при больших сдвиговых напряжениях [Narteau et al., 2009] и для более глубоких землетрясений [Shebalin and Narteau, 2017]. Разработана методика оценивания опасности возникновения сильных афтершоков [Баранов и Шебалин, 2016, 2017, 2018a, 2019; Шебалин, 2018; Баранов и др., 2019]. В процессе этих исследований установлен экспоненциальный закон повторяемости количества афтершоков (закон продуктивности землетрясений) [Шебалин и др., 2018], который опровергает общепринятое до сих пор модели сейсмичности в виде ветвящихся стохастических процессов (модель ETAS), но дает четкий и простой путь для исправления таких моделей. Полученные результаты применены при изучении афтершоковых последовательностей в конкретных сейсмоактивных регионах (Курилы и Камчатка, Новая Зеландия) [Шебалин и Баранов, 2017]. Предложен подход к решению задачи быстрого оценивания области будущей афтершоковой активности после сильного землетрясения по информации об основном толчке, в частности, уточнения формы и размеров этой области при наличии информации об ориентации плоскости разрыва очага основного толчка [Баранов и Шебалин, 2018b]. Исследованы афтершоковые последовательности девяти недавних (1993-2018 гг.) сильных (с магнитудой $M \geq 7,0$) землетрясений в Новой Зеландии [Kossobokov and Nekrasova, 2019].

Моделирование сейсмичности

Изучение сейсмичности и особенно ее вариаций во времени на основе каталогов наблюдаемых землетрясений затруднено крайне короткой историей инструментальных наблюдений, покрывающей период порядка 100 лет, по сравнению со временем действия тектонических факторов, обуславливающих сейсмичность в том или ином регионе. Явления, обнаруженные в таком каталоге землетрясений, могут быть лишь видимостью и не повторяться в будущем. Искусственные каталоги землетрясений, полученные путем численного моделирования, могут покрывать длительные интервалы времени, что позволяет анализировать статистическую значимость рассматриваемого явления. Работы по моделированию сейсмичности развиваются в двух направлениях: (1) построение и изучение абстрактных моделей и (2) совершенствование модели динамики системы блоков и разломов и вызванной ею сейсмичности, а также применение модели к изучению конкретных сейсмоактивных регионов.

В рамках первого направления рассмотрены иерархические модели и, в частности предложена модель блоков, движущихся в двух перпендикулярных направлениях. Обнаружено, что поведение моделей демонстрирует самоорганизованную критичность, а сейсмичность, возникающая в моделях, обладает свойствами реальной сейсмичности: сейсмический цикл, закон Гутенберга-Рихтера, форшоковая и афтершоковая активности и др. [Narkunskaya and Shnirman, 1990; Gertzik, 1994, 1996, 1999, 2003; Шнирман и Берестова, 1996; Blanter and Shnirman, 1996, 1997; Blanter et al., 1997b; Shnirman and Blanter, 1998, 1999a, 2001, 2003; Shnirman and Tyurina, 1998]. Для таких моделей, а также для моделей, построенных на основе клеточных автоматов, и моделей лавин исследована предсказуемость сильных событий, происходящих в модели, и ее зависимость от параметров модели [Blanter et al., 1997a, 1999b; Shnirman and Blanter, 1999b; Shapoval and Shnirman, 2005; Шаповал и Шнирман, 2008, 2009; Kuznetsov et al., 2008; Shnirman and Shapoval, 2010].

В основе модели динамики системы блоков и разломов [Gabrielov et al., 1990; Soloviev and Ismail-Zadeh, 2003; Ismail-Zadeh et al., 2018] лежат следующие главные принципы: предполагается, что структура состоит из абсолютно жестких блоков, разделенных бесконечно тонкими плоскостями разломов; в плоскостях разломов и на подошвах блоков происходит вязкоупругое взаимодействие блоков между собой и с подстилающей средой; в каждый момент времени смещения и повороты блоков вычисляются из условия, чтобы вся блоковая структура находилась в квазистатическом равновесии. Землетрясения происходят в соответствии с моделью сухого трения в моменты времени, когда в какой либо части разлома отношение напряжения к давлению превосходит заданный порог. В результате численного моделирования генерируется искусственный каталог землетрясений. Значительные упрощения, сделанные в модели, позволяют прояснить характер зависимости потока землетрясений от структуры литосферы рассматриваемого региона и типа основных тектонических движений в нем. Модель применялась для изучения зависимости свойств искусственного потока землетрясений от степени раздробленности структуры и типа движения ее границ [Keilis-Borok et al., 1997], а также с целью поиска пространственно-временных корреляций между искусственными землетрясениями (например, [Gorshkov et al., 1997; Soloviev and Ismail-Zadeh, 2003]), включая предвестниковое поведение фоновой сейсмичности пред сильными событиями

[Soloviev, 2008]. Выполнено численное моделирование динамики блоковой структуры, аппроксимирующей дуговую зону субдукции [Соловьев и Рундквист, 1998; Rundquist and Soloviev, 1999], которая типична для регионов островных дуг, и рассмотрена блоковая структура, аппроксимирующая Зондскую дугу (Зондские острова), и для которой изучена зависимость свойств искусственной сейсмичности от задаваемых движений [Soloviev and Ismail-Zadeh, 2003]. Реальная геометрия разломов рассмотрена в моделях сейсмоактивного региона Вранча (Румыния) [Воробьева и Соловьев, 1997; Panza et al., 1997; Ismail-Zadeh et al., 1999; Soloviev et al., 1999, 2000], западных Альп [Soloviev and Ismail-Zadeh, 2003], Италии и соседних регионов [Peresan et al., 2007] Тибетско-Гималайского региона [Ismail-Zadeh et al., 2007b, Vorobieva et al., 2017], рифтовой зоны Кач [Vorobieva et al., 2014] и Кавказа [Соловьев и Горшков, 2017; Ismail-Zadeh et al., 2018]. Во всех случаях при соответствующем выборе параметров модели обнаружено сходство свойств наблюдаемой и модельной сейсмичности. Одним из недостатков модели является невозможность учета сферичности Земли. Для его преодоления разработан сферический вариант блоковой модели [Rozenberg et al., 2005]. Предпринимались попытки модифицировать используемый в модели механизм возникновения землетрясений (например, [Shebalin et al., 2002]), а также ввести в модель движение флюидов и их влияние на возникновение землетрясений [Желиговский и Подвигина, 2002; Gabrielov et al., 2007]. Результаты моделирования использовались для изучения экстремальных событий в сложных системах [Ismail-Zadeh et al., 2012a].

Оценка сейсмической опасности и риска

В исследованиях, связанных с оценкой сейсмической опасности, могут быть выделены следующие направления: (1) распознавание мест возможного возникновения сильных землетрясений; (2) построение многомасштабной модели сейсмичности и анализ макросейсмических данных; (3) определение максимальной возможной магнитуды землетрясений и альтернативных параметров в рассматриваемом регионе; (4) применение распределений с тяжелыми хвостами для описания эмпирических распределений величин ущерба от катастроф; (5) определение значений параметров Общего закона подобия для землетрясений (ОЗПЗ) и их применение для оценки сейсмической опасности.

Для оценки сейсмической опасности важно знать, где в рассматриваемом регионе могут произойти сильные (с магнитудой $M \geq M_0$, где M_0 – некоторый порог) землетрясения. Поскольку период инструментальных сейсмологических наблюдений составляет немногим более 100 лет, то естественно предположить, что за это время не все такие места «проявили» себя сильными землетрясениями и, соответственно, возникает задача их определения. Подходы к решению этой задачи, основанные на построении схемы морфоструктурного районирования исследуемого региона с целью выделения объектов, среди которых могут быть места возможного возникновения сильных землетрясений, и последующем применении методологии распознавания образов для определения таких мест, были сформулированы в начале 70-х годов прошлого века в результате сотрудничества математиков во главе с И.М.Гельфандом, геофизиков во главе с В.И.Кейлисом-Бороком и геоморфологов во главе с Е.Я.Ранцманом. До 1990 года такая задача была сформулирована и решена для ряда сейсмоактивных регионов. Эти исследования были продолжены в ИТПЗ РАН. В результате определены места возможного

возникновения сильных землетрясений для следующих регионов: Малый Кавказ, $M_0 = 5,5$ [Горшков и др., 1991]; Гималаи, $M_0 = 6,5$ и $M_0 = 7,0$ [Бхатия и др., 1992, 1994]; Карпато-Балканский орогенный пояс, $M_0 = 6,5$ [Gorshkov et al., 2000]; Италия и Сицилия, $M_0 = 6,0$ и $M_0 = 6,5$ [Gorshkov et al., 2002]; Туркмено-Хорасанские горы, $M_0 = 6,5$ [Горшков и др., 2002; Gorshkov et al., 2008]; Альпы и Динариды, $M_0 = 6,0$ и $M_0 = 6,5$ [Gorshkov et al., 2004]; Эльбурс, $M_0 = 6,0$ [Gorshkov et al., 2009a]; сочленение Альп и Динарид, $M_0 = 6,0$ [Gorshkov et al., 2009b]; Иберийский полуостров, $M_0 = 5,0$ [Gorshkov et al., 2010]; прибрежный регион и горные хребты северных Анд Эквадора, $M_0 = 6,0$ и $M_0 = 6,5$ [Chunga et al., 2010]; Копетдаг-Аладаг-Биналуд, $M_0 = 6,0$ [Горшков и Новикова, 2012; Novikova and Gorshkov, 2013]; Кавказ, $M_0 = 6,0$ [Соловьев и др., 2013, 2016]; Крым, $M_0 = 6,0$ [Горшков и др., 2017]; Черноморско-Каспийский регион, $M_0 = 7,0$ [Новикова и Горшков, 2018]; Алтай-Саяны-Прибайкалье, $M_0 = 6,0$ [Горшков и др., 2018]; Северо-восточный Египет, $M_0 = 5,0$ [Gorshkov et al., 2019]; Французский Центральный массив, $I_0 \geq VI$ [Gorshkov and Gaudemer, 2019]. В работах [Горшков и др., 2001; Соловьев и др., 2014; Gorshkov and Novikova, 2018] представлены результаты анализа положений эпицентров сильных землетрясений, произошедших в рассмотренных регионах после опубликования соответствующего результата. Не менее 86% таких эпицентров расположены в распознанных местах их возможного возникновения. Выполненные проверки дают аргументы в пользу достоверности результатов распознавания мест возможного возникновения сильных землетрясений и целесообразности их применения в задачах оценки сейсмического риска. Статья [Gorshkov et al., 2003] и монография [Горшков, 2010] содержат обзоры исследований по распознаванию мест возможного возникновения сильных землетрясений. Подходы к использованию результатов таких исследований для оценки сейсмической опасности и разработки мероприятий по сокращению ущерба от землетрясений рассмотрены в работах [Горшков, 1993; Panza et al., 2003; Peresan et al., 2011, 2015].

Сформулирована многомасштабная модель сейсмичности [Molchan et al., 1997], основанная на гипотезе о том, что только ансамбль событий, которые геометрически малы, по сравнению с элементами сейсмотектонического районирования, может быть описан линейным графиком повторяемости. Отсюда следует, что сейсмическое районирование должно выполняться в нескольких масштабах, в зависимости от условий самоподобия сейсмических событий и линейности графика повторяемости в рассматриваемом магнитудном диапазоне. Этот подход был применен для оценки сейсмической опасности Италии и Кавказа [Molchan and Kronrod, 1997; Balassanian et al., 1999; Molchan et al., 1999a; Молчан и Кронрод, 2005]. Исследованы различные способы представления макросейсмического поля в изолиниях [Молчан и др., 2000] и разработана методология преобразования точечных данных по интенсивности в изолинии [Kronrod et al., 2000]. Выполнены исследования по совместному анализу макросейсмических данных и модельных полей пиковых ускорений [Molchan et al., 2002; Молчан и др., 2002], а также по сравнению реальных и синтетических форм изосейст [Molchan et al., 2004] конкретных землетрясений. Макросейсмические данные исследовались с целью обнаружения эффектов, которые связаны с локальной геометрией разломов, а не со свойствами грунта [Molchan et al., 2011]. Исследована модель источника дважды стохастических землетрясений и демонстрируемые ею особенности в объемных волнах дальнего поля [Molchan, 2015]. Полученные результаты могут быть использованы при анализе опасностей, в частности, для моделирования и тестирования сейсмических воздействий.

Путем применения методов математической статистики разработаны подходы к эффективной оценке максимально возможной магнитуды землетрясения и максимального ускорения грунта в регионе [Писаренко, 1991, 1993, 1995; Pisarenko, 1996; Pisarenko et al., 1996, 2008; Писаренко и Лысенко, 1996, 1997; Pisarenko and Lyubushin, 1997, 1999]. Эти подходы применены в ряде сейсмоактивных регионов [Ружич и др., 1998; Tsapanos et al., 2001; Pisarenko et al., 2010]. Недостатком параметра M_{\max} является его неустойчивость. По этой причине была предложена альтернатива его применению [Писаренко и Родкин, 2009; Писаренко и др., 2014; Pisarenko and Rodkin, 2015]. Разработанный метод оценки максимальных скоростей грунта по макросейсмическим данным применен к археосейсмологическим данным [Rodkin and Korzhenkov, 2019].

Эмпирические распределения величин ущерба от сильнейших сейсмических и других катастроф описываются распределениями с тяжелыми хвостами. Для таких распределений статистические оценки, основанные на расчете средних значений и дисперсии, могут приводить к неверным выводам. Для преодоления этих трудностей разработаны и применяются статистические подходы, пригодные в этом случае [Pisarenko, 1994; Кузнецов и др., 1997; Pisarenko and Sornette, 2003, 2004b; Писаренко и Родкин, 2006, 2007; Родкин и др., 2007, 2014; Pisarenko and Rodkin, 2010, 2014].

Сформулирован Общий закон подобия для землетрясений (ОЗПЗ) [Кособоков, 2005], который уточняет эмпирическое соотношение Гутенберга-Рихтера, учитывая естественное фрактальное распределение сейсмичности. Результаты глобального и регионального анализа [Кособоков и Мажженов, 1992; Кособоков и Некрасова, 2004; Некрасова и Кособоков, 2005, 2006] показали, что среднегодовое число землетрясений, $N(M, L)$, с магнитудой M в сейсмоактивной области линейного размера L , для широкого диапазона магнитуд M из интервала (M_-, M_+) и размеров L из интервала (L_-, L_+) , довольно хорошо согласуется со следующей формулой ОЗПЗ: $\lg N(M, L) = A + B \times (5 - M) + C \times \lg L$, где A , B , C – константы, локально характеризующие соответствие логарифм среднегодовой частоты землетрясений магнитуды 5.0 и выше в области линейного размера в 1 градус Земного меридиана, баланс числа землетрясений разных магнитуд и фрактальную размерность носителя эпицентров землетрясений. Оценки коэффициентов A , B и C могут быть использованы для расчетов характеристик сейсмической опасности в терминах достоверно определенной максимальной магнитуды землетрясения, которое возможно в данном месте системы разломов, а также ассоциированных с ним сотрясений на территории и рисков для населения и инфраструктуры. Это важно, поскольку получаемые традиционными методами сейсмозонирования оценки уровня сейсмического потенциала территории могут оказаться заниженными [Кособоков и Некрасова, 2011; Wyss et al., 2012]. Оценки сейсмической опасности и сейсмического риска на основе ОЗПЗ для ряда регионов приведены в работах [Некрасова и Кособоков, 2009, 2016; Nekrasova et al., 2011, 2015, 2016; Parvez et al., 2014, 2017, 2018; Некрасова и др., 2015; Kossobokov and Nekrasova, 2018a, 2018b]. Предложен новый метод оценки сейсмической опасности, основанный как на исторических и наблюдаемых землетрясениях, так и на смоделированных событиях большой магнитуды [Sokolov and Ismail-Zadeh, 2015; Ismail-Zadeh et al., 2018]. Его применение к Сичуанскому региону Китая, где в 2008 г. произошло сильное землетрясение, показало, что этот подход к вероятностным оценкам сейсмической опасности значительно эффективнее по сравнению с классическими подходами.

Анализ некоторых аспектов проблемы снижения риска от землетрясений и других стихийных бедствий выполнен в работах [Ismail-Zadeh, 2014a, 2014b, 2018a, 2018b, 2018c; Cutter et al., 2015].

Модели структуры и динамики Земли

Эти исследования включают: (1) моделирование медленных движений в системе кора - литосфера – астеносфера, включая эволюцию осадочных бассейнов и солевых структур; (2) решение обратных задач геодинамики; (3) изучение напряженного состояния литосферы; (4) изучение миграции магмы, процессов конвекции, а также движений и эволюции литосферных плит и континентов; (5) изучение строения и динамики земной коры и подстилающей ее мантии по сейсмическим и гравитационным данным; (6) глобальная геодинамика.

С целью описания движений в системе кора – литосфера – астеносфера исследовано математическое описание движения среды с учетом тепловых и гравитационных эффектов и разработаны алгоритмы для расчетов, реализованные в виде программ для ЭВМ [Биргер и др., 1990; Birger et al., 1994; Ismail-Zadeh, 1994; Naimark and Ismail-Zadeh, 1994a, 1994b; Исмаил-заде и Наймарк, 1997; Наймарк, 1997; Naimark et al., 1998; Исмаил-заде и др., 2001; Tsepelev et al., 2003]. Модели формирования и эволюции осадочных бассейнов рассмотрены в работах [Лобковский и др., 1993; Наймарк и Исмаил-заде, 1994; Naimark and Ismail-Zadeh, 1995, 1996; Ismail-Zadeh et al., 1996; Исмаил-заде и др., 1998]. На основе полученных результатов предложены возможные механизмы образования и выполнено компьютерное моделирование для конкретных осадочных бассейнов [Lobkovsky et al., 1996; Ismail-Zadeh et al., 1997a, 1997b, 2003b; Ismail-Zadeh, 1998]. Модели развития диаперизма исследованы в работах [Исмаил-заде и Биргер, 2001; Исмаил-заде и Хаппер, 2001; Ismail-Zadeh et al., 2001a, 2001b, 2002, 2004d, 2005a; Исмаил-заде и Крупский, 2006], результаты которых применены для изучения эволюции солевых структур Прикаспия [Volozh et al., 2003; Ismail-Zadeh et al., 2004c]. Разработан алгоритм расчета тепловой диффузии и адвекции, который применен при изучении диффузии и эволюции мантийных плюмов [Крупский и Исмаил-Заде, 2005; Исмаил-заде и др., 2006a] и геотермическом моделировании эволюции Астраханского свода Прикаспийского бассейна [Ismail-Zadeh et al., 2010b]. Построена аналитическая модель расслоенной мантии (литосфера, астеносфера и подлитосферная мантия) и показано, что длинно-волновые колебания (например, приливные волны) могут оказывать влияние на динамику литосферных плит, если контраст вязкостей будет 8-10 порядков по магнитуде [Doglioni et al., 2011]. Разработана методика численного исследования движений высоковязкой неоднородной несжимаемой жидкости, моделирующей вулканическую лаву, и изучены модели течения лавы с брекчиями с различной геометрией лавового канала и с различным расходом магмы [Tsepelev et al., 2016].

Среди обратных задач геодинамики исследованы: обратная задача гравитационной устойчивости слоистой структуры [Наймарк, 1999; Ismail-Zadeh et al., 2004a; Ismail-Zadeh and Huppert, 2005] и обратная (ретроспективная) задача о трехмерных медленных термоконвективных движениях высоковязкой жидкости, физические параметры которой зависят от температуры [Исмаил-заде и др., 2003, 2006b; Ismail-Zadeh et al., 2003a, 2004b, 2009]. Разработан высокоэффективный метод ассимиляции данных [Ismail-Zadeh and

Tackley, 2010; Ismail-Zadeh et al., 2016] для изучения эволюции мантийных структур и их численной палеорекострукции, включая решение обратной ретроспективной задачи о моделировании трехмерных термоконвективных движений высоковязкой несжимаемой жидкости с плотностью и вязкостью, зависящими от температуры [Ismail-Zadeh et al., 2007a]. Метод применен для изучения эволюции Тихоокеанской плиты в прошлом и открытия Японского моря [Ismail-Zadeh et al., 2013]. В модельной области, имитирующей склон вулкана, рассмотрены прямая и обратная задачи. В результате решения обратной задачи восстановлены распределение температуры, поля скоростей и лавовая корка в модельной области [Исмаил-Заде и др., 2016; Korotkii et al., 2016].

Выполнены исследования, в которых анализируется распределение напряжений в литосфере, для юго-восточных Карпат [Ismail-Zadeh et al., 2000, 2005b, 2005c, 2012b; Weidle et al., 2007], зон континентальной коллизии [Исмаил-заде, 2004], центральной Италии [Исмаил-заде и др., 2004; Aoudia et al., 2007] и центрального Средиземноморья [Ismail-Zadeh et al., 2010a]. По данным GPS измерений изучены деформации района вулкана Этны [Кафтан и Родкин, 2019].

Сформулированы математические модели и выполнены расчеты, которые могут быть использованы для объяснения особенностей миграции магмы в верхней мантии Земли [Трубицын и др., 1998; Khodakovski et al., 2004], процессов осаждения кристаллов [Simakin and Trubitsyn, 2004] и возникновения седиментарной конвекции [Трубицын В. и Трубицын А.П., 2018]. Рассчитана модель мантийной конвекции с плавающим континентом, приближающимся к зоне субдукции [Trubitsyn and Rykov, 2005], позволяющая объяснить основные закономерности эволюции активных окраин континентов, в частности, краевых морей Евразии и Японских островов. Исследовано взаимное влияние мантийной конвекции и плавающих континентов [Trubitsyn et al., 2008; Бобров и Баранов, 2011, Bobrov, and Baranov, 2019]. Различные аспекты процессов мантийной конвекции рассмотрены в работах [Подвигина, 2006; 2009, 2011; Podvigina, 2008a, 2010a, 2010b; Баранов и Бобров, 2011; Бобров и Баранов, 2014, 2016; Трубицын В.П. и Трубицын А.П., 2015; Трубицын, 2016; Евсеев и Трубицын, 2017a]. Изучению мантийных плюмов и их связи с конвекцией посвящены работы [Trubitsyn et al., 2015; Евсеев и Трубицын, 2017b; Трубицын и Евсеев, 2018]. В работе [Трубицын В.П. и Трубицын А.П., 2014] численно моделируется образование совокупности литосферных плит и прослеживается их эволюция внутри мантии. Рассмотрена приближенная модель упругого изгиба тонких плит, которая может быть использована для объяснения измеренных по GPS деформаций поверхности плит при субдукционных землетрясениях, в частности, при мегаземлетрясении 11.03.2011 у берегов Японии [Трубицын, 2011, 2012]. В работе [Трубицын, 2018] демонстрируется возможность влияния дрейфа континентов на долговременные изменения уровня океана.

На основе сейсмических и гравитационных данных получены оценки глубины границы Мохо для Антарктиды [Баранов, 2011; Baranov and Morelli, 2013; Baranov et al., 2018b; Tenzler et al., 2018] и Тибета [Baranov et al., 2018a]. Изучены глубины свободной поверхности мантии на континентах и океанах [Сеначин и Баранов, 2011]. С помощью гравитационного моделирования в комплексе с сейсмической томографией изучено плотностное строение земной коры и подстилающей ее мантии Центральной и Южной Азии [Сеначин и Баранов, 2016]. В работе [Баранов и Бобров, 2018] дан обзор имеющихся

данных о строении и свойствах земной коры тринадцати архейских кратонов Гондваналда (кратоны Африки, Австралии, Антарктиды, Южной Америки и Индийского субконтинента). На основе комплексного анализа данных глубинных сейсмических исследований, непрерывного сейсмического профилирования и батиметрии изучены особенности структуры океанического дна северной Атлантики [Гарагаш и др., 2015; Усенко и др., 2015, 2018; Usenko et al., 2017]. Ряд исследований посвящен изучению связи геодинамики и сейсмичности в областях срединно-океанических хребтов [Соболев и Рундквист, 1996; Соболев, 1999; Rundquist and Sobolev, 2002, 2003], океанических и континентальных рифтов [Соболев и Рундквист, 1997; Рундквист и др., 1999; Sobolev and Rundquist, 1999], коллизионного пояса Тетис [Соболев и Рундквист, 1998], островных дуг [Рундквист и др., 1998], субдукции [Гатинский и др., 2000], Сычуаньского землетрясения 12.05.2008 [Гатинский и др., 2008], Центральной Азии [Гатинский и др., 2011a] и европейской части России [Гатинский и др., 2011b]. Некоторые общие вопросы изучения земной коры рассматриваются в работах [Рундквист и Соболев, 2002; Соболев и Эринчек, 2002].

Выполнены исследования, относящиеся к геодинамике в глобальном масштабе. В работах [Voevoda, 2005, 2008] получена и исследована система уравнений движения массивного вращающегося деформируемого тела, что можно интерпретировать как модель Земли. Этим исследованиям посвящена также монография [Воевода и Савенко, 2009], где, в частности, рассматривается влияние крупных землетрясений на движение Земли. Изучена задача о спектре сфероидальных колебаний слоистых сфер, имитирующих Землю [Reznikov and Rozenknop, 1996; Rozenknop et al., 2003; Rozenknop and Reznikov, 2003; Bessonova et al., 2004, 2008]. Эти исследования вносят вклад в изучение собственных колебаний Земли. Проблемы глобальной геодинамики рассмотрены в работе [Трубицын, 2019].

Изучение физических полей Земли, солнечной активности и изменений климата

В этой области можно выделить следующие направления: (1) изучение магнитного поля Земли; (2) исследования в области палеомагнетизма; (3) теоретические исследования по проблеме магнитного динамо и гетероклиным циклам; (4) анализ и моделирование активности Солнца; (5) анализ изменений климата.

Теоретическим аспектам восстановления магнитного поля по неполным данным измерений посвящены работы [Hulot et al., 1997; Khokhlov et al., 1997, 1999; Khokhlov, 2008]. В работе [Le Mouél et al., 2010c] представлен метод моделирования геомагнитного поля, требующий только ограниченного числа измерений на орбитах спутниковой магнитной съемки. Обращения магнитного поля Земли исследовались в работах [Кособоков, 1995; Blanter et al., 1999a, 2002; Narteau et al., 2000]. В работе [Le Mouél et al., 2006] анализируются сезонные изменения токовых струй в ионосфере и их эволюция в связи с солнечным циклом и геомагнитной активностью. Изучению корреляции между геомагнитными индексами и солнечной активностью посвящены исследования [Le Mouél et al., 2009a, 2012; Shnirman et al., 2010; Blanter et al., 2014b]. Разработанные алгоритмы обработки данных спутниковых наблюдений за магнитным полем Земли приведены в статье [Khokhlov et al., 2001a]. В работе [Khokhlov et al., 2012] показано, что достижима абсолютная калибровка векторного (трехосевого) магнитометра, обеспечивающая

точность измерения компонент порядка 1 нТл. В работе [Bellanger et al., 2002] исследованы характеристики внешних нерегулярных геомагнитных вариаций. На основе спутниковых измерений выполнен анализ широтных и сезонных особенностей больших возмущений магнитного поля [Le Mouél et al., 2003]. В работах [Le Mouél et al., 2004a, 2004b] по длительным рядам измерений на нескольких обсерваториях исследованы полугодовые и годовые вариации геомагнитного поля. На основе среднечасовых значений геомагнитных компонент, измеренных в обсерваториях, предложены 4 простые индекса, которые могут характеризовать многие аспекты магнитной активности, в частности, все они показывают аналогичный «общий магнитный тренд» для всех компонент и всех обсерваторий [Le Mouél et al., 2005]. В работе [Chulliat et al., 2005] исследованы суточные и полусуточные изменения геомагнитного поля по длинным сериям измерений 18-ти обсерваторий и получены сезонные вариации амплитуды горизонтальной и вертикальной компонент. Намечен подход к прогнозированию экстремальных геомагнитных событий на основе знания магнитных рядов [Bellanger et al., 2003].

На основе археомагнитной базы данных рассчитана изменяющаяся во времени модель сферической гармоник геомагнитного поля между 0 и 1700 г. н.э. [Hongre et al., 1998]. В работах [Khokhlov et al., 2001b, 2006; Bouligand et al., 2005] представлены методы исследования обоснованности и чувствительности подхода к статистическому моделированию палеомагнитного поля, известного как моделирование Большого Гауссовского Процесса (БГП), и приведены результаты их применения. В работе [Хохлов, 2012] приведены современные взгляды на математическую модель вековых вариаций Главного магнитного поля Земли и изложен алгоритм реализации такой модели. Разработан новый метод статистического анализа непараметрических данных [Khokhlov and Hulot, 2013], применение которого к новым, достаточно точным палеомагнитным коллекциям показало статистически достоверное отличие поведения магнитного поля в эпоху Брюнес от большинства общепринятых гипотез о характере геодинамо. В работах [Хохлов, 2014а, 2014б; Щербаков и др., 2014] исследованы также следующие задачи: математическое моделирование ошибок в методе Телье измерения остаточной намагниченности; статистическое моделирование и выделение нестационарной компоненты магнитной активности Земли путем применения статистической инверсии к конкретным палеомагнитным данным эпохи Брюнес. Получено выражение в квадратурах для функции распределения величины геомагнитного поля и соответствующего виртуального осевого геомагнитного диполя по модели БГП и выполнено детальное сравнение предсказаний этой модели с эмпирическими данными эпохи Брюнеса, содержащимися в мировых базах данных по палеонапряженности [Щербаков и др., 2015]. Показано, что в базе данных палеоинтенсивностей имеется заметная часть (порядка 12 %) измерений, которые не укладываются в современные представления о вековых вариациях, и получены аргументы в пользу того, что эти артефакты и систематическое занижение палеоинтенсивностей связаны с неразличением остаточных намагниченностей, имеющих химическое и термическое происхождение [Khokhlov and Shcherbakov, 2015]. Выполнен сравнительный анализ двух оценок точности определения направлений магнитного поля, которые применяются при формировании баз палеомагнитных данных с 1980 года (начало регулярного сбора данных в глобальном масштабе) до наших дней [Khokhlov and Hulot, 2016]. В работах [Хохлов и др., 2017; Khokhlov and Hulot, 2017] исследована ситуация, когда расхождения между данными наблюдений геомагнетизма и моделями

демонстрирует негауссовское поведение, которое может быть результатом того, что известно в статистической литературе как смесь распределений. В статье [Щербаков и др., 2019] приведены результаты оценки соответствия эмпирических данных по палеонапряженности и палеонаклонениям, содержащихся в мировой базе данных по палеонапряженности МБД BOROKPINT, гипотезе центрального осевого диполя и модели БГП описания вековых вариаций геомагнитного поля в эпохе Брунеса.

Исследования по проблеме магнитного динамо требуют совершенствования существующих методов численного решения дифференциальных уравнений и разработки новых методов. Этому посвящены работы [Zheligovsky, 1993b, 2008, 2009a; Galloway and Zheligovsky, 1994; Podvigina and Zheligovsky, 1997; Zheligovsky et al., 2010; Chertovskih and Remizov, 2014; Chertovskih et al., 2014; Podvigina et al., 2015, 2016; Gama et al., 2019]. Различные механизмы возникновения и свойства магнитного динамо исследованы в работах [Zheligovsky, 1991, 1993a, 2005, 2009b, 2010, 2011; Zheligovsky and Galloway, 1998; Zheligovsky et al., 2001; Желиговский, 2003, 2006a, 2006b, 2010; Podvigina, 2003, 2006, 2008b; Zheligovsky and Podvigina, 2003; Герценштейн, 2007, 2010; Chertovskih et al., 2010; Gilbert et al., 2011; Andrievsky et al., 2015, 2019a, 2019b; Chertovskih and Zheligovsky, 2015; Андриевский и др., 2018; Rasskazov et al., 2018].

Гетероклинический цикл – это инвариантное множество динамической системы, состоящее из стационарных состояний (или подмножеств более общего вида) и гетероклинических траекторий. При наличии гетероклинического цикла поведение системы характеризуется перемежаемостью: траектория долгое время находится вблизи стационарных состояний, а переходы между состояниями происходят существенно быстрее. Эффект перемежаемости наблюдается в различных природных явлениях, в частности, в поведении магнитного поля Земли. Изучению гетероклинических циклов посвящены исследования [Podvigina and Ashwin, 2007, 2011; Ashwin and Podvigina, 2010; Castro et al., 2010; Podvigina, 2012, 2013; Podvigina and Chossat, 2015, 2017; Chossat et al., 2018; Podvigina et al., 2019; Podvigina and Lohse, 2019].

Тренды, периодичность и вариации солнечной активности исследованы в работах [Blanter et al., 2005, 2006; Le Mouél et al., 2007, 2010a; Kossobokov et al., 2012b; Shapoval et al., 2013, 2014a, 2014b, 2015a, 2015b, 2017, 2018]. В исследовании [Kossobokov et al., 2008] статистические свойства солнечных вспышек и землетрясений сравниваются путем анализа распределений энергии, временных рядов энергий и времен между событиями. Показано, что два явления имеют разную статистику масштабирования, что означает сложность процессов импульсного высвобождения энергии, которые не следуют общему поведению и не могут быть отнесены к универсальному физическому механизму. С целью исследования эволюции фазового рассогласования различных проявлений солнечной активности построена модель взаимодействующих нелинейных взаимосвязанных осцилляторов с фазовой синхронизацией типа Курамото [Blanter et al., 2014a, 2016, 2017, 2018]. Получена зависимость синхронизации от параметров модели, благодаря несимметрии коэффициентов связи между осцилляторами восстановлены вариации длины солнечного цикла, исследованы эволюция естественных частот меридионального потока энергии в приэкваториальной области и кросс-экваториальная связь, а также восстановлены естественные частоты вращения циркуляционных ячеек меридионального потока.

В исследованиях [Le Mouél et al., 2008, 2009b, 2010b, 2011; Courtillot et al., 2009; Kossobokov et al., 2010] выполнен анализ изменений температуры атмосферы и связи этих изменений с вариациями солнечной активности. Изменения погоды и климата изучены в работах [Perrier et al., 2005b; Blanter et al., 2012; Kossobokov et al., 2012a, 2019; Courtillot et al., 2013]. В работе [Perrier et al., 2005a] исследованы измерения температуры и влажности, проводившиеся в течение нескольких лет в атмосфере подземного карьера глубиной 20 метров и представляющие собой эксперимент, который может предложить реализацию объемной турбулентности, вызванной линейным градиентом температуры.

Прогноз экстремальных событий в сложных системах и разработка математических методов анализа моделей нелинейных систем

Эти исследования развиваются по следующим направлениям: (1) прогноз экстремальных событий в природных и социо-экономических системах; (2) исследования по гидродинамике и турбулентности, а также изучение броуновского движения и решений уравнения Бюргерса; (3) анализ динамических систем и обратных задач для них; (4) построение и исследование решений краевых задач теории упругости.

Рассмотрение сильных землетрясений в качестве экстремальных событий в сложной системе (литосфере Земли) приводит к идее поиска универсальных предвестников экстремальных событий, проявляющихся в сложных системах различного характера. В работах [Gabrielov et al., 2000a, 2000b; Keilis-Borok, 2000; Zaliapin et al., 2003a, 2003b] исследуется модель «встречных каскадов», которая демонстрирует ряд предвестников сильных событий, ранее обнаруженных при анализе сейсмичности перед сильными землетрясениями. В модели также найден новый предвестник, состоящий в увеличении радиуса корреляции событий промежуточной силы перед сильными событиями, который, как показало исследование [Shebalin et al., 2000], проявляется в сейсмичности района Малых Антил в период 1984-2000 гг. Обнаружено, что поведение микротрещин перед разрушением образца стали или горной породы, а также поведение малых вспышек энергии, излучаемой нейтронной звездой, перед сильной вспышкой имеют общие черты с поведением фоновой сейсмичности перед сильным землетрясением [Rotwain et al., 1997; Kossobokov et al., 2000]. Смена масштабирования фоновой активности перед экстремальными событиями найдена в различных сложных системах [Keilis-Borok et al., 2008b; Keilis-Borok and Soloviev, 2010].

Методология распознавания образов, которая оказалась эффективной при разработке алгоритмов прогноза землетрясений, применена также для прогноза экстремальных событий в социо-экономических системах, которые представляют собой сложные системы [Keilis-Borok, 1998]. Еще в 1981 году был разработан алгоритм прогноза результата выборов Президента США, который был успешно применен для прогноза выборов в последующие годы. Аналогичный подход был применен при разработке алгоритма прогноза результатов выборов в Сенат США [Keilis-Borok and Lichtman, 1993]. В дальнейшем созданы алгоритмы прогноза начала и конца экономической рецессии [Keilis-Borok et al., 2000, 2008c], начала ускорения роста безработицы [Keilis-Borok et al., 2005] и начала роста числа тяжких преступлений в мегаполисе [Keilis-Borok et al., 2003a, 2003b; Кузнецов и др., 2007]. Обзор исследований по экстремальным событиям в социо-экономических системах можно найти в публикациях [Keilis-Borok et al., 2009b, 2016].

Статистическому анализу поведения финансового и фондового рынков посвящены исследования [Malevergne et al., 2005, 2006a, 2006b; Pisarenko and Sornette, 2006].

Результаты исследований по изучению экстремальных событий в сложных системах, полученные в рамках проекта 6-й рамочной программы ЕС «Экстремальные События: Причины и Последствия», отражены в статье [Ghil et al., 2011].

Некоторые задачи гидродинамики рассмотрены в статьях [Frisch et al., 2012; Frisch and Zheligovsky, 2014; Zheligovsky and Frisch, 2014]. В работах [Podvigina and Pouquet, 1994; Podvigina, 1999, 2006; Ashwin and Podvigina, 2003; Podvigina et al., 2006] исследуются потоки ABC, которые можно рассматривать как прототипы для изучения возникновения трехмерной пространственно-временной турбулентности, как аналитически, так и численно. Численно исследованы некоторые аспекты проблемы коллапса, которая является ключевой для понимания физической природы развитой турбулентности [Желиговский и др., 2001].

Работы [Molchan, 1996, 1997c, 2002, 2004] посвящены исследованию каскадов Мандельброта. В частности, обоснован мультифрактальный формализм для каскадных мер Мандельброта и доказано нарушение эргодинамической гипотезы при расчете масштабирования локальных структурных функций турбулентности высокого порядка, из чего следует ошибочность сравнения экспериментальных данных с теорией (начиная с 1962 г.). Это позволило реабилитировать логнормальную гипотезу Колмогорова-Обухова в турбулентности. Исследованию дробного броуновского движения посвящены работы [Молчан, 1994, 1999, 2002; Molchan, 1995, 1998, 1999, 2002a, 2002b, 2008, 2017b, 2018; Molchan and Khokhlov, 2004]. В статье [Molchan and Turcotte, 2002] рассматривается одномерная стохастическая модель отложения осадков, в которой полная временная история седиментации представляет собой сумму линейного тренда и дробного броуновского движения.

Численному решению используемого в гидродинамике уравнения Бюргерса посвящены работы [Гордон, 1997; Трусов, 1997]. В работе [Molchan, 1997a] исследуются статистические свойства решений этого уравнения, когда начальный потенциал скорости является дробным броуновским движением (ДБД). Подход к решению поставленной в 1992 г. Я.Синаем и У.Фришем задачи об изучении фрактальности решений уравнения Бюргерса без вязкости для начальных данных типа ДБД в общем случае предложен в статье [Molchan, 2017a].

В работах [Novikov, 1992, 1994, 1996, 2013, 2016; Исаев и Новиков, 2013; Isaev and Novikov, 2013b] исследованы обратные задачи рассеяния для уравнения Шредингера. Разработаны алгоритмы решения обратной задачи для рассеяния, описываемого гармоническим по времени двумерным волновым уравнением с возмущением первого порядка [Agaltsov and Novikov, 2014]. Исследована обратная задача восстановления потенциала Шредингера с компактным носителем с учетом дифференциального сечения рассеяния, т.е. модуля, но без использования фазы амплитуды рассеяния [Agaltsov et al., 2019]. Получены явные формулы для восстановления фазы по не содержащим фазу данным рассеяния квантовых и акустических волн на фиксированной частоте [Novikov, 2015]. Решения уравнения Новикова – Веселова анализируются в работах [Kazeukina and Novikov, 2011a, 2011b; Novikov, 2011]. В статьях [Isaev and Novikov, 2012, 2014] исследованы оценки устойчивости решений обратной задачи Гельфанда. В работе

[Guillement and Novikov, 2012] разработана оптимизированная аналитическая реконструкция для однофотонной эмиссионной компьютерной томографии. Преобразование Радона и его обращение исследованы в работах [Fokas and Novikov, 1991; Новиков, 2011; Guillement and Novikov, 2014; Goncharov and Novikov, 2018a, 2018b]. Доказана приближенная липшицева устойчивость для недоопределенного обратного рассеяния при фиксированной энергии с неполными данными в размерности [Novikov, 2013]. В работе [Isaev and Novikov, 2013a] получены оценки глобальной устойчивости для монохроматического обратного акустического рассеяния. В статье [Agaltsov and Novikov, 2016] рассмотрено модельное гармоническое (по времени) уравнение акустической томографии движения жидкости в открытой ограниченной области с переменными скоростью звука, плотностью, скоростью жидкости и коэффициентом поглощения и получены условия глобальной единственности для связанной с этим уравнением обратной краевой задачи в случае данных измерений на границе для двух или трех фиксированных частот. В работах [Гриневич и Новиков, 2016; Новиков и Тайманов, 2016; Grinevich and Novikov, 2016a, 2016b] изучены свойства преобразований типа Мутара для обобщенных аналитических функций. В работе [Novikov, 2018] получено полное решение задач фазового и бесфазового обратного рассеяния для модели Бете-Пайерлса, включая вопросы единственности, неединственности. В работе [Agaltsov et al., 2018] получены строгие математические результаты по монохроматической обратной задаче пассивной томографии, использующей вместо активного зондирования естественный случайный шум среды (Солнца, океана, и.т.д.). В статье [Новиков, 2016] предложен итерационный алгоритм приближенного восстановления для непереоопределенной обратной задачи рассеяния при фиксированной энергии с неполными данными. В работе [Гриневич и Новиков, 2017] исследуются многоточечные рассеиватели со связанными состояниями в трехмерном пространстве при нулевой энергии. В статье [Гриневич и Новиков, 2007] рассмотрена предложенная С.П.Новиковым и И.А.Дынниковым дискретизация на треугольной решетке, являющаяся дискретным аналогом классического (одномерного) комплексного анализа, и построен убывающий на бесконечности дискретный аналог ядра Коши.

Исследованию краевых задач теории упругости и разработке методов их решения посвящены работы [Коваленко и др., 2015a, 2015b, 2018; Себряков и др., 2015a, 2015b, 2016; Меньшова и Ворокова, 2016; Коваленко и Меньшова, 2017; Kerzhaev et al., 2018; Kovalenko et al., 2018a, 2018b, 2019].

СОТРУДНИЧЕСТВО С РОССИЙСКИМИ И ЗАРУБЕЖНЫМИ НАУЧНЫМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ

ИТПЗ РАН ведет совместные работы с Геофизическим центром РАН, Институтом физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН, ФИЦ "Единая геофизическая служба РАН", Геологическим институтом РАН, Институтом динамики геосфер РАН, Государственным геологическим музеем им. В.И.Вернадского РАН, Институтом вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Институтом морской геологии и геофизики ДВО РАН, Институтом математики и механики УрО РАН, Институтом прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН, ГНЦ РФ ФГУП «Гос. НИИ авиационных систем», Чувашским государственным педагогическим университетом им. И.Я.Яковлева, Московским государственным техническим университетом им. Н.Э.Баумана и другими научными и образовательными организациями.

В Институте организовано прохождение производственной практики для студентов кафедры прикладной математики и математического моделирования Государственного российского университета нефти и газа им. И.М.Губкина.

ИТПЗ РАН выполнял совместные исследования со многими зарубежными научными организациями. Среди них: Парижский Институт физики Земли (Франция), Международный центр теоретической физики им. Абдуса Салама ЮНЕСКО-МАГАТЭ (Триест, Италия), где сотрудники ИТПЗ РАН принимали участие в организации и проведении 22-х школ для молодых ученых из развивающихся стран по нелинейной динамике и прогнозу землетрясений, а также трехмерному моделированию генерации, распространения и инверсии сейсмических волн, Университет г. Триеста (Италия), Институт геофизики и планетарной физики Университета Калифорнии в Лос-Анджелесе (США), Технологический институт г. Карлсруэ (Германия), Институт прогноза землетрясений Администрации по землетрясениям Китая (Пекин), Университет г. Порто (Португалия), Университет г. Экстер (Великобритания), Лаборатория Лазурного берега (г. Ницца, Франция), Центр прикладной математики Высшей политехнической школы (Париж, Франция), Высшая нормальная школа (Париж, Франция), Университет г. Потсдама (Германия), Университет г. Льежа (Бельгия), Институт геодинамики и Институт геофизики Румынской академии наук (Бухарест, Румыния), Центр исследования населения, бедности, политики и социо-экономики (Дифферданж, Люксембург), Институт математических наук Исаака Ньютона (Кембридж, Великобритания), Геофизический институт Академии наук Республики Вьетнам (Ханой, Вьетнам), Центр математического и компьютерного моделирования (Бангалор, Индия), Национальный институт геофизических исследований (Хайдарабад, Индия), Харбинский Институт Технологии (Китай), Королевский технологический институт (Стокгольм, Швеция), Университет г. Уппсала (Швеция).

ПУБЛИКАЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ

Показатели публикационной активности Института за время его существования приведены в Таблице 2.

Таблица 2. Показатели публикационной активности ИТПЗ РАН за период январь 1990 г. – март 2019 г.

Система научного цитирования	Общее число публикаций	Общее число цитирований	h-index ИТПЗ РАН
Web of Science	794	8306	40
Scopus	754	8644	42
РИНЦ	1198	10666	46
Ядро РИНЦ	865	8925	41

ПУБЛИКАЦИИ

Андреева М.Ю., Родкин М.В. Сеймотектоническая обстановка в океанической области глубоководных желобов // Вестник ДВО РАН, 2013, № 3. С.9-11.

Андреева М.Ю., Родкин М.В. К сеймотектонической обстановке на океанической стороне глубоководных желобов // Тихоокеанская геология, 2017, т.36, № 1. С.15–22.

Андриевский А.А., Желиговский В.А., Чертовских Р.А. Кинематическая генерация длинномасштабного магнитного поля течениями с зеркальной антисимметрией // Математическая физика и компьютерное моделирование (Вестник Волгоградского Гос. Университета, сер. I Математика, физика), 2018, т.21. № 2. С.83-95, doi:10.15688/mpcm.jvolsu.2018.2.7.

Баранов А.А. Глубина до границы Мохо для Антарктиды на основе сейсмических данных // Физика Земли, 2011, № 12. С.37-49.

Баранов А.А., Бобров А.М. Влияние распределения вязкости на структуру двумерной мантийной конвекции и поля напряжений // Физика Земли, 2011, № 7. С.19-29.

Баранов А.А., Бобров А.М. Стрoение и свойства коры архейских кратонов южных материков: Сходства и различия // Геология и геофизика, 2018, т.59, № 5. С.636-652, doi:10.15372/GiG20180505.

Баранов С.В., Павленко В.А., Шебалин П.Н. О прогнозировании афтершоковой активности. 4. Оценка максимальной магнитуды последующих афтершоков // Физика Земли, 2019, № 4. С.15-32, doi:10.31857/S0002-33372019415-32.

Баранов С.В., Шебалин П.Н. О прогнозировании активности афтершоков. 1. Адаптивные оценки на основе законов Омори и Гутенберга-Рихтера // Физика Земли, 2016, № 3. С.82-101, doi:10.7868/S0002333716020034.

Баранов С.В., Шебалин П.Н. О прогнозировании афтершоковой активности. 2. Оценка области распространения сильных афтершоков // Физика Земли, 2017, № 3. С.43-61, doi:10.7868/S0002333717020028.

Баранов С.В., Шебалин П.Н. О прогнозировании афтершоковой активности. 3. Динамический закон Бота // Физика Земли, 2018а, № 6. С.129-136, doi:10.1134/S0002333718060029.

Баранов С.В., Шебалин П.Н. Оценивание области афтершоковой активности по информации об основном толчке // Геофизические исследования, 2018б, т.19. № 2. С.34-56, doi:10.21455/gr2018.2-2.

- Баранов С.В., Шебалин П.Н. Глобальная статистика афтершоков сильных землетрясений: независимость времен и магнитуд // Вулканология и сейсмология, 2019. № 2. С.67-76, doi:10.31857/S0205-96142019267-76.
- Биргер Б.И., Исмаил-заде А.Т., Наймарк Б.М. Термоконвективная устойчивость Земли при наличии контактной границы между верхней и нижней мантией // ДАН СССР, 1990, т.315, № 1. С.57-61.
- Бобров А.М., Баранов А.А. Горизонтальные напряжения в мантии и в движущемся континенте для двумерной мантийной конвекции с переменной вязкостью // Физика Земли, 2011, № 9. С.57–71.
- Бобров А.М., Баранов А.А. Структура мантийных течений и поля напряжений в двумерной модели конвекции с неньютоновской реологией // Геология и геофизика, 2014, т.55, № 7. С.1015-1027.
- Бобров А.М., Баранов А.А. Модель мантийной конвекции с неньютоновской реологией и фазовыми переходами: структура течений и поля напряжений // Физика Земли, 2016, № 1. С.133-148, doi:10.7868/S0002333716010038.
- Букчин Б.Г. Предварительная оценка параметров очага Рачинского землетрясения 29 апреля 1991 г. // Физика Земли, 1992, № 5. С.5-13.
- Букчин Б.Г. Особенности излучения поверхностных волн мелкофокусным источником // Физика Земли, 2006, № 8. С.88-93.
- Букчин Б.Г., Мостинский А.З. Интегральные характеристики очагов землетрясений на Суматре 26.12.2004 г. и 28.03.2005 г. // Вулканология и сейсмология, 2007, № 4. С.58-68.
- Букчин Б.Г. Описание очага землетрясения в приближении вторых моментов и идентификация плоскости разлома // Физика Земли, 2017, № 2. С.76-83, doi:10.7868/S0002333717020041.
- Бхатия С.С., Горшков А.И., Ранцман Е.Я., Рао М.Н., Филимонов М.Б., Четти Т.Р.К. Распознавание мест возможного возникновения сильных землетрясений. XVIII. Гималаи, ($M \geq 6.5$) // Проблемы прогноза землетрясений и интерпретация сейсмологических данных. М.: Наука, 1992. С.71-83 (Вычисл. сейсмология; Вып. 25).
- Бхатия С.С., Рао М.Н., Четти Т.Р.К., Ранцман Е.Я., Горшков А.И., Филимонов М.Б., Шток Н.В. Распознавание мест возможного возникновения сильных землетрясений. XIX. Гималаи, $M \geq 7.0$ // Теоретические проблемы геодинамики и сейсмологии. М.: Наука, 1994. С.280-287 (Вычисл. сейсмология; Вып. 27).
- Варыпаев А.В., Чулков А.Б., Санина И.А., Кушнир А.Ф. Применение робастных фазовых алгоритмов для выявления сейсмической эмиссии в районе проведения взрывных работ в шахтах // Сейсмические приборы. 2018, т.54, № 2. С.33-48. doi:10.21455/si2018.2-3.
- Воевода О.Д., Савенко О.Ю. Некоторые проблемы геодинамики. М.: КРАСАНД, 2009. 262 с. (Вычисл. сейсмология; Вып. 39).
- Воробьева И.А., Шебалин П.Н. Алгоритмы прогноза землетрясений. М.: ГЕОС, 2006. 285 с. (Вычисл. сейсмология; Вып. 37).
- Воробьева И.А., Соловьев А.А. Связь пространственного распределения эпицентров землетрясений и движения литосферных блоков // ДАН, 1997, т.354, № 5. С.672-675.
- Воробьева И.А., Соловьев А.А., Шебалин П.Н. Картирование межплитового сцепления в Камчатской зоне субдукции по вариациям магнитудно-частотного распределения сейсмичности // ДАН, 2019, т.484. № 4. С.478-481, doi:10.31857/S0869-56524844478-481.
- Гарагаш И.А., Корнева Р.Г., Усенко С.В., Хортов А.В., Шлезингер А.Е. Тектонические структуры Мирового океана и континентов и их ограничения // Отечественная геология, 2015, № 3. С.30-36.

- Гатинский Ю.Г., Владова Г.Л., Рожкова В.В. Сейсмичность и металлогения конвергентных границ плит в зонах субдукции // ДАН, 2000, т.371, № 6. С.806-810.
- Гатинский Ю.Г., Рундквист Д.В., Владова Г.Л., Прохорова Т.В. Геодинамика района Сычуаньского землетрясения 12.05.2008 г. // ДАН, 2008, т.423, № 6. С.807-810.
- Гатинский Ю.Г., Владова Г.Л., Прохорова Т.В., Рундквист Д.В. Геодинамика Центральной Азии и прогноз катастрофических землетрясений // Пространство и время, 2011а, № 3(5). С.124-134.
- Гатинский Ю.Г., Рундквист Д.В., Владова Г.Л., Прохорова Т.В. Анализ геодинамики и сейсмичности в районах расположения главнейших электростанций европейской части России и ближайшего зарубежья // Пространство и время, 2011б, № 4(6). С.196-204.
- Гашин А.Н., Кушнир А.Ф., Яковлев А.П. Выделение волновых форм сейсмических фаз по данным сейсмодеформометрической микрогруппы // Физика Земли, 1997, № 2. С.30-51.
- Гервер М.Л., Кудрявцева Е.А. Об экстремальных свойствах волноводов с конечным числом слоев в задаче обращения годографа // ДАН, 1997а, т.356, № 1. С.25-28.
- Гервер М.Л., Кудрявцева Е.А. Универсальная последовательность в классической задаче обращения годографа // Математический сборник, 1997б, т.188, № 4. С.3-56.
- Герценштейн С.Я., Желиговский В.А., Подвигина О.М., Чертовских Р.А. О генерации магнитного поля трехмерными конвективными течениями проводящей жидкости во вращающемся горизонтальном слое // ДАН, 2007, т.417, № 5. С.613-615.
- Герценштейн С.Я., Желиговский В.А., Нечаев В.А., Подвигина О.М., Чертовских Р.А. Гидромагнитное динамо и устойчивость трехмерных конвективных течений в горизонтальном слое раствора // ДАН, 2010, т.433, № 3. С.341-345.
- Гордеев Е.И., Пинегина Т.К., Ландер А.В., Кожурин А.И. Берингия: сейсмическая опасность и фундаментальные вопросы геотектоники // Физика Земли, 2015, № 4. С.58-67, doi:10.7868/S0002333715030035.
- Гордон А.Я. Быстрый алгоритм пространственно-временного решения уравнения Бюрджера с исчезающей вязкостью // Теоретические проблемы в геофизике. М.: Наука, 1997. С.179-189 (Вычисл. сейсмология; Вып. 29).
- Горшков А.И., Жидков М.П., Ранцман Е.Я., Тумаркин А.Г. Морфоструктура Малого Кавказа и места землетрясений, М 5,5 // Известия АН СССР. Физика Земли, 1991, № 6. С.30-38.
- Горшков А.И. Использование результатов распознавания мест возможного возникновения землетрясений для задач сейсморайонирования (на примере Кавказа) // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. Вып. 1. М.: ИФЗ РАН, 1993. С.207-216.
- Горшков А.И., Кособоков В.Г., Ранцман Е.Я., Соловьев А.А. Проверка результатов распознавания мест возможного возникновения сильных землетрясений с 1972 по 2000 год // Проблемы динамики литосферы и сейсмичности. М.: ГЕОС, 2001. С.48-57 (Вычисл. сейсмология; Вып. 32).
- Горшков А.И., Пиотровская Е.П., Ранцман Е.Я. Распознавание мест возможного возникновения сильных землетрясений. XXX. Туркмено-Хорасанские горы, $M \geq 6,5$ // Проблемы теоретической сейсмологии и сейсмичности. М.: ГЕОС, 2002. С.129-140 (Вычисл. сейсмология; Вып. 33).
- Горшков А.И. Распознавание мест сильных землетрясений в Альпийско-Гималайском поясе. М.: КРАСАНД, 2010. 472 с. (Вычисл. сейсмология; Вып. 40).
- Горшков А.И., Новикова О.В. Распознавание мест сильных землетрясений ($M \geq 6,0$) в каспийском регионе: Копетдаг-Аладаг-Биналуд // Геофизические исследования, 2012, т.13, № 1. С.29-38.

- Горшков А.И., Соловьев А.А., Жарких Ю.И. Морфоструктурное районирование горной части Крыма и места возможного возникновения сильных землетрясений // Вулканология и сейсмология. 2017. № 6. С. 21-27, doi:10.7868/S0203030617060025.
- Горшков А.И., Соловьев А.А., Жарких Ю.И. Распознавание мест возможного возникновения сильных землетрясений в регионе Алтай–Саяны–Прибайкалье // ДАН, 2018, т.479, № 3. С.333-335, doi:10.7868/S0869565218090219.
- Гравиров В.В. Применение оптимальных фильтров для выделения сейсмических сигналов длиннопериодного канала гиронаклономера // Сейсмические приборы, 2009, т.45, № 1. С.23-33.
- Гравиров В.В., Кислов К.В., Лиходеев Д.В., Котов А.Н. Аппаратурный комплекс для измерения глубины промерзания грунта // Научное приборостроение, 2018а, т.28, № 4. С.98-102, doi:10.18358/np-28-4-i98102.
- Гравиров В.В., Кислов К.В., Лиходеев Д.В., Нумалов А.С. Прецизионная автономная модульная 24-разрядная система сбора геофизических данных // Научное приборостроение, 2018б, т.28, № 4. С.64-72, doi:10.18358/np-28-4-i6472.
- Гриневич П.Г., Новиков Р.Г. Ядро Коши для DN-дискретного комплексного анализа Новикова–Дынникова на треугольной решетке // УМН, 2007, т. 62, вып. 4(376). С.155-156, doi: 10.4213/rm7483.
- Гриневич П.Г., Новиков Р.Г. Обобщенные аналитические функции, преобразования типа Мутара и голоморфные отображения // Функциональный анализ и его приложения, 2016, т.50, № 2. С.81-84, doi:10.4213/faa3237.
- Гриневич П.Г., Новиков Р.Г. Многоточечные рассеиватели со связанными состояниями при нулевой энергии // Теоретическая и математическая физика, 2017, т.193, № 2. С.309-314, doi:10.4213/tmf9349.
- Дрознин Д.В., Дрознина С.Я., Сенюков С.Л., Чебров Д.В., Шапиро Н.М., Шебакин П.Н. Вероятностные оценки гипоцентров по данным Камчатской сети сейсмических станций // Физика Земли, 2019, № 4. С.153-165, doi:10.31857/S0002-333720194153-165.
- Евсеев М.Н., Трубицын В.П. Модель общемантийной конвекции с образованием долгоживущего изолированного резервуара, питающего срединно-океанический хребет // ДАН, 2017а, т.476, № 2. С.205-208, doi:10.7868/S0869565217260188.
- Евсеев М.Н., Трубицын В.П. Пульсации и разрывы ножек тепловых мантийных плюмов // ДАН, 2017б, т.476, № 5. С.559-561, doi:10.7868/S0869565217290175.
- Желиговский В.А., Кузнецов Е.А., Подвигина О.М. Численное моделирование коллапса в идеальной несжимаемой гидродинамике // Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики, 2001, т.74, вып.7. С.402-406.
- Желиговский В.А., Подвигина О.М. Модель динамики тектонических блоков с учетом миграции флюидов по системе разломов // Физика Земли, 2002, № 12. С.3-13.
- Желиговский В.А. О линейной устойчивости стационарных пространственно-периодических магнитогидродинамических систем к длиннопериодным возмущениям // Физика Земли, 2003, № 5. С.65-74.
- Желиговский В.А. Слабо нелинейная устойчивость магнитогидродинамических систем, имеющих центр симметрии, к возмущениям с большими масштабами // Физика Земли, 2006а, № 3. С.69-78.
- Желиговский В.А. Слабо нелинейная устойчивость конвективных магнитогидродинамических систем без α -эффекта к возмущениям с большими масштабами // Физика Земли, 2006б, № 12. С.92-108.
- Желиговский В.А. Математическая теория устойчивости магнитогидродинамических режимов к длинномасштабным возмущениям. М.: КРАСАНД, 2010, 352 с.
- Завадский В.В., Киселев С.Г., Макеев О.А., Маркушевич В.М. Рэлеевские волны в средах Пикерса // ДАН, 1995, т.343, № 6. С.813-817.

- Исаев М.И., Новиков Р.Г. Оценки устойчивости для восстановления потенциала по импедансному граничному оператору // Алгебра и анализ, 2013, т.25, вып.1. С.37-63.
- Исмаил-заде А.Т., Наймарк Б.М. Напряжение в погружающихся древних океанических плитах под континентальными областями: численные модели // ДАН, 1997, т.354, № 4. С.539-541.
- Исмаил-заде А.Т., Короткий А.И., Наймарк Б.М., Суетов А.П., Цепелев И.А. Реализация трехмерной гидродинамической модели эволюции осадочных бассейнов // Журнал вычислительной математики и математической физики, 1998, т.38, № 7. С.1190-1203.
- Исмаил-заде А.Т., Биргер Б.И. Гравитационная неустойчивость идеально пластического слоя, покоящегося на слое вязкой жидкости: следствия для диапиризма // Физика Земли, 2001, № 7. С.10-17.
- Исмаил-заде А.Т., Короткий А.И., Наймарк Б.М., Цепелев И.А. Численное моделирование трехмерных вязких течений под воздействием гравитационных и тепловых эффектов // Журнал вычислительной математики и математической физики, 2001, т.41, № 9. С.1399-1415.
- Исмаил-заде А.Т., Хаппер Г.Э. Диапиризм в реологически слоистой среде // ДАН, 2001, т.377, № 4. С.534-537.
- Исмаил-заде А.Т., Короткий А.И., Наймарк Б.М., Цепелев И.А. Трёхмерное моделирование обратной задачи тепловой конвекции // Журнал вычислительной математики и математической физики, 2003, т.43, № 4. С.617-630.
- Исмаил-заде А.Т. Динамика погружающейся литосферы и тектонические напряжения в зонах континентальной коллизии // ДАН, 2004, т.395, № 2. С.251-253.
- Исмаил-заде А.Т., Аудиа А., Панца Дж.Ф. Тектонические напряжения в центральной части Апеннин как результат плавучести литосферы // ДАН, 2004, т.395, № 3. С.403-406.
- Исмаил-Заде А.Т., Короткий А.И., Крупский Д.П., Цепелев И.А., Шуберт Д. Эволюция тепловых плюмов в мантии Земли // ДАН, 2006а, т.411, № 4. С.523-526.
- Исмаил-Заде А.Т., Короткий А.И., Цепелев И.А. Трёхмерное численное моделирование обратной ретроспективной задачи тепловой конвекции на основе метода квазиобращения // Журнал вычислительной математики и математической физики, 2006б, т.46, № 12. С.2277-2288.
- Исмаил-Заде А.Т., Крупский Д.П. Экструзия и гравитационное течение жидкости: применение к соляной тектонике // Физика Земли, 2006, № 12. С.1-9.
- Исмаил-Заде А.Т., Ковтунов Д.А., Короткий А.И., Мельник О.Э., Цепелев И.А. Определение распределения физических характеристик внутри лавового потока по тепловым измерениям на его поверхности // ДАН, 2016, т.467, № 4. С.458-462, doi:10.7868/S0869565216100182.
- Кафтан В.И., Родкин М.В. Деформации района вулкана Этны по данным GPS измерений, интерпретация, связь с режимом вулканизма // Вулканология и сейсмология, 2019, № 1. С.14-24, doi:10.31857/S0205-96142019114-24.
- Киселев С.Г., Маркушевич В.М. О разделении переменных в уравнениях для рэлеевских колебаний слоистых сред // ДАН, 1993, т.332, № 3. С.297-300.
- Киселев С.Г., Маркушевич В.М. Рэлеевские колебания слоистых сред как матричная задача Штурма-Лиувилля // ДАН, 1994, т.335, № 1. С.29-31.
- Кислов К.В. Температурные изменения линейных размеров элементов широкополосного сейсмометра, воспринимаемые им как колебания грунта. Сейсмические приборы, 2009, т.45, № 1. С.34-43.
- Кислов К.В., Гравиров В.В. Распознавание вступления землетрясения на фоне техногенных шумов // Сейсмические приборы, 2010, т.46, № 2. С.26-46.

- Кислов К.В., Гравиров В.В. Исследование влияния окружающей среды на шум широкополосной сейсмической аппаратуры М.: КРАСАНД, 2013. 240 с. (Вычисл. сейсмология; Вып. 42).
- Кислов К.В., Гравиров В.В. Система раннего предупреждения о землетрясении для железных дорог: Перспективы, проблемы, решения // Научное приборостроение, 2017а, т.27, № 1. С.40-45, doi:10.18358/np-27-1-i4045.
- Кислов К.В., Гравиров В.В. Глубокие искусственные нейронные сети как инструмент анализа сейсмических данных // Сейсмические приборы, 2017б, т.53, № 1. С.17-38, doi:10.21455/si2017.1-2.
- Коваленко М.Д., Меньшова И.В., Кержаев А.П. Метод начальных функций и интегральное преобразование Фурье в краевой задаче теории упругости для бесконечной полосы // Механика композиционных материалов и конструкций, 2015а, т.21, № 1. С.47-64.
- Коваленко М.Д., Меньшова И.В., Кержаев А.П. Метод начальных функций и интегральное преобразование Фурье в краевой задаче теории упругости для бесконечной полосы (II) // Механика композиционных материалов и конструкций, 2015б, т.21, № 2. С.237-250.
- Коваленко М.Д., Меньшова И.В. Особенности точных решений краевых задач теории упругости в полуполосе // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Естественные науки, 2017, № 4(73). С.52-64, doi:10.18698/1812-3368-2017-4-52-64.
- Коваленко М.Д., Меньшова И.В., Кержаев А.П. О некоторых физических аспектах теории остаточных напряжений // *Современные проблемы механики*, 2018, №33 (3), С.60-72.
- Кособоков В.Г., Мажженов С.А. Интенсивность потока землетрясений в очаговой области // Доклады Академии наук Республики Казахстан, 1992, № 1. С.53-57.
- Кособоков В.Г. Об одной регулярности в последовательности обращений магнитного поля Земли // ДАН, 1995, т.340, № 4. С.539-542.
- Кособоков В.Г., Некрасова А.К. Общий закон подобия для землетрясений: глобальная карта параметров // Анализ геодинамических и сейсмических процессов. М.: ГЕОС, 2004. С.160-175 (Вычисл. сейсмология; Вып. 35).
- Кособоков В.Г. Прогноз землетрясений и геодинамические процессы. Часть I. Прогноз землетрясений: основы, реализация, перспективы. М.: ГЕОС, 2005. 179 с. (Вычисл. сейсмология; Вып. 36).
- Кособоков В.Г., Некрасова А.К. Карты Глобальной программы оценки сейсмической опасности (GSHAP) ошибочны // Вопросы инженерной сейсмологии, 2011, т.38, № 1. С.65-76.
- Кособоков В.Г., Соловьев А.А. Об оценке результатов тестирования алгоритмов прогноза землетрясений // ДАН, 2015, т.460, № 6. С.710-712, doi:10.7868/S0869565215060213.
- Крупский Д.П., Исмаил-Заде А.Т. Численное моделирование тепловой диффузии мантийных плюмов // Физика Земли, 2005, № 9. С.3-11.
- Кузнецов А.Н., Маркушевич В.М. О точном решении задачи «уплощения Земли» для колебаний Рэлеевского типа // ДАН, 1996, т.248, № 4. С.539-542.
- Кузнецов И.В., Писаренко В.Ф., Родкин М.В. Методы расчета ущерба от катастроф различного типа // Экономика и математические методы, 1997, т.33, вып. 4. С.39-50.
- Кузнецов И.В., Родкин М.В., Серебряков Д.В., Урядов О.Б. Иерархический подход к динамике преступности // Новое в синергетике. Новая реальность, новые проблемы, новое поколение. М.: Наука, 2007. С.203-228.
- Кушнир А.Ф. Статистические и вычислительные методы сейсмического мониторинга. М.: КРАСАНД, 2012. 464 с. (Вычисл. сейсмология; Вып. 41).

- Кушнир А.Ф., Варыпаев А.В., Рожков М.В., Епифанский А.Г., Дрикер И. Определение параметров очагов микросейсмических событий по данным поверхностных сейсмических групп при сильных коррелированных помехах и сложных механизмах источников излучения // Физика Земли, 2014, № 3. С.28-50, doi:10.7868/S000233371403003X.
- Ландер А.В., Левина В.И., Иванова Е.И. Сейсмическая история Коряжского нагорья и афтершоковый процесс Олоторского землетрясения 20(21) апреля 2006 г. $M_w = 7.6$ // Вулканология и сейсмология, 2010, № 2. С.16-30.
- Левин В.Е., Бахтияров В.Ф., Титков Н.Н., Сероветников С.С., Магуськин М.А., Ландер А.В. Современные движения земной коры (СДЗК) на Камчатке // Физика Земли, 2014, № 6. С.17-36, doi:10.7868/S0002333714060040.
- Левина В.И., Ландер А.В., Митюшкина С.В., Чеброва А.Ю. Сейсмичность Камчатского региона 1962-2011 гг. // Вулканология и сейсмология, 2013, № 1. С.41-64, doi:10.7868/S0203030613010057.
- Лиходеев Д.В., Гравиров В.В., Кислов К.В. Прецизионные дифференциальные термометры для исследования тепловых процессов на базе Северокавказской геофизической обсерватории // Наука и технологические разработки, 2018, т.97. № 1. С.15-24, doi:10.21455/std2018.1-2.
- Лобковский Л.И., Исмаил-заде А.Т., Наймарк Б.М., Никишин А.М., Клутинг С. Механизм погружения земной коры и образования осадочных бассейнов // ДАН, 1993, т.330, № 2. С.256-260.
- Любушин А.А. (мл.), Писаренко В.Ф. Исследование сейсмического режима с помощью линейной модели интенсивности взаимодействующих точечных процессов // Физика Земли, 1993, № 12. С.81-87.
- Маркушевич В.М., Стеблов Г.М., Цемахман А.С. Быстрый алгоритм матричного пропагатора на основе представления Штурма-Лиувилля для волн Рэлея // ДАН, 1992, т.325, № 4. С.724-729.
- Меньшова И.В., Ворокова М.Н. Примеры точных решений краевых задач теории упругости в прямоугольнике с ребрами жесткости // Механика композиционных материалов и конструкций, 2016, т.22, № 3. С.414-429.
- Молчан Г.М. Стратегии в прогнозе сильных землетрясений // Компьютерный анализ геофизических полей. М.: Наука, 1990. С.3-27 (Вычисл. сейсмология; Вып. 23).
- Молчан Г.М. Модели оптимизации прогноза землетрясений // ДАН СССР, 1991, т.317, № 1, С.77-81.
- Молчан Г.М., Мульти-моно-фрактальность нулей броуновского движения // ДАН, 1994, т.335, № 4. С.424-426.
- Молчан Г.М. О максимумах дробного броуновского движения // Теория вероятности и ее применения. 1999, т.44, № 1. С.111-115.
- Молчан Г.М., Кронрод Т.Л., Панца Д. Можно ли увидеть форму изосейсты? // Проблемы динамики и сейсмичности Земли. М.: ГЕОС, 2000. С.221-241 (Вычисл. сейсмология; Вып. 31).
- Молчан Г. Линейные задачи для дробного броуновского движения: групповой подход // Теория вероятностей и ее применения, 2002, т.47, № 1. С.59-70.
- Молчан Г.М., Кронрод Т.Л., Панца Д. Пространственное сравнение макросейсмической интенсивности и пикового ускорения // Проблемы теоретической сейсмологии и сейсмичности. М.: ГЕОС, 2002. С.108-128 (Вычисл. сейсмология; Вып. 33).
- Молчан Г.М., Кронрод Т.Л. О пространственном масштабировании интенсивности сейсмических событий // Прогноз землетрясений и геодинамические процессы. Часть II. Геодинамические процессы. М.: ГЕОС, 2005. С.64-85 (Вычисл. сейсмология; Вып. 36).
- Наймарк Б.М., Исмаил-заде А.Т. Численная модель формирования внутриконтинентальных осадочных бассейнов // ДАН, 1994, т.334, № 1. С.97-99.

- Наймарк Б.М. Метод компьютерного моделирования мантийных течений с разрывами плотности и вязкости вдоль подвижных границ // ДАН, 1997, т.354, № 5. С.676-678.
- Наймарк Б.М. Обратная задача гравитационной неустойчивости // ДАН, 1999, т.364, № 4. С.541-543.
- Некрасова А.К., Кособоков В.Г. Временные вариации параметров Общего закона подобия для землетрясений на востоке острова Хонсю (Япония) // ДАН, 2005, т. 405, № 4. С.529-532.
- Некрасова А.К., Кособоков В.Г. Общий закон подобия для землетрясений: Прибайкалье // ДАН, 2006, т.407, № 5, С.679-681.
- Некрасова А.К., Кособоков В.Г. Общий закон подобия для землетрясений: мегаполисы и городские агломерации // Некоторые проблемы геодинамики. М.: КРАСАНД, 2009. С.267-300 (Вычисл. сейсмология, Вып. 39).
- Некрасова А.К., Кособоков В.Г., Парвез И.А. Оценка сейсмической опасности и сейсмического риска на основе общего закона подобия для землетрясений: Гималаи и прилегающие регионы // Физика Земли, 2015, № 2. С.116-125, doi:10.7868/S000233371501010X.
- Некрасова А.К., Кособоков В.Г. Общий закон подобия для землетрясений: Крым и Северный Кавказ // ДАН, 2016, т.470, № 4. С.468-470, doi:10.7868/S0869565216280161.
- Новиков Р.Г. Весовые преобразования Радона, для которых приближенная формула обращения Чанга является точной // УМН, 2011, т.66, № 2(398). С.237-238.
- Новиков Р.Г. Итерационный подход к неперопределенной обратной задаче рассеяния при фиксированной энергии // Математический сборник, 2015, т.206, № 1. С.131-146, doi:10.4213/sm8277.
- Новиков Р.Г., Тайманов И.А. Преобразование типа Мутара для матричных обобщенных аналитических функций и калибровочные преобразования // УМН, 2016, т.71, № 5(431). С.179-180, doi:10.4213/rm9741.
- Новикова О.В., Горшков А.И. Высокосейсмичные пересечения морфоструктурных линейментов Черноморско-Каспийского региона // Вулканология и сейсмология, 2018, № 6. С.23-31, doi:10.1134/S020303061806007X1.
- Писаренко В.Ф. Статистическое оценивание максимальных возможных землетрясений // Известия АН СССР. Физика Земли, 1991, № 9. С.38-46.
- Писаренко В.Ф. Оценка максимального возможного землетрясения // ДАН, 1993, т.328, № 2. С.168-170.
- Писаренко В.Ф. О наилучшей статистической оценке максимальной возможной магнитуды землетрясения // ДАН, 1995, т.344, № 2. С.237-239.
- Писаренко В.Ф., Лысенко В.Б. Распределение вероятностей максимального землетрясения, которое может произойти в заданный промежуток времени // ДАН, 1996, т.347, № 3. С.399-401.
- Писаренко В.Ф., Родкин М.В. Типы распределений параметров природных катастроф // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология, 1996, № 5. С.3-12.
- Писаренко В.Ф., Лысенко В.Б. Распределение вероятностей максимального землетрясения в заданный промежуток времени // Физика Земли, 1997, № 6. С.15-23.
- Писаренко В.Ф. Бутстреп для случайных процессов // ДАН, 1997, т.352, № 5. С.687-689.
- Писаренко В.Ф., Родкин М.В. Природные катастрофы: статистика и прогноз // Вестник Российской академии наук, 2006, т.76, № 11. С.995-1001.
- Писаренко В.Ф., Родкин М.В. Распределения с тяжелыми хвостами: приложения к анализу катастроф. М.: ГЕОС, 2007. 242 с. (Вычисл. сейсмология; Вып. 38).
- Писаренко В.Ф., Родкин М.В. Непараметрические методы исследования сейсмического режима // Физика Земли, 2008, № 1. С.3-11.

- Писаренко В.Ф., Родкин М.В. Неустойчивость параметра M_{\max} и альтернатива его применению // Физика Земли, 2009, № 12. С.48–59.
- Писаренко В.Ф., Родкин М.В., Рукавишникова Т.А. Оценка вероятности сильнейших сейсмических катастроф на основе теории экстремальных значений // Физика Земли, 2014, № 3. С.3-17, doi:10.7868/S0002333714030077.
- Писаренко В.Ф., Родкин М.В., Рукавишникова Т.А. Оценка вероятности редких экстремальных событий для случая малых выборок, метода и примеры анализа каталога землетрясений // Физика Земли, 2017, № 6. С.3-17, doi:10.7868/S0002333717060047.
- Писаренко В.Ф. Понятие "вероятность" и трудности его интерпретации // Вестник Российской академии наук. 2018, т.88, № 7. С.619-624, doi:10.31857/S086958730000084-0.
- Подвигина О.М. Неустойчивость конвективных течений малой амплитуды во вращающемся слое со свободными границами // Известия РАН. Механика жидкости и газа, 2006, № 6. С.40-51.
- Подвигина О.М. Конвективная устойчивость вращающегося слоя проводящей жидкости во внешнем магнитном поле // Известия РАН. Механика жидкости и газа, 2009, № 4. С.29-39.
- Подвигина О.М. Установление конвекции во вращающемся слое вязкой жидкости с наложенным магнитным полем: зависимость от чисел Прандтля // Физика Земли, 2011, № 5. С. 73-77.
- Родкин М.В. О процессе формирования «очага землетрясения»: новые данные и стохастическая модель развития неустойчивости // Физическая мезомеханика, 2007, т.10, №1. С.39-46.
- Родкин М.В., Писаренко В.Ф., Рукавишникова Т.А. Параметризация режима редких сильных событий-катастроф // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология, 2007, № 2. С.164-172.
- Родкин М.В. О режиме сейсмической активизации в обобщенной окрестности сильного землетрясения // Физическая мезомеханика, 2008, т.11, № 1. С.74-79.
- Родкин М.В., Рукавишникова Т.А. Процессы разупрочнения в окрестности сильных землетрясений и в зонах фазовых превращений в верхней мантии // Геофизические исследования, 2009, т.10, № 3. С.51-58.
- Родкин М.В. Модель сейсмического режима как совокупности эпизодов лавинообразной релаксации, возникающих на множестве метастабильных состояний // Физика Земли, 2011, № 11. С.18–26.
- Родкин М.В., Тихонов И.Н. Мегаземлетрясение в Японии 11 марта 2011 г.: величина события и характер афтершоковой последовательности // Геофизические процессы и биосфера, 2011, т.10, № 1. С.64–80.
- Родкин М.В., Тихонов И.Н. Новая модель параметризации сейсмического режима и прогностические аспекты ее применения в сахалинском регионе // Вулканология и сейсмология, 2012, № 3. С.73-86.
- Родкин М.В., Тихонов И.Н. О сейсмическом режиме Японии в преддверии мегаземлетрясения Тохоку ($M_w = 9$) // Вулканология и сейсмология, 2013, № 4. С.3-12, doi:10.7868/S020303061303005X.
- Родкин М.В., Писаренко В.Ф., Нго Тхи Лы, Рукавишникова Т.А. О возможных реализациях закона распределения редких сильнейших землетрясений // Geodynamics & Tectonophysics, 2014, т.5, № 4. С.893-904, doi:10.5800/GT-2014-5-4-0161.
- Ружич В.В., Левина Е.А., Писаренко В.Ф., Любушин А.А. Статистическая оценка максимальной возможной магнитуды землетрясения для Байкальской рифтовой зоны // Геология и геофизика, 1998, т.39, № 10. С.1443-1455.

- Рундквист Д.В., Владова Г.Л., Рожкова В.В. Закономерности миграции очагов землетрясений вдоль островных дуг // ДАН, 1998, т.360, № 2. С.263-266.
- Рундквист Д.В., Соболев П.О., Ряховский В.М. Отражение активности различных типов разломов Байкальской рифтовой зоны в сейсмичности // ДАН, 1999, т.366, № 6. С.823-825.
- Рундквист Д.В., Соболев П.О. О главных эволюционных трендах преобразования земной коры Европы // ДАН, 2002, т.387, № 3, С.567-569.
- Себряков Г.Г., Коваленко М.Д., Меньшова И.В., Семенова И.А. Нечетно-симметричная краевая задача теории упругости для полуполосы. Точное решение // ДАН, 2015а, т.462, № 6. С.662-665, doi:10.7868/S0869565215180115.
- Себряков Г.Г., Коваленко М.Д., Меньшова И.В., Шуляковская Т.Д. Разложения Лагранжа по функциям Фадля–Папковича в краевой задаче теории упругости для полуполосы // ДАН, 2015б, т.460, № 5. С.540-543, doi:10.7868/S0869565215050126.
- Себряков Г.Г., Коваленко М.Д., Меньшова И.В., Шуляковская Т.Д. Нечетно-симметричная краевая задача для полуполосы с продольными ребрами жесткости. Биортогональные системы функций и разложения Лагранжа // ДАН, 2016, т.468, № 3. С.280-284, doi:10.7868/S0869565216150123.
- Сеначин В.Н., Баранов А.А. Латеральные плотностные неоднородности континентальной и океанической литосферы и их связь с процессом образования земной коры // Тихоокеанская геология, 2011, т.30, № 5. С.3-13.
- Сеначин В.Н., Баранов А.А. Гравитационные аномалии и плотностные неоднородности коры и мантии Центральной и Южной Азии // Геодинамика и тектонофизика, 2016. т.7, № 4. С. 513-528. doi:10.5800/GT-2016-7-4-0220.
- Соболев П.О., Рундквист Д.В. Зависимость сейсмичности срединно-океанических хребтов от скорости спрединга и соотношения длин рифтовых и трансформных участков // ДАН, 1996, т.350, № 6. С.807-811.
- Соболев П.О., Рундквист Д.В. Изменение сейсмичности в зависимости от стадии тектонической эволюции рифтов Восточной Африки // ДАН, 1997, т.354, № 5. С.660-664.
- Соболев П.О., Рундквист Д.В. О связи сейсмичности и геодинамики коллизионного пояса Тетис // ДАН, 1998, т.360, № 5, С.685-690.
- Соболев П.О. О связях между гидротермальной минерализацией и сейсмичностью срединно-океанических хребтов // Литология и полезные ископаемые, 1999, № 5. С.92-98.
- Соболев П.О., Эринчек Ю.М. Об использовании принципа изостазии при изучении земной коры территории России // ДАН, 2002, т.382, № 4. С.535-539.
- Соловьев А.А., Рундквист Д.В. Моделирование сейсмичности дугообразной зоны субдукции // ДАН, 1998, т.362, № 2. С.256-260.
- Соловьев А.А., Гвишиани А.Д., Горшков А.И., Добровольский М.Н., Новикова О.В. Распознавание мест возможного возникновения землетрясений: Методология и анализ результатов // Физика Земли, 2014, № 2. С.3-20, doi:10.7868/S0002333714020112.
- Соловьев А.А., Горшков А.И. Моделирование динамики блоковой структуры и сейсмичности Кавказа // Физика Земли, 2017, № 3. С.3-13, doi:10.7868/S0002333717030127.
- Соловьев А.А., Новикова О.В., Горшков А.И., Пиотровская Е.П. Распознавание расположения потенциальных очагов сильных землетрясений в Кавказском регионе с использованием ГИС-технологий // ДАН, 2013, т.450, № 5. С.599-601, doi:10.7868/S0869565213170222.
- Соловьев А.А., Горшков А.И., Соловьев А.А. Применение данных по литосферным магнитным аномалиям в задаче распознавания мест возможного возникновения

- землетрясений // Физика Земли, 2016, № 6. С.21-27, doi:10.7868/S0002333716050148.
- Трубицын В.П., Ходаковский Г.И., Рабинович М., Волновая миграция расплава в сжимаемой пористой среде // Физика Земли, 1998, № 10, С.33-39.
- Трубицын В.П. Модель Японского землетрясения 2011 г. ($M=9.0$) // Геофизические процессы и биосфера, 2011, т.10, № 3. С.5-19.
- Трубицын В.П. Изгибные деформации плит в модели сильных субдукционных землетрясений // Физика Земли, 2012, № 2. С.3-13.
- Трубицын В.П., Трубицын А.П. Численная модель образования совокупности литосферных плит и их прохождения через границу 660 км // Физика Земли, 2014, № 6. С.138-147, doi:10.7868/S0002333714060106.
- Трубицын В.П., Трубицын А.П. Эффекты сжимаемости в уравнениях мантийной конвекции // Физика Земли, 2015, № 6. С.3-147, doi:10.7868/S0002333715060125.
- Трубицын В.П. Распределение вязкости в моделях мантийной конвекции // Физика Земли, 2016, № 5. С.3-12, doi:10.7868/S000233371605015X.
- Трубицын В.П. Дрейф континентов и колебания уровня Мирового океана // Геофизические процессы и биосфера, 2018, т.17. № 4. С.41-58, doi:10.21455/GPB2018.4-3.
- Трубицын В.П., Евсеев М.Н. Плюмовый режим тепловой конвекции в мантии Земли // Физика Земли, 2018, № 6. С.37-47, doi:10.1134/S0002333718060121.
- Трубицын В., Трубицын А.П. Критерий смены режимов осаждения частиц в вязкой жидкости // ДАН, 2018, т.482, № 1. С.89-91, doi:10.31857/S086956520003144-1.
- Трубицын В.П. Проблемы глобальной геодинамики // Физика Земли, 2019, № 1. С.180-198, doi:10.31857/S0002-333720191180-198.
- Трусов А.В. Линейно-быстрые алгоритмы для вычисления дискретного преобразования Лежандра и решения уравнения Бюргерса // Теоретические проблемы в геофизике. М.: Наука, 1997. С.190-196 (Вычисл. сейсмология; Вып. 29).
- Усенко С.В., Илларионов В.К., Бойко А.Н., Шлезингер А.Е. Строение северной островной окраины Исландии и тектоника южной части хребта Колбейнсей // Геофизические исследования, 2015, т.16, № 1. С.77-87.
- Усенко С.В., Бойко А.Н., Прохорова Т.В. Особенности строения океанского дна северной Атлантики между срединно-океаническим хребтом Колбейнсей и микроконтинентом Ян-Майен // Геофизические процессы и биосфера, 2018, т.17. № 4. С.59-75, doi:10.21455/GPB2018.4-4.
- Фомочкина А.С., Букчин Б.Г. Применение параллельных вычислений при определении параметров очагов землетрясений с высоким разрешением // Физика Земли, 2019, № 2. С.68-75, doi:10.31857/S0002-33372019268-75.
- Хохлов А.В. Моделирование вековых геомагнитных вариаций. Принципы и реализация // Геофизические исследования, 2012, т.13, № 2, С.50-61.
- Хохлов А.В. Вековые геомагнитные вариации: статистические свойства палеомагнитных данных // Геофизические исследования, 2014а, т.15, № 4. С.20-34.
- Хохлов А.В. Вековые геомагнитные вариации. Методы статистики палеомагнитных направлений в осадочных породах // Физика Земли, 2014б, № 4. С.106-111, doi:10.7868/S0002333714040073.
- Хохлов А.В., Люлье Ф., Щербаков В.П. Переменяемость и особенности статистических характеристик геомагнитного поля в моделях геодинамо // Физика Земли, 2017, № 5. С.81-88, doi:10.7868/S0002333717050076.
- Чеботарева И.Я., Кушнир А.Ф., Рожков М.В. Устранение интенсивной помехи при пассивном мониторинге месторождений углеводородов методом эмиссионной томографии // Физика Земли, 2008, № 12. С.65-82.
- Чеброва А.Ю., Чебров В.Н., Гусев А.А., Ландер А.В., Гусева Е.М., Митюшкина С.В., Раевская А.А. Воздействие Охотоморского землетрясения 24 мая 2013 г. ($M_w=8.3$)

- на территории Камчатки и мира // Вулканология и сейсмология, 2015, № 4. С.3-22, doi:10.7868/S0203030615040033.
- Шаповал А.Б., Шнирман М.Г. Эффективность прогноза в модели образования лавин в зависимости от размера предсказываемых событий // Физика Земли, 2008, № 6. С.61-67.
- Шаповал А.Б., Шнирман М.Г. Прогноз крупнейших событий в модели образования лавин с помощью предвестников землетрясений // Физика Земли, 2009, № 5. С.39-46.
- Шебалин П.Н. Афтершоки как индикаторы напряженного состояния в системе разломов // ДАН, 2004, т. 398, № 2. С.249-254.
- Шебалин П.Н. Цепочки эпицентров как индикатор возрастания радиуса корреляции сейсмичности перед сильными землетрясениями // Вулканология и сейсмология, 2005, № 1. С.3-15.
- Шебалин П.Н. Широкомасштабная краткосрочная активизация сейсмичности перед сильнейшими землетрясениями Японии и Курил // Геофизические процессы и биосфера, 2011, т.10, № 1. С.36-46.
- Шебалин П.Н., Баранов С.В. Экспресс оценка опасности сильных афтершоков района Камчатки и Курильских островов // Вулканология и сейсмология, 2017, № 4. С.57-66, doi:10.7868/S0203030617040046.
- Шебалин П.Н. Математические методы анализа и прогноза афтершоков землетрясений: необходимость смены парадигмы // Чебышевский сборник, 2018, т.19, вып.4. С.227-242, doi:10.22405/2226-8383-2018-19-4-227-242.
- Шебалин П.Н., Баранов С.В., Дзедобов Б.А. Закон повторяемости количества афтершоков // ДАН, 2018, т.481, № 3. С.320-323, doi:10.31857/S086956520001387-8.
- Шерман С.И., Родкин М.В., Горбунова Е.А. Тектонофизический анализ типов графиков повторяемости катастрофических землетрясений Центральной Азии // Вулканология и сейсмология, 2017, № 6. С.49-63, doi:10.7868/S0203030617060050.
- Шнирман М.Г., Берестова Н.А. О синергетике в модели каталога землетрясений // ДАН, 1996, т.350, № 1, С.115-118.
- Щербаков В.П., Хохлов А.В., Сычева Н.К. Сравнение вековых вариаций геомагнитного поля в эпохе Брюнеса, записанных в вулканических и осадочных породах // Физика Земли, 2014, № 2. С.73-79, doi:10.7868/S0002333714020094.
- Щербаков В.П., Хохлов А.В., Сычева Н.К. О функции распределения величины геомагнитного поля по модели Большого Гауссовского Процесса и эмпирическим данным // Физика Земли, 2015, № 5. С.179-193, doi:10.7868/S0002333715050117.
- Щербаков В.П., Хохлов А.В., Сычева Н.К. Анализ гипотезы Большого Гауссовского Процесса как способа описания вековых вариаций вектора геомагнитного поля // Физика Земли, 2019, № 1. С.214-228, doi:10.31857/S0002-333720191214-228.
- Agaltsov,A.D., and R.G.Novikov, Riemann-Hilbert problem approach for two-dimensional flow inverse scattering, *Journal of Mathematical Physics*, 2014, **55**, 10: 103502, doi:10.1063/1.4896741.
- Agaltsov,A.D., and R.G.Novikov, Uniqueness and non-uniqueness in acoustic tomography of moving fluid. *Journal of Inverse and Ill-Posed Problems*, 2016, **24**, 3: 333-340, doi:10.1515/jiip-2015-0051.
- Agaltsov,A.D., T.Hohage, and R.G.Novikov, Monochromatic identities for the green function and uniqueness results for passive imaging. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 2018, **78**, 5: 2865-2890, doi:10.1137/18M1182218.
- Agaltsov,A.D., T.Hohage, and R.G.Novikov, An iterative approach to monochromatic phaseless inverse scattering. *Inverse Problems*, 2019, **35**, 2: Article 024001, doi:10.1088/1361-6420/aaf097.
- Andrievsky,A., A.Brandenburg, A.Noullez, and V.Zheligovsky, Negative magnetic eddy diffusivities from test-field method and multiscale stability theory. *Astrophysical J.*, 2015, **811**, 2: 135, doi:10.1088/0004-637X/811/2/135.

- Andrievsky,A., R.Chertovskih, and V.Zheligovsky, Pointwise vanishing velocity helicity of a flow does not preclude magnetic field generation. *Physical Review E*, 2019a, **99**, 3: Article 033204, doi:10.1103/PhysRevE.99.033204.
- Andrievsky,A., R.Chertovskih, and V.Zheligovsky, Negative magnetic eddy diffusivity due to oscillogenic α -effect. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 2019b, **399**: 58-72, doi:10.1016/j.physd.2019.04.005.
- Aoudia,A., A.Sarao, B.Bukchin, and P.Suhadolc, The 1976 Friuli (NE Italy) thrust faulting earthquake: A reappraisal 23 years later. *Geophys. Res. Letters*, 2000, **27**, 4: 573-576, doi:10.1029/1999GL011071.
- Aoudia,A., A.T.Ismail-Zadeh, F.Romanelli, Buoyancy-driven deformation and contemporary tectonic stress in the lithosphere beneath Central Italy. *Terra Nova*, 2007, **19**, 6: 490-495, doi:10.1111/j.1365-3121.2007.00776.x.
- Aptekman,Zh.Ya., S.S.Arefiev, O.D.Voevoda, and O.O.Erteleva, Seismotectonic movements in the epicentral zone of the 1991 Racha earthquake: 1. Local displacements. In A.Ismail-Zade (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics. Volume 8*. Am. Geophys. Un., Washington, D.C., 2008: 121-126.
- Ashwin,P., and O.M.Podvigina, Hopf bifurcation with cubic symmetry and instability of ABC flow. *Proc. Royal Soc. London A*, 2003, **459**, 2035: 1801-1827, doi:10.1098/rspa.2002.1090.
- Ashwin,P., and O.M.Podvigina, Noise-induced switching near a depth two heteroclinic network arising in Boussinesq convection. *Chaos*, 2010, **20**, 2: 023133, doi:10.1063/1.3439320.
- Balassanian,S., T.Ashirov, T.Chelidze, A.Gassanov, N.Kondorskaya, G.Molchan, B.Pustovitenko, V.Trifonov, V.Ulomov, and D.Giardini, Seismic hazard assessment for the Caucasus test area. *Annali di Geofisica*, 1999, **42**, 6: 1139-1151, doi:10.4401/ag-3775.
- Baranov,A., and A.Morelli, The Moho depth map of the Antarctica region. *Tectonophysics*, 2013, **609**: 299-313, doi:10.1016/j.tecto.2012.12.023.
- Baranov,A., M.Bagherbandi, and R.Tenzer, Combined gravimetric-seismic Moho model of Tibet. *Geosciences*, 2018a, **8**, 12: 461, doi:10.3390/geosciences8120461.
- Baranov,A., R.Tenzer, and M.Bagherbandi, Combined gravimetric-seismic crustal model for Antarctica. *Surveys in Geophysics*, 2018b, **39**, 1: 23-56, doi:10.1007/s10712-017-9423-5.
- Bellanger,E., E.M.Blanter, J.-L. Le Mouél, M.Mandea, and M.G.Shnirman, On the geometry of the external geomagnetic irregular variations. *J. Geophys. Res.*, 2002, **107**, A11: SIA20-1 – SIA20-7, 1414, doi:10.1029/2001JA900112.
- Bellanger,E., V.G.Kossobokov, and J.-L.Le Mouél, Predictability of geomagnetic series. *Annales Geophysicae*, 2003, **21**, 5: 1101-1109, doi:10.5194/angeo-21-1101-2003.
- Bessonova,E.N., E.N.Reznikov, and A.M.Il'yin The Ritz method in the problem on spheroidal oscillations in the layered model of the Earth. In D.K.Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics. Volume 6*. Am. Geophys. Un., Washington, D.C., 2004: 42-46.
- Bessonova,E.N., E.L.Reznikov, and A.M.Il'in, Performance of the Ritz method in the problem of spheroidal oscillations for layered Earth model: 2. In A.Ismail-Zade (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics. Volume 8*. Am. Geophys. Un., Washington, D.C., 2008: 84-90.
- Birger,B.I., A.T.Ismail-zadeh, and B.M.Naimark, Convective modes in a two-layer approximation of the Earth's mantle. In D.K.Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics / Am. Geophys. Un.*, **2**, Washington, D.C.: The Union, 1994: 72-75.
- Blanter,E.M., and M.G.Shnirman, Self-organized criticality in hierarchical model of defects development. *Phys. Rev. E*, 1996, **53** (4): 3408-3416, doi:10.1103/PhysRevE.53.3408.

- Blanter,E.M., and M.G.Shnirman, Simple hierarchical systems: Stability, self-organised criticality and catastrophic behaviour. *Phys. Rev. E*, 1997, **55** (6): 6397-6403, doi:10.1103/PhysRevE.55.6397.
- Blanter,E.M., M.G.Shnirman, and J.L.Le Mouël, Hierarchical model of seismicity: Scaling and predictability. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1997a, **103**, 1-2: 135-150, doi:10.1016/S0031-9201(97)00063-0.
- Blanter,E.M., M.G.Shnirman, J.L.Le Mouël, and C.J.Allegre, Scaling laws in blocks dynamic and dynamic self-organized criticality. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1997b, **99**, 3-4: 295-307, doi:10.1016/S0031-9201(96)03195-0.
- Blanter,E.M., C.Narteau, M.G.Shnirman, and J.L.Le Mouël, Up and down cascade in a dynamo model: Spontaneous symmetry breaking. *Physical Review E*, 1999a, **59**, 5: 5112-5123, doi:10.1103/PhysRevE.59.5112.
- Blanter,E.M., M.G.Shnirman, and J.-L.Le Mouël, Temporal variation of predictability in a hierarchical model of dynamical self-organized criticality. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1999b, **111**, 3-4: 317-327, doi:10.1016/S0031-9201(98)00170-8.
- Blanter,E.M., M.G.Shnirman, J.-L. Le Mouël, Up and down cascades: Three-dimensional magnetic field model. *Phys. Rev. E*, 2002, **65**, 6: 06105, doi:10.1103/PhysRevE.65.061105.
- Blanter,E.M., M.G.Shnirman, and J.-L.Le Mouël, Solar variability: Evolution of correlation properties. *J. Atmospheric and Solar-Terrestrial Phys.*, 2005, **67**, 6: 521-534, doi:10.1016/j.jastp.2004.12.002.
- Blanter,E.M., M.G.Shnirman, J.-L.Le Mouël, and F.Perrier, Short-term correlation of solar activity and sunspots: evidence of lifetime increase. *Solar Physics*, 2006, **237**, 2: 329-350, doi:10.1007/s11207-006-0162-x.
- Blanter,E., J.-L.Le Mouël, and M.Shnirman, V.Courtillot, A correlation of mean period of MJO indices and 11-yr solar variation. *J. Atmospheric and Solar-Terrestrial Phys.*, 2012, **80**: 195-207, doi:10.1016/j.jastp.2012.01.016.
- Blanter,E.M., J.-L.Le Mouël, M.G.Shnirman, and V.Courtillot, Kuramoto model of nonlinear coupled oscillators as a way for understanding phase synchronization: Application to solar and geomagnetic indices. *Solar Phys.*, 2014a, **289**, 11: 4309-4333, doi:10.1007/s11207-014-0568-9.
- Blanter,E., J.-L.Le Mouël, M.Shnirman, and V.Courtillot, Loss of synchronization in the 27-day spectral component of geomagnetic indices and its relationship with solar activity. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 2014b, **117**: 71-80, doi:10.1016/j.jastp.2014.04.002.
- Blanter,E., J.-L.Le Mouël, M.Shnirman, and V.Courtillot, Kuramoto model with non-symmetric coupling reconstructs variations of the Solar-cycle period. *Solar Phys.*, 2016, **291**, 3: 1003-1023, doi:10.1007/s11207-016-0867-4.
- Blanter,E., J.-L.Le Mouel, M.Shnirman, and V.Courtillot, Reconstruction of the North-South Solar asymmetry with a Kuramoto model. *Solar Phys.*, 2017, **292**, 4, Article: 54, doi:10.1007/s11207-017-1078-3.
- Blanter,E., J.-L.Le Mouel, M.Shnirman, and V.Courtillot, Long term evolution of Solar meridional circulation and phase synchronization viewed through a symmetrical Kuramoto model. *Solar Phys.*, 2018, **293**, 10, Article: 134, doi:10.1007/s11207-018-1355-9.
- Bobrov,A.M., and A.A.Baranov, Thermochemical Mantle Convection with Drifting Deformable Continents: Main Features of Supercontinent Cycle. *Pure Appl. Geophys.*, 2019, **176**, 8: 3545-3565, doi:10.1007/s00024-019-02164-w.
- Bouligand,C., G.Hulot, A.Khokhlov, and G.A.Glatzmaier, Statistical palaeomagnetic field modelling and dynamo numerical simulation. *Geophys. J. Int.*, 2005, **161**, 3: 603-626, doi:10.1111/j.1365-246X.2005.02613.x.

- Brodov, L.Yu., V.V.Loctsik, V.M.Markushevich, N.N.Novikova, V.E.Fedorov, and S.B.Sinjukhina, Monochromatic sounding of the upper part of a velocity profile by a horizontal vibrator. In D.K.Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics* / Am. Geophys. Un., **2**, Washington, D.C.: The Union, 1994: 150-155.
- Bukchin, B.G. Determination of stress glut moments of total degree 2 from teleseismic surface waves amplitude spectra. *Tectonophysics*, 1995, **248**: 185-191, doi:10.1016/0040-1951(94)00271-A.
- Bukchin, B.G., A.Z.Mostinsky, A.A.Egorin, A.L.Levshin, and M.H.Ritzwoller, Isotropic and Nonisotropic Components of Earthquakes and Nuclear Explosions on the Lop Nor Test Site, China. *Pure and Appl. Geophys.*, 2001, **158**, 8: 1497-1515, doi:10.1007/PL00001231.
- Bukchin, B., T.Yanovskaya, J.-P.Montagner, A.Mostinskiy, and E.Beucier, Surface wave focusing effects: Numerical modeling and statistical observations. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 2006, **155**, 3-4: 191-200, doi:10.1016/j.pepi.2005.10.010.
- Bukchin, B., E.Clevede, and A.Mostinskiy, Uncertainty of moment tensor determination from surface wave analysis for shallow earthquakes. *Journal of Seismology*, 2010, **14**, 3: 601-614, doi:10.1007/s10950-009-9185-8.
- Campos, J., R.Madariaga, J.Nabelek, B.G.Bukchin, and A.Deschampe, Faulting process of the 20 June 1990 Iran earthquake from broadband records. *Geophys. J. Int.*, 1994, **118**, 1: 31-46, doi:10.1111/j.1365-246X.1994.tb04673.x.
- Castro, S.B.S.D., I.S.Labouriau, and O.Podvigina, A heteroclinic network in mode interaction with symmetry. *Dynamical Systems*, 2010, **25**, 3: 359-396, doi:10.1080/14689367.2010.506183.
- Chertovskih, R., S.M.A.Gama, O.Podvigina, and V.Zheligovsky, Dependence of magnetic field generation by thermal convection on the rotation rate: a case study. *Physica D*, 2010, **239**, 13: 1188-1209, doi:10.1016/j.physd.2010.03.008.
- Chertovskih, R.A., and A.O.Remizov, On pleated improper singular points of first order implicit differential equations. *J. Dynamical and Control Systems*, 2014, **20**: 197-206, doi:10.1007/s10883-013-9209-0.
- Chertovskih, R., A.C.-L.Chian, O.Podvigina, E.L.Rempel, and V.Zheligovsky, Existence, uniqueness and analyticity of space-periodic solutions to the regularised long-wave equation. *Advances in Differential Equations*, 2014, **19**, 7/8: 725-754.
- Chertovskih, R., and V.Zheligovsky, Large-scale weakly nonlinear perturbations of convective magnetic dynamos in a rotating layer. *Physica D - Nonlinear Phenomena*, 2015, **313**, 1 December 2015: 99-116, doi:10.1016/j.physd.2015.09.012.
- Chossat, P., A.Lohse, and O.Podvigina, Pseudo-simple heteroclinic cycles in R4. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 2018, **372**, 1 June 2018: 1-21, doi:10.1016/j.physd.2018.01.008.
- Chulliat, A., E.Blanter, J.-L.Le Mouél, and M.Shnirman, On the seasonal asymmetry of the diurnal and semidiurnal geomagnetic variations, *J. Geophys. Res.*, 2005, **110**, A5, A05301, doi:10.1029/2004JA010551.
- Chunga, K., A.Michetti, A.Gorshkov, G.Panza, A.Soloviev, and C.Martillo, Identificación de nudos Sismogénicos Capaces de Generar Potenciales Terremotos de $M > 6$ y $M > 6,5$ en la Región Costera y Cadenas Montañosas de los Andes septentrionales del Ecuador. *Revista Tecnológica ESPOL - RTE*, 2010, **23**, 3: 61-89.
- Clévéde, E., M.-P.Bouin, B.Bukchin, A.Mostinskiy, and G.Patau, New constraints on the rupture process of the 1999 August 17 Izmit earthquake deduced from estimates of stress glut rate moments. *Geophys. J. Int.*, 2004, **159**, 3: 931-942, doi:10.1111/j.1365-246X.2004.02304.x.
- Clevede, E., B.Bukchin, P.Favreau, A.Mostinskiy, A.Aoudia, and G.Panza, Long-period spectral features of the Sumatra-Andaman 2004 earthquake rupture process. *Geophys. J. Int.*, 2012, **191**, 3: 1215-1225. doi:10.1111/j.1365-246X.2012.05482.x.

- Costa,G., G.F.Panza, and I.M.Rotwain, Stability of premonitory seismicity pattern and intermediate-term earthquake prediction in Central Italy. *Pure and Appl. Geophys.*, 1995, **145**, 2: 259-275, doi:10.1007/BF00880270.
- Costa,G., I.Staniskova, I.Rotwain, and G.F.Panza, Seismotectonic models and CN algorithm: The case of Italy. *Pure and Appl. Geophys.*, 1996, **147**, 1: 119-130, doi:10.1007/BF00876439.
- Courtillot,V., J.-L.Le Mouél, E.Blanter, M.Shnirman, Evolution of seasonal temperature disturbances and solar forcing in the US North Pacific. *J. Atmospheric and Solar-Terrestrial Phys.*, 2010, **72**, 1: 83-89, doi:10.1016/j.jastp.2009.10.011.
- Courtillot,V., J.-L.Le Mouél, V.Kossobokov, D.Gibert, and F.Lopes, Multi-decadal trends of global surface temperature: a broken line with alternating ~30 yr linear segments? *Atmospheric and Climate Sciences*, 2013, **3**: 364-371, doi:10.4236/acs.2013.33038.
- Cutter,S.L., A.Ismail-Zadeh, I.Alcántara-Ayala, O.Altan, D.N.Baker, S.Briceno, H.Gupta, A.Holloway, D.Johnston, G.A.McBean, Y.Ogawa, D.Paton, E.Porio, R.K.Silberstein, 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.
- Davis,C.A., V.Keilis-Borok, G.Molchan, P.Shebalin, P.Lahr, and C.Plumb, Earthquake prediction and disaster preparedness: Interactive analysis. *Natural Hazards Review*, ASCE, 2010, **11**, 4: 173-184, doi:10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000020.
- Davis,C., V.Keilis-Borok, V.Kossobokov, and A.Soloviev, Advance prediction of the March 11, 2011 Great East Japan Earthquake: A missed opportunity for disaster preparedness. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2012, **1**: 17-32, doi:10.1016/j.ijdr.2012.03.001.
- Doglioni,C., A.Ismail-Zadeh, G.Panza, and F.Riguzzi, Lithosphere-asthenosphere viscosity contrast and decoupling. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 2011, **189**, 1-2: 1-8, doi:10.1016/j.pepi.2011.09.006.
- Fedorov,V.E., and V.M.Markushevich, Wavenumbers in the problem of vibrations of a liquid layer on an elastic half-space. In D.K.Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics* / Am. Geophys. Un., **1**, Washington, D.C.: The Union, 1994: 74-79.
- Fokas,A.S., and R.G.Novikov, Discrete analogues of the $\bar{\omega}$ -equation and of Radon transform. *Comptes Rendus Acad. Sci. Paris Ser. I. Math.*, 1991, **313**, 2: 75-80.
- Frisch,U., O.Podvigina, B.Villone, and V.Zheligovsky, Optimal transport by omni-potential flow and cosmological reconstruction. *J. Math. Phys.*, 2012, **53**, 3: 033703, doi:10.1063/1.3691203.
- Frisch,U., and V.Zheligovsky, A very smooth ride in a rough sea. *Communications in Mathematical Physics*, 2014, **326**, 2: 499-505, doi:10.1007/s00220-013-1848-1.
- Gabrielov,A.M., T.A.Levshina, and I.M.Rotwain, Block model of earthquake sequence. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1990, **61**, 1-2: 18-28, doi:10.1016/0031-9201(90)90091-B.
- Gabrielov,A., V.I.Keilis-Borok, and D.D.Jackson, Geometric incompatibility in a fault system. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 1996, **93** (9): 3838-3842, doi:10.1073/pnas.93.9.3838.
- Gabrielov,A., V.Keilis-Borok, I.Zaliapin, and W.I.Newman, Critical transitions in colliding cascades. *Phys. Rev. E*, 2000a, **62**, 1: 237-249, doi:10.1103/PhysRevE.62.237.
- Gabrielov,A., I.Zaliapin, W.I.Newman, and V.I.Keilis-Borok, Colliding cascades model for earthquake prediction. *Geophys. J. Int.*, 2000b, **143**, 2: 427-437, doi:10.1046/j.1365-246X.2000.01237.x.
- Gabrielov,A.M., V.I.Keilis-Borok, V.Pinsky, O.M.Podvigina, A.Shapira, and V.A.Zheligovsky, Fluids migration and dynamics of a blocks-and-faults system. *Tectonophysics*, 2007, **429**, 3-4: 229-251, doi:10.1016/j.tecto.2006.09.011.
- Galloway,D.J., and V.A.Zheligovsky, On a class of non-axisymmetric flux rope solutions to the electromagnetic induction equation. *Geophys. Astrophys. Fluid Dynamics*, 1994, **76**, 1-4: 253-264, doi:10.1080/03091929408203668.

- Gama,S., R.Chertovskih, and V.Zheligovsky, Computation of kinematic and magnetic α -effect and eddy diffusivity tensors by Padé approximation. *Fluids*, 2019, **4**, (2): Article 110, doi:10.3390/fluids4020110.
- Gertzik,V.M. Foreshocks and aftershocks in a modified Burridge-Knopoff model. In V.I.Keilis-Borok (ed.), *Seismicity and Related Processes in the Environment*. Vol.1. Moscow: Research and Coordinating Centre for Seismology and Engineering, 1994: 5-8.
- Gertzik,V.M. Delocalization, foreshocks and aftershocks in a modified Burridge-Knopoff model. In D.K.Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics / Am. Geophys. Un.*, **3**, Washington, D.C.: The Union, 1996: 177-182.
- Gertzik,V.M. Fractal source structure, energy scaling, and similarity for a modified Burridge-Knopoff model. In D.K.Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics / Am. Geophys. Un.*, **4**, Washington, D.C.: The Union, 1999: 166-172.
- Gertzik,V.M. Strange attractor and clustering of shocks in the spring-block model with healing. In D.K.Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics. Volume 5*. Am. Geophys. Un., Washington, D.C., 2003: 115-121.
- Gerver,M.L. Comparison theorems for the one-dimensional kinematic inverse problem. In D.K.Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics / Am. Geophys. Un.*, **1**, Washington, D.C.: The Union, 1994: 87-94.
- Gerver,M.L. New results in the classical travel-time inversion problem. *Applicable Analysis*, OPA (Overseas Publishers Association) N.V., 1998, **71**, 1-4: 253-270, doi: 10.1080/00036819908840716.
- Gerver,M.L. Advances in the classical travel-time inversion problem. In D.K.Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics. Volume 5*. Am. Geophys. Un., Washington, D.C., 2003: 74-83.
- Ghil,M., P.Yiou, S.Hallegatte, B.D.Malamud, P.Naveau, A.Soloviev, P.Friederichs, V.Keilis-Borok, D.Kondrashov, V.Kossobokov, O.Mestre, C.Nicolis, H.W.Rust, P.Shebalin, M.Vrac, A.Will, and I.Zaliapin, Extreme events: dynamics, statistics and prediction. *Nonlin. Processes Geophys.*, 2011, **18**: 295-350, doi:10.5194/npg-18-295-2011.
- Gilbert,A.D., Y.Ponty, and V.Zheligovsky, Dissipative structures in a nonlinear dynamo. *Geophys. Astrophys. Fluid Dynamics*, 2011, **105**, 6: 629-653, doi:10.1080/03091929.2010.513332.
- Gomez,J.M., B.Bukchin, R.Madariaga, and E.A. Rogozhin, A study of the Barisakho, Georgia Earthquake of October 23, 1992 from broad band surface and body waves. *Geophys. J. Int.*, 1997a, **129**, 3: 613-623, doi:10.1111/j.1365-246X.1997.tb04497.x.
- Gomez,J.M., B.G.Bukchin, R.Madariaga, E.A.Rogozhin, and B.M.Bogachkin, Rupture process of the 19 August 1992 Susamir, Kyrgyzstan, earthquake. *Journal of Seismology*, 1997b, **1**, 3: 219-235, doi:10.1023/A:1009780226399.
- Goncharov,F.O., and R.G.Novikov, An example of non-uniqueness for Radon transforms with continuous positive rotation invariant weights. *Journal of Geometric Analysis*, 2018a, **28**, 4: 3807-3828, doi:10.1007/s12220-018-0001-y.
- Goncharov,F.O., and R.G.Novikov, An example of non-uniqueness for the weighted Radon transforms along hyperplanes in multidimensions. *Inverse Problems*, 2018b, **34**, 5: 54001, doi:10.1088/1361-6420/aab24d.
- Gorshkov,A., V.Keilis-Borok, I.Rotwain, A.Soloviev, and I.Vorobieva, On dynamics of seismicity simulated by the models of blocks-and-faults systems. *Annali di Geofisica*, 1997, **XL**, 5: 1217-1232, doi:10.4401/ag-3865.
- Gorshkov,A.I., I.V.Kuznetsov, G.F.Panza, and A.A.Soloviev, Identification of future earthquake sources in the Carpatho-Balkan orogenic belt using morphostructural criteria. *Pure and Appl. Geophys.*, 2000, **157**, 1-2: 79-95, doi:10.1007/PL00001101.
- Gorshkov,A.I., G.F.Panza, A.A.Soloviev, and A.Aoudia, Morphostructural zonation and preliminary recognition of seismogenic nodes around the Adria margin in peninsular Italy and Sicily. *Journal of Seismology and Earthquake Engineering*, 2002, **4**, 1: 1-24.

- Gorshkov,A., V.Kossobokov, and A.Soloviev, Recognition of Earthquake-Prone Areas. In V.I.Keilis-Borok and A.A.Soloviev (eds), *Nonlinear Dynamics of the Lithosphere and Earthquake Prediction*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2003: 239-310.
- Gorshkov,A.I., G.F.Panza, A.A.Soloviev, and A.Aoudia, Identification of seismogenic nodes in the Alps and Dinarides. *Bollettino della Societa Geologica Italiana*, 2004, **123**, 1: 3-18.
- Gorshkov,A.I., E.P.Piotrovskaya, and E.Ya.Rantsman, Recognition of earthquake-prone areas: XXX. Turkmen-Khorasan mountains, $M \geq 6.5$. In A.Ismail-Zade (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics. Volume 8*. Am. Geophys. Un., Washington, D.C., 2008: 33-37.
- Gorshkov,A.I., M.Mokhtari, and E.P.Piotrovskaya, The Alborz region: Identification of seismogenic nodes with morphostructural zoning and pattern recognition. *Journal of Seismology and Earthquake Engineering*, 2009a, **11**, 1: 1-15.
- Gorshkov,A.I., G.F.Panza, A.A.Soloviev, A.Aoudia, and A.Peresan, Delineation of the geometry of nodes in the Alps-Dinarides hinge zone and recognition of seismogenic nodes ($M \geq 6$). *Terra Nova*, 2009b, **21**, 4: 257-264. doi:10.1111/j.1365-3121.2009.00879.x.
- Gorshkov,A.I., A.A.Soloviev, M.J.Jiménez, M.García-Fernández, and G.F.Panza, Recognition of earthquake-prone areas ($M \geq 5.0$) in the Iberian Peninsula. *Rendiconti Lincei*, 2010, **21**, 2: 131-162, doi:10.1007/s12210-010-0075-3.
- Gorshkov,A., and O.Novikova, Estimating the validity of the recognition results of earthquake-prone areas using the ArcMap. *Acta Geophysica*, 2018, **66**, 5: 843-853, doi:10.1007/s11600-018-0177-3.
- Gorshkov,A.I., H.M.Hassan, and O.V.Novikova, Seismogenic nodes ($M \geq 5.0$) in Northeast Egypt and implications for seismic hazard assessment. *Pure Appl. Geophys.*, 2019, 176, 2: 593-610, doi:10.1007/s00024-018-2012-9.
- Gorshkov,A., and Y.Gaudemer, Seismogenic nodes defined with pattern recognition in the French Massif Central. *Journal of Iberian Geology*, 2019, **45**, 1: 63-72, doi:10.1007/s41513-018-0087-x.
- Guillemet,J.-P., and R.G.Novikov, Optimized analytic reconstruction for SPECT. *Journal of Inverse and Ill-Posed Problems*, 2012, **20**, 4: 489-500, doi:10.1515/jip-2012-0011.
- Hongre,L., G.Hulot, and A.Khokhlov, An analysis of the geomagnetic field over the past 2000 years. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1998, **106**, 3-4: 311-335, doi:10.1016/S0031-9201(97)00115-5.
- Hulot,G., A.Khokhlov, and J-L.Le Mouél, Uniqueness of mainly dipolar magnetic field recovered from its directional data. *Geophys. J. Int.*, 1997, **129**, 2: 347-354, doi:10.1111/j.1365-246X.1997.tb01587.x.
- Isaev,M.I., and R.G.Novikov, Energy and regularity dependent stability estimates for the Gelfand inverse problem in multidimensions. *Journal of Inverse and Ill-Posed Problems*, 2012, **20**, 3: 313-325, doi:10.1515/jip-2012-0024.
- Grinevich,P.G., and R.G.Novikov, Moutard transform approach to generalized analytic functions with contour poles. *Bulletin des Sciences Mathematiques*, 2016a, **140**, 6: 638-656, doi:10.1016/j.bulsci.2016.01.003.
- Grinevich,P.G., and R.G.Novikov, Moutard transform for generalized analytic functions. *Journal of Geometric Analysis*, 2016b, **26**, 4: 2984-2995, doi:10.1007/s12220-015-9657-8.
- Guillemet,J.-P., and R.G.Novikov, Inversion of weighted Radon transforms via finite Fourier series weight approximations. *Inverse Problems in Science and Engineering*, 2014, **22**, 5: 787-802, doi:10.1080/17415977.2013.823417.
- Isaev,M.I., and R.G.Novikov, New global stability estimates for monochromatic inverse acoustic scattering. *SIAM J. Math. Anal.*, 2013a, **45**, 3: 1495-1504, doi:10.1137/120897833.
- Isaev,M.I., and R.G.Novikov, Reconstruction of a potential from the impedance boundary map. *Eurasian Journal of Mathematical and Computer Applications*, 2013b, **1**, 1: 5-28.

- Isaev, M.I., and R.G. Novikov, Effectivized Holder-logarithmic stability estimates for the Gel'fand inverse problem. *Inverse Problems*, 2014, **30**, 9: 095006, doi:10.1088/0266-5611/30/9/095006.
- Ismail-Zadeh, A.T. Gravitational instability and propagation of tectonic waves in a two-layer model of the upper mantle. In D.K. Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics* / Am. Geophys. Un., **2**, Washington, D.C.: The Union, 1994: 76-80.
- Ismail-Zadeh, A.T., B.M. Naimark, and L.I. Lobkovsky, Hydrodynamic model of sedimentary basin formation based on development and subsequent phase transformation of a magmatic lens in the upper mantle. In D.K. Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics* / Am. Geophys. Un., **3**, Washington, D.C.: The Union, 1996: 42-53.
- Ismail-Zadeh, A.T., S.L. Kostyuchenko, and B.M. Naimark, The Timan-Pechora Basin (northeastern European Russia): tectonic subsidence analysis and a model of formation mechanism. *Tectonophysics*, 1997a, **283**, 1-4: 205-218, doi:10.1016/S0040-1951(97)00102-9.
- Ismail-Zadeh, A.T., B.M. Naimark, and S.L. Kostyuchenko, Quantitative modelling of the Tunguska Basin evolution in the Palaeozoic: A role of eclogitization within the uppermost mantle. *J. Geodynamics*, 1997b, **23**, 1: 47-64, doi:10.1016/S0264-3707(96)00019-1.
- Ismail-Zadeh, A.T. The Devonian to Permian subsidence mechanisms in basins of the East-European platform. *J. Geodynamics*, 1998, **26**, 1: 69-83, doi:10.1016/S0264-3707(97)00071-9.
- Ismail-Zadeh, A.T., V.I. Keilis-Borok, and A.A. Soloviev, Numerical modelling of earthquake flow in the southeastern Carpathians (Vrancea): effect of a sinking slab. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1999, **111**, 3-4: 267-274, doi:10.1016/S0031-9201(98)00166-6.
- Ismail-Zadeh, A.T., G.F. Panza, and B.M. Naimark, Stress in the descending relic slab beneath the Vrancea region, Romania. *Pure and Appl. Geophys.*, 2000, **157**, 1-2: 111-130, doi:10.1007/PL00001090.
- Ismail-Zadeh, A.T., H.E. Huppert, and J.R. Lister, Analytical modelling of viscous diapirism through a strongly non-Newtonian overburden subject to horizontal forces. *J. Geodyn.*, 2001a, **31**, 5: 447-458, doi:10.1016/S0264-3707(01)00011-4.
- Ismail-Zadeh, A.T., C.J. Talbot, and Yu.A. Volozh, Dynamic restoration of profiles across diapiric salt structures: numerical approach and its applications. *Tectonophysics*, 2001b, **337**, 1-2: 23-38, doi:10.1016/S0040-1951(01)00111-1.
- Ismail-Zadeh, A.T., H.E. Huppert, and J.R. Lister, Gravitational and buckling instabilities of a rheologically layered structure: Implications for salt diapirism. *Geophys. J. Int.*, 2002, **148**, 2: 288-302, doi:10.1046/j.1365-246X.2002.01612.x.
- Ismail-Zadeh, A.T., A.I. Korotkii, and I.A. Tsepelev, Numerical approach to solving problems of slow viscous flow backwards in time. In K.J. Bathe (ed.), *Computational Fluid and Solid Mechanics*. Elsevier Science, Amsterdam, 2003a: 938-941.
- Ismail-Zadeh, A.T., R. Nicolich, and L. Chernobori, Modeling of the Ionian basin formation: Deep processes and tectonic evolution. In D.K. Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics. Volume 5*. Am. Geophys. Un., Washington, D.C., 2003b: 1-12.
- Ismail-Zadeh, A.T., B.M. Naimark, and C.J. Talbot, Reconstruction of the history of the movement of layered geostructures: Inverse problem of gravitational stability. In D.K. Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics. Volume 6*. Am. Geophys. Un., Washington, D.C., 2004a: 27-32.
- Ismail-Zadeh, A., G. Schubert, I. Tsepelev, and A. Korotkii, Inverse problem of thermal convection: Numerical approach and application to mantle plume restoration. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 2004b, **145**, 1-4: 99-114, doi:10.1016/j.pepi.2004.03.006.
- Ismail-Zadeh, A.T., I.A. Tsepelev, C.J. Talbot, and A.I. Korotkii, Three-dimensional forward and backward modelling of diapirism: Numerical approach and its applicability to the

- evolution of salt structures in the Pricaspian basin. *Tectonophysics*, 2004c, **387**, 1-4: 81-103, doi:10.1016/j.tecto.2004.06.006.
- Ismail-Zadeh, A.T., I.A.Tsepelev, C.Talbot, and P.Öster, Three-dimensional modeling of salt diapirism: A numerical approach and algorithm of parallel calculations. In D.K.Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics. Volume 6*. Am. Geophys. Un., Washington, D.C., 2004d: 33-41.
- Ismail-Zadeh, A.T., and H.Huppert, Effect of power-law rheology of surroundings on the gravitational instability of a viscous layer. In D.K.Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics. Volume 7*. Am. Geophys. Un., Washington, D.C., 2005: 216-223.
- Ismail-Zadeh, A., A.Korotkii, G.Schubert, and I.Tsepelev, Numerical reconstruction of the initial temperature of diapiric structures in the Earth: Effect of the heat diffusion, In K.J.Bathe (ed.), *M.I.T. Computational Fluid and Solid Mechanics*, Elsevier Science, Oxford, 2005a: 679-682.
- Ismail-Zadeh, A., B.Mueller, and G.Schubert, Three-dimensional modeling of present-day tectonic stress beneath the earthquake-prone southeastern Carpathians based on integrated analysis of seismic, heat flow, and gravity observations, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 2005b, **149**, 1-2: 81-98, doi:10.1016/j.pepi.2004.08.012.
- Ismail-Zadeh, A., B.Mueller, and F.Wenzel, Modelling of descending slab evolution beneath the SE-Carpathians: Implications for seismicity. In *Perspectives in Modern Seismology, Lecture Notes in Earth Sciences. Volume 105*. Springer-Verlag, Heidelberg, 2005c: 205-226.
- Ismail-Zadeh, A., A.Korotkii, G.Schubert, and I.Tsepelev, Quasi-reversibility method for data assimilation in models of mantle dynamics. *Geophys. J. Int.*, 2007a, **170**, 3: 1381-1398, doi:10.1111/j.1365-246X.2007.03496.x.
- Ismail-Zadeh, A., J.-L.Le Mouél, A.Soloviev, P.Tapponnier, and I.Vorobieva, Numerical modeling of crustal block-and-fault dynamics, earthquakes and slip rates in the Tibet-Himalayan region. *EPSL*, 2007b, **258**, 3-4: 465-485, doi:10.1016/j.epsl.2007.04.006.
- Ismail-Zadeh, A., A.Korotkii, G.Schubert, and I.Tsepelev, Numerical techniques for solving the inverse retrospective problem of thermal evolution of the Earth interior. *Computers & Structures*, 2009, **87**: 802-811.
- Ismail-Zadeh, A., A.Aoudia, and G.F.Panza, Three-dimensional numerical modeling of contemporary mantle flow and tectonic stress beneath the Central Mediterranean. *Tectonophysics*, 2010a, **482**, 1-4: 226-236, doi:10.1016/j.tecto.2009.07.013.
- Ismail-Zadeh, A.T., and P.J.Tackley, *Computational Methods for Geodynamics*, Cambridge University Press, Cambridge, 2010, 332 p.
- Ismail-Zadeh, A., H.Wilhelm, Y.Volozh, and O.Tinakin, The Astrakhan Arch of the Pricaspian Basin: Geothermal analysis and modelling. *Basin Research*, 2010b, **22**, 5: 751-764, doi: 10.1111/j.1365-2117.2009.00444.x.
- Ismail-Zadeh, A.T., and V.G.Kossobokov, Earthquake forecast M8 algorithm. In: Gupta, H. (ed.) *Encyclopaedia of Solid Earth Geophysics*, Springer, Heidelberg, 2011: 178-182, doi: 10.1007/978-90-481-8702-7.
- Ismail-Zadeh, A.T., J.-L.Le Mouél, and A.A.Soloviev, Extreme seismic events in models of lithospheric block-and-fault dynamics. In Sharma, A.S. et al. (eds) *Extreme Events and Natural Hazards: The Complexity Perspective*, Geophys. Monogr. Ser., vol. 196, AGU, Washington, D. C., 2012a: 75-97, doi:10.1029/2011GM001080.
- Ismail-Zadeh, A., L.Matenco, M.Radulian, S.Cloetingh, and G.Panza, Geodynamics and intermediate-depth seismicity in Vrancea (the south-eastern Carpathians): Current state-of-the art. *Tectonophysics*, 2012b, **530**: 50-79, doi:10.1016/j.tecto.2012.01.016.
- Ismail-Zadeh, A. Earthquake prediction and forecasting. In Bobrowsky, P.T. (ed.), *Encyclopaedia of Natural Hazards*, Springer, Dordrecht, 2013: 225-231, doi:10.1007/978-1-4020-4399-4_106.

- Ismail-Zadeh, A., S. Honda, and I. Tsepelev, Linking mantle upwelling with the lithosphere descent and the Japan Sea evolution: a hypothesis. *Sci. Rep.: Nature PG*, 2013, **3**: 1137, doi:10.1038/srep01137.
- 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, ISBN: 978-1-10-703386-3, 2014a: 47-60.
- 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, ISBN: 978-1-10-703386-3, 2014b: 3-14.
- Ismail-Zadeh, A., A. Korotkii, and I. Tsepelev, *Data-Driven Numerical Modelling in Geodynamics: Methods and Applications*. SpringerBriefs in Earth Sciences, 2016, 105 p., ISSN: 2191-5369, 2191-5377 (electronic), ISBN: 978-3-319-27800-1, 978-3-319-27801-8 (eBook), DOI 10.1007/978-3-319-27801-8.
- Ismail-Zadeh, A. Geohazard analysis for disaster risk reduction and sustainability. In T. Beer, J. Li and K. Alverson (eds) *Global Change and Future Earth: The Geoscience Perspective* (Special Publications of the International Union of Geodesy and Geophysics). Cambridge: Cambridge Univ. Press, ISBN 9781316761489, 2018a: 349-363, doi:10.1017/9781316761489.034.
- Ismail-Zadeh, A. Earthquake hazard modelling and forecasting for disaster risk reduction. In R. Vacareanu and C. Ionescu (eds) *Seismic Hazard and Risk Assessment*. Springer Natural Hazards, ISBN 978-3-319-74724-8, 2018b: 3-21, doi:10.1007/978-3-319-74724-8_1.
- Ismail-Zadeh, A. Earthquake risk assessment for seismic safety and sustainability. In R. Vacareanu and C. Ionescu (eds) *Seismic Hazard and Risk Assessment*. Springer Natural Hazards, ISBN 978-3-319-74724-8, 2018c: 225-236, doi:10.1007/978-3-319-74724-8_15.
- Ismail-Zadeh, A., A. Soloviev, V. Sokolov, I. Vorobieva, B. Muller, and F. Schilling, Quantitative modeling of the lithosphere dynamics, earthquakes and seismic hazard. *Tectonophysics*, 2018, **746**, 30 October 2018: 624-647, doi:10.1016/j.tecto.2017.04.007.
- Kantorovich, L. V., and V. I. Keilis-Borok, Earthquake prediction and decision making: social, economic and civil protection aspects. In International Conference on Earthquake Prediction: State-of-the-Art, Strasbourg, France, 15-18 October 1991, Scientific-Technical Contributions, CSEM-EMSC: 586-593.
- Kaverina, A., and A. Prozorov, On Ms:mb statistics for earthquakes and explosions and their relation to some source parameters. In R. Console and A. Nikolaev (eds), *Earthquakes Induced by Underground Nuclear Explosions: Environmental and Ecological Problems*, Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 1995: 301-318.
- Kaverina, A. N., A. V. Lander, and A. G. Prozorov, Global creepex distribution and its relation to earthquake source geometry and tectonic origin. *Geophys. J. Int.*, 1996, **125**, 1: 249-265, doi:10.1111/j.1365-246X.1996.tb06549.x.
- Kaverina, A. N., and A. G. Prozorov, Statistical significance of creepex variation in relation to types of tectonic features and earthquake source mechanism. In D. K. Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics / Am. Geophys. Un.*, **3**, Washington, D.C.: The Union, 1996: 210-215.
- Kazeykina, A. V., and R. G. Novikov, A large time asymptotics for transparent potentials for the Novikov-Veselov equation at positive energy. *Journal of Nonlinear Mathematical Physics*, 2011a, **18**, 3: 377-400, doi:10.1142/S1402925111001660.
- Kazeykina, A. V., and R. G. Novikov, Large time asymptotics for the Grinevich-Zakharov potentials. *Bulletin des Sciences Mathématiques*, 2011b, **135**, 4: 374-382, doi:10.1016/j.bulsci.2011.02.003.

- Keilis-Borok, V.I. The lithosphere of the Earth as a non-linear system with implications for earthquake prediction. *Review of Geophysics*, 1990, **28**, 1: 19-34, doi:10.1029/RG028i001p00019.
- Keilis-Borok, V.I., and V.G.Kossobokov, Premonitory activation of earthquake flow: algorithm M8. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1990, **61**, 1-2: 73-83, doi:10.1016/0031-9201(90)90096-G.
- Keilis-Borok, V.I., and I.M.Rotwain, Diagnosis of Time of Increased Probability of strong earthquakes in different regions of the world: algorithm CN. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1990, **61**, 1-2: 57-72, doi:10.1016/0031-9201(90)90095-F.
- Keilis-Borok, V.I., and A.J.Lichtman, The self-organization of American society in presidential and senatorial elections. In Yu.A.Kravtsov (ed.), *Limits of Predictability*, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 1993: 223-237.
- Keilis-Borok, V.I. Symptoms of instability in a system of earthquake-prone faults. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 1994, **77**, 1-3: 193-199, doi:10.1016/0167-2789(94)90133-3.
- Keilis-Borok, V.I. Intermediate-term earthquake prediction. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 1996a, **93**: 3748-3755, doi:10.1073/pnas.93.9.3748.
- Keilis-Borok, V.I. Non-seismological fields in earthquake prediction research. In Sir James Lighthill (ed.), *A Critical Review of VAN*, Singapore-New Jersey-London-Hong Kong: World Scientific, 1996b: 357-372.
- Keilis-Borok, V.I., I.M.Rotwain, and A.A.Soloviev, Numerical modeling of block structure dynamics: dependence of a synthetic earthquake flow on the structure separateness and boundary movements. *Journal of Seismology*, 1997, **1**, 2: 151-160, doi:10.1023/A:1009717607645.
- Keilis-Borok, V.I. Prediction of instability and critical transitions in chaotic systems, with possible applications to socio-economic phenomena. *Mathematical Social Sciences*, 1998, **35**, 1: 77-78.
- Keilis-Borok, V., J.H.Stock, A.Soloviev, and P.Mikhalev, Pre-recession pattern of six economic indicators in the USA. *Journal of Forecasting*, 2000, **19**, 1: 65-80, doi:10.1002/(SICI)1099-131X(200001)19:1<65::AID-FOR730>3.0.CO;2-U.
- Keilis-Borok, V.I. Colliding cascades: a model for prediction of critical transitions. In Science and the Future of Mankind. Science for Man and Man for Science. The Proceedings of the Preparatory Session, 12-14 November 1999, and the Jubilee Plenary Session, 10-13 November 2000. Pontificiae Academiae Scientiarvm Scripta Varia, Vatican City, 2001: 408-425.
- Keilis-Borok, V.I., A.T.Ismail-Zadeh, V.G.Kossobokov, and P.N.Shebalin, Non-linear dynamics of the lithosphere and intermediate-term earthquake prediction, *Tectonophysics*, 2001, **338**: 247-260, doi:10.1016/S0040-1951(01)00080-4.
- Keilis-Borok, V.I. Earthquake prediction: State-of-the-art and emerging possibilities. *Annu. Rev. Earth Planet Sci.*, 2002, **30**: 1-33, doi:10.1146/annurev.earth.30.100301.083856.
- Keilis-Borok, V., P.Shebalin, and I.Zaliapin, Premonitory patterns of seismicity months before a large earthquake: Five case histories in Southern California. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2002, **99**, 26: 16562-16567, doi:10.1073/pnas.202617199.
- Keilis-Borok, V.I., D.J.Gascon, A.A.Soloviev, M.D.Intriligator, R.Pichardo, and F.E.Winberg, On predictability of homicide surges in megacities. In T.Beer and A.Ismail-Zadeh (eds), *Risk Science and Sustainability*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London, 2003a: 91-110 (NATO Science Series. II. Mathematics, Physics and Chemistry – Vol. 112).
- Keilis-Borok, V.I., D.J.Gascon, A.A.Soloviev, M.D.Intriligator, R.Pichardo, and F.E.Winberg, On the predictability of crime waves in megacities – extended summary. In The Cultural Values of Science. Plenary Session, 8-11 November 2002. Pontificiae Academiae Scientiarvm Scripta Varia, **105**, Vatican City, 2003b: 221-229.

- Keilis-Borok, V.I., and A.A.Soloviev (eds), *Nonlinear Dynamics of the Lithosphere and Earthquake Prediction*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2003, 337 p.
- Keilis-Borok, V.I., A.A.Soloviev, C.B.Allègre, A.N.Sobolevskii, and M.D.Intriligator, Patterns of macroeconomic indicators preceding the unemployment rise in Western Europe and the USA, *Pattern Recognition*, 2005, **38**, 3: 423-435, doi:10.1016/j.patcog.2004.08.005.
- Keilis-Borok, V., Z.Liu, D.Turcotte, I.Zaliapin, and G.Zöller, On increase of earthquake correlation length prior to large earthquakes in California. In A.Ismail-Zade (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics. Volume 8*. Am. Geophys. Un., Washington, D.C., 2008a: 1-11.
- Keilis-Borok, V.I., A.Soloviev, A.Gabrielov, and I.Zaliapin, Change of scaling before extreme events in complex systems. In W.Arber, N.Cabibbo, and M.S.Sorondo (eds), *Predictability in Science: Accuracy and Limitations. The Proceedings of the Plenary Session 3-6 November 2006*. Pontificia Academia Scientiarvm, Vatican City, 2008b: 37-45, 240 (Pontificia Academia Scientiarvm, Acta 19).
- Keilis-Borok, V.I., A.A.Soloviev, M.D.Intriligator, and F.E.Winberg, Pattern of macroeconomic indicators preceding the end of an American economic recession. *J. Pattern Recognition Res.*, 2008c, **3**, 1: 40-53, doi:10.13176/11.106.
- Keilis-Borok, V., A.Gabrielov, and A.Soloviev, Geo-complexity and earthquake prediction. In: Meyers R. (ed.) *Encyclopedia of Complexity and Systems Science*, Springer, New York, 2009a: 4178-4194. doi: 10.1007/978-0387-30440-3_246.
- Keilis-Borok, V., A.Soloviev, and A.Lichtman, Extreme events in socio-economic and political complex systems, predictability of. In: Meyers R. (ed.) *Encyclopedia of Complexity and Systems Science*, Springer, New York, 2009b: 3300-3317, doi:10.1007/978-0387-30440-3_196.
- Keilis-Borok, V.I., and A.A.Soloviev, Variations of trends of indicators describing complex systems: Change of scaling precursory to extreme events. *Chaos*, 2010, **20**, 3: 033104, doi:10.1063/1.3463438.
- Keilis-Borok, V., A.Soloviev, and A.Gabrielov, On predictive understanding of extreme events: pattern recognition approach; prediction algorithms; applications to disaster preparedness. In M.Chavez, M.Ghil, and J.Urrutia-Fucugauchi (eds), *Extreme Events: Observations, Modeling, and Economics, Geophysical Monograph 214*. American Geophysical Union, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, ISBN: 978-1-119-15701-4, 2016: 391-406.
- Kerzhaev, A.P., M.D.Kovalenko, and I.V.Menshova, Borel transform in the class W of quasi-entire functions. *Complex Analysis and Operator Theory*, 2018, **12**, 3: 571-587, doi:10.1007/s11785-017-0643-y.
- Khodakovski, G.I., V.P.Trubitsyn, and M.Rabinowicz, Properties of generalized solitary melt waves in a compressible medium of variable viscosity. In D.K.Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics. Volume 6*. Am. Geophys. Un., Washington, D.C., 2004: 7-15.
- Khokhlov, A., G.Hulot, and J-L.Le Mouël, On the Backus effect - I. *Geophys. J. Int.*, 1997, **130**, 3: 701-703, doi:10.1111/j.1365-246X.1997.tb01864.x.
- Khokhlov, A., G.Hulot, and J-L.Le Mouël, On the Backus effect - II. *Geophys. J. Int.*, 1999, **137**, 3: 816-825, doi:10.1046/j.1365-246x.1999.00843.x.
- Khokhlov, A., O.Gravrand, J.-L. Le Mouël, and J.M.Leger, On the calibration of a vectorial He pumped magnetometer. *Earth, Planets and Space*, 2001a, **53**, 10: 949-958, doi:10.1186/BF03351692.
- Khokhlov, A., G.Hulot, and J.Carlut, Towards a self-consistent approach to paleomagnetic field modelling. *Geophys. J. Int.*, 2001b, **145**, 1: 157-171, doi:10.1111/j.1365-246X.2001.01386.x.

- Khokhlov, A., G. Hulot, and C. Bouligand, Testing statistical palaeomagnetic field models against directional data affected by measurement errors. *Geophys. J. Int.*, 2006, **167**, 2: 635-648, doi:10.1111/j.1365-246X.2006.03133.x.
- Khokhlov, A. V. How can one find Earth's magnetic field from incomplete measurements of it? In A. Ismail-Zade (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics. Volume 8*. Am. Geophys. Un., Washington, D.C., 2008: 100-120.
- Khokhlov, A., J.-L. Le Mouél, and M. Manda, Solving the orientation problem for an automatic magnetic observatory. *Geosci. Instrum. Method. Data Syst.*, 2012, **2**, 1: 337-363, doi:10.5194/gid-2-337-2012.
- Khokhlov, A., and G. Hulot, Probability uniformization and application to statistical palaeomagnetic field models and directional data. *Geophys. J. Int.*, 2013, **193**, 1: 110-121, doi:10.1093/gji/ggs118.
- Khokhlov, A., and V. Shcherbakov, Palaeointensity and Brunhes palaeomagnetic field models. *Geophys. J. Int.*, 2015, **202**, 2: 1419-1428, doi:10.1093/gji/ggv236.
- Khokhlov, A., and G. Hulot, Principal component analysis of palaeomagnetic directions: converting a Maximum Angular Deviation (MAD) into an $\alpha(95)$ angle. *Geophys. J. Int.*, 2016, **204**, 1: 274-291, doi:10.1093/gji/ggv451.
- Khokhlov, A., and G. Hulot, On the cause of the non-Gaussian distribution of residuals in geomagnetism. *Geophys. J. Int.*, 2017, **209**, 2: 1036-1047, doi:10.1093/gji/ggx071.
- Kiselev, S. G., A. N. Kuznetsov, and V. M. Markushevich, The Earth-flattening problem: Genesis, exact solving methods, and expansion into series. In D. K. Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics / Am. Geophys. Un.*, **4**, Washington, D.C.: The Union, 1999a: 33-41.
- Kiselev, S. G., A. N. Kuznetsov, V. M. Markushevich, and A. S. Tsemahman, Decomposition into factors and Sturm-Liouville's form of equations for *P-SV* vibrations of layered media. In D. K. Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics / Am. Geophys. Un.*, **4**, Washington, D.C.: The Union, 1999b: 42-56.
- Kiselev, S. G., and V. M. Markushevich, Rayleigh boundary value problem in the matrix Sturm-Liouville form. In D. K. Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics. Volume 6*. Am. Geophys. Un., Washington, D.C., 2004: 47-54.
- Knopoff, L., T. Levshina, V. I. Keilis-Borok, and C. Mattoni, Increased long-range intermediate-magnitude earthquake activity prior to strong earthquakes in California. *J. Geophys. Res.*, 1996, **101**, B3: 5779-5796, doi:10.1029/95JB03730.
- Korotkii, A., D. Kovtunov, A. Ismail-Zadeh, I. Tsepelev, and O. Melnik, Quantitative reconstruction of thermal and dynamic characteristics of lava flow from surface thermal measurements, *Geophys. J. Int.*, 2016, **205**, 3: 1767-1779, doi:10.1093/gji/ggw117.
- Kossobokov, V. G., V. I. Keilis-Borok, and S. W. Smith, Reduction of territorial uncertainty of earthquake forecasting. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1990a, **61**, 1-2: R1-R4, doi:10.1016/0031-9201(90)90101-3.
- Kossobokov, V. G., V. I. Keilis-Borok, and S. W. Smith, Localization of intermediate-term earthquake prediction. *J. Geophys. Res.*, 1990b, **95**, B12: 19763-19772, doi:10.1029/JB095iB12p19763.
- Kossobokov, V. G., and S. A. Mazhenov, Fractality of seismicity and its application in earthquake prediction. *Inland Earthquake*, 1994, **8**, 1: 91-94.
- Kossobokov, V. G., J. H. Healy, and J. W. Dewey, Testing an earthquake prediction algorithm. *Pure and Appl. Geophys.*, 1997, **149**, 1: 219-232, doi:10.1007/BF00945168.
- Kossobokov, V. G., L. L. Romashkova, V. I. Keilis-Borok, and J. H. Healy, Testing earthquake prediction algorithms: Statistically significant real-time prediction of the largest earthquakes in the Circum-Pacific, 1992-1997. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1999a, **111**, 3-4: 187-196, doi:10.1016/S0031-9201(98)00159-9.
- Kossobokov, V. G., P. N. Shebalin, J. H. Healy, J. W. Dewey, and I. N. Tikhonov, A real-time intermediate-term prediction of the October 4, 1994, and December 3, 1995, southern

- Kuril Islands earthquakes. In D.K.Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics* / Am. Geophys. Un., **4**, Washington, D.C.: The Union, 1999b: 57-63.
- Kossobokov, V.G., V.I.Keilis-Borok, and B.Cheng, Similarities of multiple fracturing on a neutron star and on the Earth. *Phys. Rev. E*, 2000, **61**, 4: 3529-3533, doi:10.1103/PhysRevE.61.3529.
- Kossobokov, V.G., L.L.Romashkova, G.F.Panza, and A.Peresan, Stabilizing intermediate-term medium-range earthquake predictions. *Journal of Seismology and Earthquake Engineering*, 2002, **4**, 2-3: 11-19.
- Kossobokov, V.G., F.Lepreti, and V.Carbone, Complexity in sequences of Solar flares and earthquakes. *Pure and Appl. Geophys.*, 2008, **165**, 3-4: 761-775, doi:10.1007/s00024-010-0087-z.
- Kossobokov, V., J.-L.Le Mouél, and V. Courtillot, A statistically significant signature of multi-decadal solar activity changes in atmospheric temperatures at three European stations. *J. Atmospheric and Solar-Terrestrial Phys.*, 2010, **72**, 7-8: 595-606, doi:10.1016/j.jastp.2010.02.016.
- Kossobokov, V., J.-L.Le Mouél, and C.Allègre, Spatial and temporal variations of climate in Europe. *Atmospheric and Climate Sciences*, 2012a, **2**, 4: 568-581, doi:10.4236/acs.2012.24052.
- Kossobokov, V., J.-L.Le Mouél, and V.Courtillot, On Solar flares and cycle 23. *Solar Physics*, 2012b, **276**, 1-2: 383-394, doi:10.1007/s11207-011-9860-0.
- Kossobokov, V.G. Earthquake prediction: 20 years of global experiment. *Natural Hazards*, 2013, **69**: 1155-1177, doi:10.1007/s11069-012-0198-1.
- 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.
- Kossobokov, V.G. Testing an earthquake prediction algorithm: The 2016 New Zealand and Chile earthquakes. *Pure Appl. Geophys.*, 2017, **174**, 5: 1845-1854, doi:10.1007/s00024-017-1543-9.
- Kossobokov, V.G. and A.K.Nekrasova, Earthquake hazard and risk assessment based on unified scaling law for earthquakes: Altai–Sayan Region. *Natural Hazards*, 2018a, **93**, 3: 1435-1449, doi:10.1007/s11069-018-3359-z.
- Kossobokov, V.G. and A.K.Nekrasova, Earthquake hazard and risk assessment based on Unified Scaling Law for Earthquakes: Greater Caucasus and Crimea. *Journal of Seismology*, 2018b, **22**, 5: 1157-1169, doi:10.1007/s10950-018-9759-4.
- Kossobokov, V., J.-L.Le Mouél, and V.Courtillot, On the Diversity of Long-Term Temperature Responses to Varying Levels of Solar Activity at Ten European Observatories. *Atmospheric and Climate Sciences*, 2019, **9**, 3: 498-526, doi:10.4236/acs.2019.93033.
- Kossobokov, V.G., and A.K.Nekrasova, Aftershock sequences of the recent major earthquakes in New Zealand. *Pure Appl. Geophys.*, 2019, **176**, 1: 1-23, doi:10.1007/s00024-018-2071-y.
- Kovalenko, M.D., I.V.Menshova, and A.P.Kerzhaev, On the exact solutions of the biharmonic problem of the theory of elasticity in a half-strip. *Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Physik*, 2018a, **69**, 5: 121, doi:10.1007/s00033-018-1013-y.
- Kovalenko, M.D., I.V.Menshova, A.P.Kerzhaev, and G.Yu, Mixed boundary value problems in the theory of elasticity in an infinite strip. *Acta Mechanica*, 2018b, **229**, 11: 4339-4356, doi:10.1007/s00707-018-2244-x.
- Kovalenko, M.D., D.A.Abrukov, I.V.Menshova, A.P.Kerzhaev, and G.Yu, Exact solutions of boundary value problems in the theory of plate bending in a half-strip: basics of the theory. *Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Physik*, 2019, **70**, 4: Article 98, doi: 10.1007/s00033-019-1139-6.
- Kronrod, T., G.Molchan, V.Podgaetskaya, and G.Panza, Formalized representation of isoseismal uncertainty for Italian earthquakes. *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, 2000, **41**, 3-4: 243-313.

- Kushnir, A., N. Rozhkov, and A. Varypaev, Statistically-based approach for monitoring of microseismic events. *International Journal on Geomathematics*, 2013, **4**, 2: 201-225, doi:10.1007/s13137-013-0049-6.
- Kushnir, A., A. Varypaev, I. Dricker, M. Rozhkov, and N. Rozhkov, Passive surface microseismic monitoring as a statistical problem: location of weak microseismic signals in the presence of strongly correlated noise. *Geophysical Prospecting*, 2014, **62**, 4: 819-833, doi:10.1111/1365-2478.12124.
- Kushnir, A., and A. Varypaev, Accuracy of adaptive maximum likelihood algorithm for determination of micro earthquake source coordinates using surface array data in condition of strong coherent noise. *GEM - International Journal on Geomathematics*, 2016, **7**, 2: 203-237, doi:10.1007/s13137-016-0082-3.
- Kushnir, A., and A. Varypaev, Robustness of statistical algorithms for location of microseismic sources based on surface array data. *Computational Geosciences*, 2017, **21**, 3: 459-477, doi:10.1007/s10596-017-9623-6.
- Kuznetsov, A. N., and V. M. Markushevich, On reducing the order of the Rayleigh system. I. Cases of reduction. In D. K. Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics. Volume 5*. Am. Geophys. Un., Washington, D.C., 2003: 28-35.
- Kuznetsov, I. V., I. M. Rotwain, N. M. Kolesnikova, and I. V. Lomovskoy, Estimation of control parameters and forecasting the behavior of cellular fault models. In A. Ismail-Zade (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics. Volume 8*. Am. Geophys. Un., Washington, D.C., 2008: 170-178.
- Lasserre, C., B. Bukchin, P. Bernard, P. Tapponnier, Y. Gaudemer, A. Mostinsky, and Rong Dailu, Source parameters and tectonic origin of the June 1st, 1996 Tianzhu ($M_w=5.2$) and July 21st, 1995 Yongden ($M_w=5.6$) earthquakes, near Haiyuan fault (Gansu, China). *Geophys. J. Int.*, 2001, **144**, 1: 206-220, doi:10.1046/j.1365-246x.2001.00313.x.
- Le Mouél, J.-L., P.-N. Mayaud, and P. Shebalin, Magnetic activity inside the auroral zones and field-aligned currents. *Comptes Rendus Geoscience*, Elsevier, 2003, **335**, 13: 935-941, doi:10.1016/j.crte.2003.09.004.
- Le Mouél, J.-L., E. Blanter, A. Chulliat, and M. Shnirman, On the semiannual and annual variations of geomagnetic activity and components. *Annales Geophysicae*, 2004a, **22**, 10: 3583-3588, doi:10.5194/angeo-22-3583-2004.
- Le Mouél, J.-L., E. Blanter, and M. Shnirman, The six-month line in geomagnetic long series. *Annales Geophysicae*, 2004b, **22**, 3: 985-992, doi:10.5194/angeo-22-985-2004.
- Le Mouél, J.-L., V. Kossobokov, and V. Courtillot, On long-term variations of simple geomagnetic indices and slow changes in magnetospheric currents: The emergence of anthropogenic global warming after 1990? *Earth and Planetary Science Letters*, 2005, **232**, 3-4: 273-286, doi:10.1016/j.epsl.2004.07.046.
- Le Mouél, J.-L., A. Chulliat, and P. Shebalin, The field of the equatorial electrojet from CHAMP data. *Annales Geophysicae*, 2006, **24**, 2: 515-527, doi:10.5194/angeo-24-515-2006.
- Le Mouél, J.-L., M. G. Shnirman, and E. M. Blanter, The 27-day signal in sunspot number series and Solar dynamo. *Solar Physics*, 2007, doi:10.1007/s11207-007-9065-8.
- Le Mouél, J.-L., V. Courtillot, E. Blanter, and M. Shnirman, Evidence for a solar signature in 20th-century temperature data from the USA and Europe. *Comptes Rendus Geoscience*, 2008, **340**, 7: 421-430, doi:10.1016/j.crte.2008.06.001.
- Le Mouél, J.-L., E. Blanter, and M. Shnirman, The 27-day and 22-year cycles in Solar and geomagnetic activity. *Solar Phys.*, 2009a, **258**, 1: 167-179, doi:10.1007/s11207-009-9395-9.
- Le Mouél, J.-L., E. Blanter, M. Shnirman, and V. Courtillot, Evidence for solar forcing in variability of temperatures and pressures in Europe. *J. Atmospheric and Solar-Terrestrial Phys.*, 2009b, **71**, 12: 1309-1321, doi:10.1016/j.jastp.2009.05.006.

- Le Mouél, J.-L., E. Blanter, M. Shnirman, and V. Courtillot, Solar forcing of the semi-annual variation of length-of-day. *Geophys. Res. Lett.*, 2010a, **37**: L15307, doi:10.1029/2010GL043185.
- Le Mouél, J.-L., V. Kossobokov, and V. Courtillot, A solar pattern in the longest temperature series from three stations in Europe. *J. Atmospheric and Solar-Terrestrial Phys.*, 2010b, **72**, 1: 62-76, doi:10.1016/j.jastp.2009.10.009.
- Le Mouél, J.-L., P. Shebalin, and A. Khokhlov, Earth magnetic field modeling from Oersted and Champ data. *Earth, Planets and Space*, 2010c, **62**, 3: 277-286, doi:10.5047/eps.2009.11.003.
- Le Mouél, J.-L., E. Blanter, V. Courtillot, V. Kossobokov, and M. Shnirman, A note on comments on papers published in Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics and our responses. *J. Atmospheric and Solar-Terrestrial Phys.*, 2011, **73**, 13: 2042, doi:10.1016/j.jastp.2011.04.001.
- Le Mouél, J.-L., E. Blanter, M. Shnirman, and V. Courtillot, On secular changes of correlation between geomagnetic indices and variations in solar activity, *J. Geophys. Res.*, 2012, **117**, 9, A09103, doi:10.1029/2012JA017643.
- Lobkovsky, L.I., A.T. Ismail-Zadeh, S.S. Krasovsky, P. Ya. Kuprienko, and S. Cloetingh, Gravity anomalies and possible formation mechanism of the Dnieper-Donets Basin. *Tectonophysics*, 1996, **268**, 1-4: 281-292, doi:10.1016/S0040-1951(96)00223-5.
- Malevergne, Y., V. Pisarenko, and D. Sornette, Empirical distributions of stock returns: between the stretched exponential and the power law? *Quantitative Finance*, 2005, **5**, 4: 379-401, doi:10.1080/14697680500151343.
- Malevergne, Y., V. Pisarenko, and D. Sornette, On the power of generalized extreme value (GEV) and Generalized Pareto Distribution (GPD) estimators for empirical distributions of stock returns. *Applied Financial Economics*, 2006a, **16**, 3: 271-289, doi:10.1080/09603100500391008.
- Malevergne, Y., V. Pisarenko, and D. Sornette, The modified weibull distribution for asset returns: reply. *Quantitative Finance*, 2006b, **6**, 6: 451, doi:10.1080/14697680600902520.
- Malevergne, Y., V. Pisarenko, and D. Sornette, Testing the Pareto against the lognormal distributions with the uniformly most powerful unbiased test applied to the distribution of cities. *Phys. Rev. E*, 2011, **83**, 3: 036111, published 22 March 2011 (11 pages), doi:10.1103/PhysRevE.83.036111.
- Mandal, P., and M.V. Rodkin, Seismic imaging of the 2001 Bhuj Mw7.7 earthquake source zone: b-value, fractal dimension and seismic velocity tomography studies. *Tectonophysics*, 2011, **512**: 1-11, doi:10.1016/j.tecto.2011.09.004.
- Mandal, P., and M.V. Rodkin, Spatiotemporal variations of fractal properties in the source zone of the 2001 Mw 7.7 Bhuj earthquake. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 2014, **104**, 4: 2060-2072, doi:10.1785/0120140071.
- Markushevich, V., and E. Nyland, Dispersion dependence for Rayleigh-like vibrations in a low density channel. *J. Geophys. Res.*, 1991, **96**, B12: 20325- 20330, doi:10.1029/91JB01889.
- Markushevich, V.M., G.M. Steblov, and A.S. Tsemahman, Symplectic structure of the Sturm-Liouville problem for the Rayleigh surface waves. *Wave Motion*, 1993, **18**, 3: 243-253, doi: 10.1016/0165-2125(93)90074-P.
- Markushevich, V.M. Pekeris substitution and some spectral properties of the Rayleigh boundary value problem. In D.K. Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics / Am. Geophys. Un.*, **1**, Washington, D.C.: The Union, 1994a: 63-69.
- Markushevich, V.M. Representation of matrix potentials in the Rayleigh wave equation by a symmetric matrix. In D.K. Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics / Am. Geophys. Un.*, **1**, Washington, D.C.: The Union, 1994b: 70-73.
- Markushevich, V.M., E. Nyland, and A.S. Tsemahman, Dispersion of Rayleigh waves in Zvolinskii's media. Poissonian case. In D.K. Chowdhury (ed.), *Computational Seismology*

- and *Geodynamics* / Am. Geophys. Un., **2**, Washington, D.C.: The Union, 1994a: 127-133.
- Markushevich, V.M., G.M. Steblov, and A.S. Tsemahman, Rayleigh waves in **D**-constant media at characteristic frequencies. II. Non-Poissonian media. In D.K. Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics* / Am. Geophys. Un., **2**, Washington, D.C.: The Union, 1994b: 119-126.
- Markushevich, V.M., and A.S. Tsemahman, Rayleigh waves in **D**-constant media at characteristic frequencies. I. Poissonian media. In D.K. Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics* / Am. Geophys. Un., **2**, Washington, D.C.: The Union, 1994a: 114-118.
- Markushevich, V.M., and A.S. Tsemahman, Determination of seismic signal velocity from τ function for a class of anisotropic media. In D.K. Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics* / Am. Geophys. Un., **2**, Washington, D.C.: The Union, 1994b: 134-138.
- Markushevich, V.M., E.N. Bessonova, S.G. Kiselev, A.L. Ageev, and V.V. Vasin, Solving the waveguide problem arising in oblique sounding by a pulse source along magnetic latitudes. In A. Ismail-Zade (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics. Volume 8*. Am. Geophys. Un., Washington, D.C., 2008: 91-96.
- Markushevich, V.M., and S.G. Kiselev, Layered model reconstruction by surface wave modes: From Love to Rayleigh. In A. Ismail-Zade (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics. Volume 8*. Am. Geophys. Un., Washington, D.C., 2008: 52-62.
- Molchan, G.M. Strategies in strong earthquake prediction. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1990, **61**, 1-2: 84-98, doi:10.1016/0031-9201(90)90097-H.
- Molchan, G.M., and O.E. Dmitrieva, Dynamics of the magnitude-frequency relation for foreshocks. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1990, **61**, 1-2: 99-112, doi:10.1016/0031-9201(90)90098-I.
- Molchan, G.M., O.E. Dmitrieva, I.M. Rotwain, and J. Dewey, Statistical analysis of the results of earthquake prediction, based on bursts of aftershocks. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1990, **61**, 1-2: 128-139, doi:10.1016/0031-9201(90)90100-C.
- Molchan, G. Structure of optimal strategies in earthquake prediction. *Tectonophysics*, 1991, **193**, 4: 267-276, doi:10.1016/0040-1951(91)90336-Q.
- Molchan, G., and Y. Kagan, Earthquake prediction and its optimization. *J. Geophys. Res.*, 1992, **97**, B4: 4823-4838, doi:10.1029/91JB03095.
- Molchan, G.M. Models for optimization of earthquake prediction. In D.K. Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics* / Am. Geophys. Un., **2**, Washington, D.C.: The Union, 1994: 1-10.
- Molchan, G.M. Multifractal analysis of Brownian zero set. *J. Stat. Phys.*, 1995, **79**, 3-4: 701-730, doi:10.1007/BF02184877.
- Molchan, G.M. Scaling exponents and multifractal dimensions for independent random cascades. *Commun. Math. Phys.*, 1996, **179**, 3: 681-702, doi:10.1007/BF02100103.
- Molchan, G.M. Burgers equation with self-similar Gaussian initial data: Tail probabilities. *J. Stat. Phys.*, 1997a, **88**, 5-6: 1139-1150, doi:10.1007/BF02732428.
- Molchan, G.M. Earthquake Prediction as a Decision-making Problem. *Pure and Appl. Geophys.*, 1997b, **149**, 1: 233-247, doi:10.1007/BF00945169.
- Molchan, G.M. Turbulent cascades: Limitations and a statistical test of the lognormal hypothesis. *Phys. Fluids*, 1997c, **9**, 8: 2387-2396, doi:10.1063/1.869358.
- Molchan, G.M., and T.L. Kronrod, Model of seismicity for the Caucasus Test Area. In D. Giardini and S. Balassanian (eds), *Historical and Prehistorical Earthquakes in the Caucasus* (Proceeding of the NATO ARW on Historical and Prehistorical Earthquakes in the Caucasus, Yerevan, Armenia, Jul 11-15, 1996). Kluwer Academic Publishers, 1997, ILP Publication, 333: 485-501.

- Molchan,G., T.Kronrod, and G.F.Panza, Multi-scale seismicity model for seismic risk. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 1997, **87**, 5: 1220-1229.
- Molchan,G.M. Anomalies in multifractal formalism for local time of Brownian motion. *J. Stat. Phys.*, 1998, **91**, 1-2: 199-220, doi:10.1023/A:1023044221942.
- Molchan,G.M. Maximum of fractional Brownian motion: probabilities of small values. *Commun. Math. Phys.*, 1999, **205**, 1: 97-111, doi:10.1007/s002200050669.
- Molchan,G.M., T.L.Kronrod, O.E.Dmitrieva, and A.K.Nekrasova, Hazard-oriented multiscale seismicity model: Italy. In D.K.Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics / Am. Geophys. Un.*, **4**, Washington, D.C.: The Union, 1999a: 138-156.
- Molchan,G.M., T.L.Kronrod, and A.K.Nekrasova, Immediate foreshocks: time variation of the b -value. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1999b, **111**, 3-4: 229-240, doi:10.1016/S0031-9201(98)00163-0.
- Molchan,G. Historical comments to the fractional Brownian motion. In P.Donkhan, G.Oppenheim, and M.Taqqu (eds.), *Long-range Dependence: Theory and Applications, Vol. I*, Birkhauser Production, 2002a: 39-42.
- Molchan,G. Mandelbrot cascade measures independent of branching parameter. *J. Stat. Phys.*, 2002b, **107**, 5-6: 977-988, doi:10.1023/A:1015149422567.
- Molchan,G., T.Kronrod, and G.Panza, Shape analysis of izoseismals based on empirical and synthetic data. *Pure and Appl. Geophys.*, 2002, **159**, 6: 1229-1251, doi:10.1007/s00024-002-8679-x.
- Molchan,G., and D.Turcotte, A stochastic model of sedimentation: probabilities and multifractality. *European J. Applied Math.*, 2002, **13**, 4, 371-383, doi:10.1017/S0956792502004850.
- Molchan,G.M. Earthquake Prediction Strategies: A Theoretical Analysis. In V.I.Keilis-Borok and A.A.Soloviev (eds), *Nonlinear Dynamics of the Lithosphere and Earthquake Prediction*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2003: 209-237.
- Molchan,G. On the uniqueness of the branching parameter for a random cascade measure. *J. Stat. Phys.*, 2004, **115**, 3-4: 855-868, doi:10.1023/B:JOSS.0000022382.88228.fd.
- Molchan,G., and A.Khokhlov, Small values of the maximum for the integral of fractional Brownian motion. *J. Stat. Phys.*, 2004, **114**, 3-4: 923-946, doi:10.1023/B:JOSS.0000012512.18060.a5.
- Molchan,G.M., T.L.Kronrod, and G.F.Panza, Shape of empirical and synthetic isoseismals: comparison for Italian $M \leq 6$ earthquakes. *Pure and Appl. Geophys.*, 2004, **161**, 8: 1725-1747, doi:10.1007/s00024-004-2532-3.
- Molchan,G., and T.Kronrod, On the spatial scaling of seismicity rate. *Geophys. J. Int.*, 2005, **162**, 3: 899-909, doi:10.1111/j.1365-246X.2005.02693.x.
- Molchan,G., and T.Kronrod, Seismic interevent time: A spatial scaling and multifractality. *Pure and Appl. Geophys.*, 2007, **164**, 1: 75-96, doi:10.1007/s00024-006-0150-y.
- Molchan,G. Unilateral small deviation of processes related to the fractional Brownian motion. *Stochastic Processes and their Applications*, 2008, **118**, 11: 2085-2097, doi:10.1016/j.spa.2007.12.001.
- Molchan,G., and V.Keilis-Borok, Earthquake prediction: probabilistic aspect. *Geophys. J. Int.*, 2008, **173**, 3: 1012-1017, doi:10.1111/j.1365-246X.2008.03785.x.
- Molchan,G. and T.Kronrod, The fractal description of seismicity. *Geophys. J. Int.*, 2009, **179**, 3: 1787-1799, doi:10.1111/j.1365-246X.2009.04380.x.
- Molchan,G. Space-time earthquake prediction: The error diagrams. *Pure and Appl. Geophys.*, 2010, **167**, 8-9: 907-917, doi:10.1007/s00024-010-0087-z.
- Molchan,G., and L.Romashkova, Earthquake prediction analysis based on empirical seismic rate: the M8 algorithm. *Geophys. J. Int.*, 2010, **183**, 3: 1525-1537, doi:10.1111/j.1365-246X.2010.04810.x.
- Molchan,G., T.Kronrod, and G.F.Panza, Hot/cold spots in Italian macroseismic data. *Pure Appl. Geophys.*, 2011, **168**, 3-4: 739-752, doi:10.1007/s00024-010-0111-3.

- Molchan,G., and L.Romashkova, Gambling score in earthquake prediction analysis. *Geophys. J. Int.*, 2011, **184**, 3: 1445-1454, doi:10.1111/j.1365-246X.2011.04930.x.
- Molchan,G., and L.Romashkova, Forecasting ability of a multi-renewal seismicity model. *Pure Appl. Geophys.*, 2014, **171**, 9: 2339-2352, doi:10.1007/s00024-014-0796-9.
- Molchan,G. Stochastic earthquake source model: the omega-square hypothesis and the directivity effect. *Geophys. J. Int.*, 2015, **202**, 1: 497-513, doi:10.1093/gji/ggv158.
- Molchan,G. Survival exponents for fractional Brownian motion with multivariate time. *ALEA-Latin American Journal of Probability and Mathematical Statistics*, 2017a, **14**, 1: 1-7.
- Molchan,G. The inviscid Burgers equation with fractional Brownian initial data: The dimension of regular Lagrangian points. *J. Stat. Phys.*, 2017b, **167**, 6: 1546-1554, doi:10.1007/s10955-017-1791-1.
- Molchan,G., Persistence exponents for Gaussian random fields of fractional Brownian motion type. *J. Stat. Phys.*, 2018, **173**, 6: 1587-1597, doi:10.1007/s10955-018-2155-1.
- Naimark,B.M., and A.T.Ismail-Zadeh, Gravitational instability of Maxwell upper mantle. In D.K.Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics / Am. Geophys. Un.*, **1**, Washington, D.C.: The Union, 1994a: 36-42.
- Naimark,B.M., and A.T.Ismail-Zadeh, On gravitational instability of a two-layer model for viscous incompressible fluid with stochastic changes in density. In D.K.Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics / Am. Geophys. Un.*, **2**, Washington, D.C.: The Union, 1994b: 64-71.
- Naimark,B.M., and A.T.Ismail-Zadeh, Numerical models of subsidence mechanism in intracratonic basin: Application to North American basins. *Geophys. J. Int.*, 1995, **123**, 1: 149-160, doi:10.1111/j.1365-246X.1995.tb06667.x.
- Naimark,B.M., and A.T.Ismail-Zadeh, An improved model of subsidence of heavy bodies in the asthenosphere. In D.K.Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics / Am. Geophys. Un.*, **3**, Washington, D.C.: The Union, 1996: 54-62.
- Naimark,B.M., A.T.Ismail-Zadeh, and W.R.Jacoby, Numerical approach to problems of gravitational instability of geostructures with advected material boundaries. *Geophys. J. Int.*, 1998, **134**, 2: 473-483, doi:10.1111/j.1365-246X.1998.tb07140.x.
- Narkunskaya,G.S., and M.G.Shnirman, Hierarchical model of defect development and seismicity. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1990, **61**, 1-2: 29-35, doi:10.1016/0031-9201(90)90092-C.
- Narkunskaya,G.S., and M.G.Shnirman, On an algorithm of earthquake prediction. In D.K.Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics / Am. Geophys. Un.*, **1**, Washington, D.C.: The Union, 1994: 20-24.
- Narteau,C., E.Blanter, J.-L. Le Mouél, M.Shnirman, and C.J.Allegre, Reversal sequence in a multiple scale dynamo mechanism. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 2000, **120**, 4: 271-287, doi:10.1016/S0031-9201(00)00145-X.
- Narteau,C., P.Shebalin, and M.Holschneider, Temporal limits of the power law aftershock decay rate. *J. Geophys. Res.*, 2002, **107**, B12, 2359, doi:10.1029/2001JB001868.
- Narteau,C., S.Byrdina, P.Shebalin, and D.Schorlemmer, Common dependence on stress for the two fundamental laws of statistical seismology. *Nature*, 2009, **462**, 7273: 642-645, doi: 10.1038/nature08553.
- Nekrasova,A., V.Kossobokov, A.Peresan, A.Aoudia, and G.F.Panza, A multiscale application of the Unified Scaling Law for earthquakes in the Central Mediterranean area and Alpine region. *Pure Appl. Geophys.*, 2011, **168**, 1-2: 297-327, doi:10.1007/s00024-010-0163-4.
- 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.
- Nekrasova,A., V.Kossobokov, X.Tao, Z.Tao, and L.Wang, Spatial pattern of seismicity in Central China recognized by USLE. *World Information on Earthquake Engineering*, 2016, **32**, 2: 170-175.

- Novikov,R.G. The inverse scattering problem on a fixed energy level for the two-dimensional Schrödinger operator. *Journal of Functional Analysis*, 1992, **103**, 2: 409-463, doi:10.1016/0022-1236(92)90127-5.
- Novikov,R.G. The inverse scattering problem at fixed energy for the three-dimensional Schrödinger equation with an exponentially decreasing potential. *Communications in Mathematical Physics*, 1994, **161**, 3: 569-595, doi:10.1007/BF02101933.
- Novikov,R.G. $\bar{\omega}$ -method with nonzero background potential. Application to inverse scattering for the two-dimensional acoustic equation. *Communications in Partial Differential Equations*, 1996, **21**, 3-4: 597-618, doi:10.1080/03605309608821199.
- Novikov,R.G. Absence of exponentially localized solitons for the Novikov-Veselov equation at positive energy. *Physics Letters A*, 2011, **375**, 9: 1233-1235, doi:10.1016/j.physleta.2011.01.052.
- Novikov,R.G. Approximate Lipschitz stability for non-overdetermined inverse scattering at fixed energy. *Journal of Inverse and Ill-Posed Problems*, 2013, **21**, 6: 813-823, doi:10.1515/jip-2012-0101.
- Novikov,R.G., and M.Santacesaria, Monochromatic reconstruction algorithms for the two-dimensional multi-channel inverse problems. *International Mathematics Research Notices*, 2013, **2013**, 6: 1205-1229, doi:10.1093/imrn/rns025.
- Novikov,R.G. Formulas for phase recovering from phaseless scattering data at fixed frequency. *Bulletin des Sciences Mathématiques*, 2015, **139**, 8: 923-936, doi:10.1016/j.bulsci.2015.04.005.
- Novikov,R.G. Explicit formulas and global uniqueness for phaseless inverse scattering in multidimensions. *Journal of Geometric Analysis*, 2016, **26**, 1: 346-359, doi:10.1007/s12220-014-9553-7.
- Novikov,R.G., Inverse scattering for the Bethe-Peierls model. *Eurasian Journal of Mathematical and Computer Applications*, 2018, **6**, 1: 52-55, doi:10.32523/2306-6172-2018-6-1-52-55.
- Novikova,O., and A.Gorshkov, Recognition of earthquake prone areas ($M \geq 6.0$) in the Kopet Dag region using the GIS technology. *Journal of Seismology and Earthquake Engineering*, 2013, **15**, 2: 101-109.
- Panza,G.F., A.G.Prozorov, and P.Suhadolc, Is there a correlation between lithosphere structure and the statistical properties of seismicity? *Terra Nova*, 1990a, **2**, 6: 585-595, doi:10.1111/j.1365-3121.1990.tb00124.x.
- Panza,G.F., A.G.Prozorov, and P.Suhadolc, Lithosphere structure and statistical properties of seismicity in Italy and surrounding regions. *J. Geodynamics*, 1990b, **12**, 2-4: 189-215, doi:10.1016/0264-3707(90)90007-H.
- Panza,G.F., and A.Prozorov, High frequency seismic sources characterize the areas of tectonic shortening in the Italian region. *Rendiconti Lincei*, 1991, **2**, 2: 107-116, doi:10.1007/BF03001415.
- Panza,G.F., A.G.Prozorov, and G.Pazzi, Extension of global creepex definition (M_c - m_c) to local studies (M_c - M_l): the case of the Italian region. *Terra Nova*, 1993, **5**, 2: 150-156, doi:10.1111/j.1365-3121.1993.tb00240.x.
- Panza,D.F., and A.G.Prozorov, An extension of creepex definition to local earthquake magnitudes: Italy. In D.K.Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics / Am. Geophys. Un.*, **3**, Washington, D.C.: The Union, 1996: 216-220.
- Panza,G.F., A.A.Soloviev, and I.A.Vorobieva, Numerical modelling of block-structure dynamics: Application to the Vrancea region. *Pure and Appl. Geophys.*, 1997, **149**, 2: 313-336, doi:10.1007/s000240050028.
- Panza,G.F., A.Peresan, F.Vaccari, L.Romashkova, V.Kossobokov, A.Gorshkov, and I.Kuznetsov, Earthquake preparedness: the contribution of earthquake prediction and deterministic hazard research. In A.Correig (ed.) *Terratremòls I temporals de llevant: dos exemples de sistemes complexos*. Jornades Científiques de l'Institut d'Estudis

- Catalans, Secció de Ciències i Tecnologia, Barcelona, 2003: 91-116 (Sèrie jornades científiques; 15).
- 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.
- Parvez,I.A., A.Nekrasova, and V.Kossobokov, Earthquake hazard and risk assessment based on Unified Scaling Law for Earthquakes: State of Gujarat, India. *Pure Appl. Geophys.*, 2017, **174**, 3: 1441-1452, doi:10.1007/s00024-017-1475-4.
- Parvez,I.A., A.Nekrasova, and V.Kossobokov, Seismic hazard and risk assessment based on Unified Scaling Law for Earthquakes: thirteen principal urban agglomerations of India. *Natural Hazards*, 2018, **92**, 3: 1509-1522, doi:10.1007/s11069-018-3261-8.
- Peresan,A., V.Kossobokov, L.Romashkova, and G.F.Panza, Intermediate-term middle-range earthquake predictions in Italy: a review. *Earth-Science Reviews*, 2005, **69**, 1-2: 97-132, doi:10.1016/j.earscirev.2004.07.005.
- Peresan,A., I.Vorobieva, A.Soloviev, and G.F.Panza, Simulation of seismicity in the block-structure model of Italy and its surroundings. *Pure and Appl. Geophys.*, 2007, **164**, 11: 2193-2234, doi:10.1007/s00024-007-0273-9.
- Peresan,A., E.Zuccolo, F.Vaccari, A.Gorshkov, and G.F.Panza, Neo-deterministic seismic hazard and pattern recognition techniques: Time-dependent scenarios for North-Eastern Italy. *Pure Appl. Geophys.*, 2011, **168**, 3-4: 583-607, doi:10.1007/s00024-010-0166-1.
- 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.
- Perrier,F., J.-L.Le Mouël, C.Crouzeix, P.Morat, P.Richon, and V.Kossobokov, Properties of turbulent air avalanches in a vertical pit. *European Physical Journal B*, 2005a, **46**, 4: 563-579, doi:10.1140/epjb/e2005-00289-9.
- Perrier,F., J.-L.Le Mouël, J.-P.Poirier, and M.G.Shnirman, Long-term climate change and surface versus underground temperature measurements in Paris. *Int. J. Climatology*, 2005b, **25**, 12: 1619-1631, doi:10.1002/joc.1211.
- Pisarenko,V.F. Data processing for regular observation, prediction of future states of the environment and of catastrophes, *Journal of Earthquake Prediction Research*. 1994, **3**: 334-341.
- Pisarenko,V.F. Statistical estimation of parameters related to earthquakes of maximum possible strength. *Journal of Earthquake Prediction Research*, 1996, **5**: 194-201.
- Pisarenko,V.F., A.A.Lyubushin, V.B.Lysenko, and T.V.Golubeva, Statistical estimation of seismic hazard parameters: Maximum possible magnitude and related parameters. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 1996, **86**, 3: 691-700.
- Pisarenko,V.F., and A.A.Lyubushin, Statistical estimation of maximum peak ground acceleration at a given point of a seismic region. *Journal of Seismology*, 1997, **1**, 4: 395-405, doi:10.1023/A:1009795503733.
- Pisarenko,V.F., and A.A.Lyubushin, Jr., A Bayesian approach to seismic hazard estimation: Maximum values of magnitudes and peak ground accelerations. *Earthquake Research in China*, 1999, **13**, 1: 45-57.
- Pisarenko,V.F., and D.Sornette, Characterization of the frequency of extreme earthquake events by the Generalized Pareto Distribution. *Pure and Appl. Geophys.*, 2003, **160**, 12: 2343-2364, doi:10.1007/s00024-003-2397-x.
- Pisarenko,V.F., and D.Sornette, Statistical methods of parameter estimation for deterministically chaotic time series. *Physical Review E*. 2004a, **69**, 3 part 2: 036122, doi:10.1103/PhysRevE.69.036122.
- Pisarenko,V.F., and D.Sornette, Statistical detection and characterization of a deviation from the Gutenberg-Richer distribution above magnitude 8. *Pure and Appl. Geophys.*, 2004b, **161**, 4: 839-864, doi:10.1007/s00024-003-2475-0.

- Pisarenko, V., and D. Sornette, New statistic for financial return distributions: power-low or exponential? *Physica A*, 2006, **366**: 387-400, doi:10.1016/j.physa.2005.10.015.
- Pisarenko, V.F., A. Sornette, D. Sornette, and M.V. Rodkin, New approach to the characterization of M_{max} and of the tail of the distribution of earthquake magnitudes. *Pure and Appl. Geophys.*, 2008, **165**, 5: 847-888, doi:10.1007/s00024-008-0341-9.
- Pisarenko, V., and M. Rodkin, *Heavy-Tailed Distributions in Disaster Analysis*. Springer, Dordrecht-Heidelberg-London-New York, 2010, 190 p.
- Pisarenko, V.F., D. Sornette, and M.V. Rodkin, Distribution of maximum earthquake magnitudes in future time intervals: application to the seismicity of Japan (1923–2007). *Earth, Planets and Space*, 2010, **62**: 567–578, doi:10.5047/eps.2010.06.003.
- Pisarenko, V.F., and D. Sornette, Robust statistical tests of Dragon-Kings beyond power law distributions. *The European Physical Journal - Special Topics*, 2012, **205**, 1: 95-115, doi:10.1140/epjst/e2012-01564-8.
- Pisarenko, V., and M. Rodkin, *Statistical Analysis of Natural Disasters and Related Losses*. SpringerBriefs in Earth Sciences. Springer, Dordrecht-Heidelberg-London-New York, 2014, 81 p., ISBN: 978-3-319-01453-1 (Print), 978-3-319-01454-8 (Online).
- Pisarenko, V.F., A. Sornette, D. Sornette, and M.V. Rodkin, Characterization of the tail of the distribution of earthquake magnitudes by combining the GEV and GPD descriptions of extreme value theory. *Pure Appl. Geophys.*, 2014, **171**: 1599-1624, doi:10.1007/s00024-014-0882-z.
- Pisarenko, V.F., and M.V. Rodkin, The maximum earthquake in future T years: Checking by a real catalog. *Chaos Solitons & Fractals*, 2015, **74**: 89-98, doi:10.1016/j.chaos.2015.01.006.
- Pisarenko, V.F., and M.V. Rodkin, The estimation of probability of extreme events for small samples. *Pure Appl. Geophys.*, 2017, **174**, 4: 1547-1560, doi:10.1007/s00024-017-1495-0.
- Podvigina, O., and A. Pouquet, On the non-linear stability of the 1:1:1 ABC flow, *Physica D*, 1994, **75**, 4: 471-508, doi:10.1016/0167-2789(94)00031-X.
- Podvigina, O.M., and V.A. Zheligovsky, An optimized iterative method for numerical solution of large systems of equations based on the extremal property of zeroes of Chebyshev polynomials. *Journal of Scientific Computing*, 1997, **12**, 4: 433-464, doi:10.1023/A:1025681013942.
- Podvigina, O.M. Spatially-periodic steady solutions to the three-dimensional Navier-Stokes equation with the ABC-force. *Physica D*, 1999, **128**, 2-4: 250-272, doi:10.1016/S0167-2789(98)00292-9.
- Podvigina, O.M. Investigation of the ABC flow instability with application of center manifold reduction. *Dynamical Systems*, 2006, **21**, 2: 191-208, doi:10.1080/14689360500372161.
- Podvigina, O.M., P. Ashwin, and D. Hawker, Modelling instability of ABC flow using a mode interaction between steady and Hopf bifurcations with rotational symmetries of the cube. *Physica D*, 2006, **215**, 1: 62-79, doi:10.1016/j.physd.2006.01.010.
- Podvigina, O., V. Zheligovsky, E.L. Rempel, A.C.-L. Chian, R. Chertovskih, and P.R. Muñoz, Two-parameter bifurcation study of the regularized long-wave equation. *Phys. Rev. E*, 2015, **92**, 3: 032906, doi:10.1103/PhysRevE.92.032906.
- Podvigina, O.M. A route to magnetic field reversals: an example of an ABC-forced non-linear dynamo. *Geophys. Astrophys. Fluid Dynamics*, 2003, **97**, 2: 149-174, doi:10.1080/0309192031000119740.
- Podvigina, O.M. Magnetic field generation by convective flows in a plane layer. *The European Physical Journal B*, 2006, **50**, 4: 639-652, doi:10.1140/epjb/e2006-00171-4.
- Podvigina, O., and P. Ashwin, The $1:\sqrt{2}$ mode interaction and heteroclinic networks in boussinesq convection. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 2007, **234**, 1: 23-48, doi:10.1016/j.physd.2007.06.024.

- Podvigina,O.M. Instability of flows near the onset of convection in a rotating layer with stress-free horizontal boundaries. *Geophys. Astrophys. Fluid Dynamics*, 2008a, **102**, 3: 299-326, doi:10.1080/03091920701689963.
- Podvigina,O.M. Magnetic field generation by convective flows in a plane layer: the dependence on the Prandtl number. *Geophys. Astrophys. Fluid Dynamics*, 2008b, **102**, 4: 409-433, doi:10.1080/03091920701841945.
- Podvigina,O.M. On stability of rolls near the onset of convection in a layer with stress-free horizontal boundaries. *Geophys. Astrophys. Fluid Dynamics*, 2010a, **104**, 1: 1-28, doi:10.1080/03091921003603025.
- Podvigina,O.M. Stability of rolls in rotating magnetoconvection with physically realistic boundary conditions. *Phys. Rev. E*, 2010b, **81**, 5: 056322, doi:10.1103/PhysRevE.81.056322.
- Podvigina,O.M., and P.Ashwin, On local attraction properties and a stability index for heteroclinic connections. *Nonlinearity*, 2011, **24**, 3: 887-929, doi: 10.1088/0951-7715/24/3/009.
- Podvigina,O. Stability and bifurcations of heteroclinic cycles of type Z. *Nonlinearity*, 2012, **25**, 6: 1887-1917, doi:10.1088/0951-7715/25/6/1887.
- Podvigina,O. Classification and stability of simple homoclinic cycles in R^5 . *Nonlinearity*, 2013, **26**, 5: 1501-1528, doi:[10.1088/0951-7715/26/5/1501](https://doi.org/10.1088/0951-7715/26/5/1501).
- Podvigina,O., and P.Chossat, Simple heteroclinic cycles in R^4 . *Nonlinearity*, 2015, **28**, 4: 901-926, doi:10.1088/0951-7715/28/4/901.
- Podvigina,O., V.Zheligovsky, and U.Frisch, The Cauchy-Lagrangian method for numerical analysis of Euler flow. *Journal of Computational Physics*, 2016, **306**: 320-342, doi:10.1016/j.jcp.2015.11.045.
- Podvigina,O., and P.Chossat, Asymptotic stability of pseudo-simple heteroclinic cycles in R^4 . *Journal of Nonlinear Science*, 2017, **27**, 1: 343-375, doi:10.1007/s00332-016-9335-4.
- Podvigina,O., S.B.S.D.Castro, and I.S.Labouriau, Stability of a heteroclinic network and its cycles: a case study from Boussinesq convection. *Dynamical Systems*, 2019, **34**, 1: 157-193, doi:10.1080/14689367.2018.1486807.
- Podvigina,O., and A.Lohse, Simple heteroclinic networks in R^4 . *Nonlinearity*, 2019, **32**, 9: 3269-3293, doi:10.1088/1361-6544/ab1818.
- Prozorov,A.G. On triggering large earthquakes by underground nuclear explosions - statistical methods of detection, possible mechanism and application. In R.Console and A.Nikolaev (eds), *Earthquakes Induced by Underground Nuclear Explosions: Environmental and Ecological Problems*, Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 1995: 103-122.
- Rasskazov,A., R.Chertovskih, and V.Zheligovsky, Magnetic field generation by pointwise zero-helicity three-dimensional steady flow of an incompressible electrically conducting fluid. *Physical Review E*, 2018, **97**, 4: 043201, doi:10.1103/PhysRevE.97.043201.
- Reznikov,E.L., and L.M.Rozenknop, Construction of basis vectors for flows in the outer core of the Earth. In D.K.Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics / Am. Geophys. Un.*, **3**, Washington, D.C.: The Union, 1996: 68-79.
- Rodkin,M.V., and P.Mandal, A possible physical mechanism for the unusually long sequence of seismic activity following the 2001 Bhuj M(w)7.7 earthquake, Gujarat, India. *Tectonophysics*, 2012, **536**: 101-109, doi:10.1016/j.tecto.2012.02.023.
- Rodkin,M.V., and I.N.Tikhonov, Seismic regime in the vicinity of the 2011 Tohoku mega earthquake (Japan, Mw=9). *Pure Appl. Geophys.*, 2014, **171**, 12: 3241-3255, doi:10.1007/s00024-013-0768-5.
- Rodkin,M.V., and A.M.Korzhenkov, Estimation of maximum mass velocity from macroseismic data: A new method and application to archeoseismological data. *Geodesy and Geodynamics*, 2019, **10**, 4: 321-330, doi:10.1016/j.geog.2018.06.010.

- Rotwain,I., V.Keilis-Borok, and L.Botvina, Premonitory transformation of steel fracturing and seismicity. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1997, **101**, 1-2: 61-71, doi:10.1016/S0031-9201(96)03224-4.
- Rotwain,I., and O.Novikova, Performance of the earthquake prediction algorithm CN in 22 regions of the world. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1999, **111**, 3-4: 207-213, doi:10.1016/S0031-9201(98)00161-7.
- Rozenberg,V.L., P.O.Sobolev, A.A.Soloviev, and L.A.Melnikova, The spherical block model: Dynamics of the global system of tectonic plates and seismicity. *Pure and Appl. Geophys.*, 2005, **162**, 1: 145-164, doi:10.1007/s00024-004-2584-4.
- Rozenknop,L.M., E.N.Bessonova, and E.L.Reznikov, Variational approach to the problem of free oscillations of the Earth. In D.K.Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics. Volume 5*. Am. Geophys. Un., Washington, D.C., 2003: 43-59.
- Rozenknop,L.M., and E.L.Reznikov, On free oscillations of a rotating viscous liquid outer core of the Earth. In D.K.Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics. Volume 5*. Am. Geophys. Un., Washington, D.C., 2003: 36-42.
- Rundquist,D.V., and A.A.Soloviev, Numerical modeling of block structure dynamics: an arc subduction zone. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1999, **111**, 3-4: 241-252, doi:10.1016/S0031-9201(98)00164-2.
- Rundquist,D.V., and P.O.Sobolev, Seismicity of mid-oceanic ridges and its geodynamic implications: a review. *Earth Science Review*, 2002, **58**: 143-161.
- Rundqvist,D.V., and P.O.Sobolev, Seismicity on mid-oceanic ridges: A global geodynamic analysis. In D.K.Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics. Volume 5*. Am. Geophys. Un., Washington, D.C., 2003: 13-19.
- Shapoval,A.B., and M.G.Shnirman, Prediction in a two-sign avalanche model. In D.K.Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics. Volume 7*. Am. Geophys. Un., Washington, D.C., 2005: 188-197.
- Shapoval,A., V.Courtillot, J.-L.Le Mouël, and M.G.Shnirman, Two regimes in the regularity of sunspot number. *Astrophysical Journal*, 2013, **779**, 2: 108-116, doi:10.1088/0004-637X/779/2/108.
- Shapoval,A., J.-L.Le Mouël, V.Courtillot, and M.G.Shnirman, Is a sudden increase of irregularity of sunspot numbers a precursor of a return to low solar activity? *Journal of Geophysical Research - Space Physics*, 2014a, **119**: 6120-6130, doi:10.1002/2013JA019584.
- Shapoval,A., J.-L.Le Mouël, M.Shnirman, and V.Courtillot, Can irregularities of solar proxies help understand quasi-biennial solar variations? *Nonlinear Processes in Geophysics*, 2014b, **21**, 4: 797-813, doi:10.5194/npg-21-797-2014.
- Shapoval,A., J.-L.Le Mouël, M.G.Shnirman, and V.Courtillot, Stochastic description of the high-frequency content of daily sunspots and evidence for regime changes. *Astrophysical Journal*, 2015a, **799**, 1, Article Number 56, 8 pp., doi:10.1088/0004-637X/799/1/56.
- Shapoval,A., J.-L.Le Mouël, M.Shnirman, and V.Courtillot, When daily sunspot births become positively correlated. *Solar Physics*, 2015b, 290, 10: 2709-2717, doi:10.1007/s11207-015-0778-9.
- Shapoval A., Le Mouël J.-L., Shnirman M., and Courtillot V. Dynamics of sunspot series on time scales from days to years: Correlation of sunspot births, variable lifetimes, and evolution of the high-frequency spectral component. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 2017, **122**, 12: 11874-11887, doi:10.1002/2017JA024430.
- Shapoval,A., J.-L.Le Mouel, M.Shnirman, and V.Courtillot, Observational evidence in favor of scale-free evolution of sunspot groups. *Astronomy and Astrophysics*, 2018, **618**: Article A183, doi:10.1051/0004-6361/201832799.
- Shebalin,P., N.Girardin, I.Rotwain, V.Keilis-Borok, and J.Dubois, Local overturn of active and non-active seismic zones as a precursor of large earthquakes in Lesser Antillean Arc. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1996, **97**: 163-175, doi: 10.1016/0031-9201(96)03138-X.

- Shebalin,P.N., and V.I.Keilis-Borok, Phenomenon of local "seismic reversal" before strong earthquakes. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1999, **111**, 3-4: 215-227, doi:10.1016/S0031-9201(98)00162-9.
- Shebalin,P., I.Zaliapin, and V.Keilis-Borok, Premonitory raise of the earthquakes' correlation range: Lesser Antilles. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 2000, **122**, 3-4: 241-249, doi:10.1016/S0031-9201(00)00180-1.
- Shebalin,P., A.Soloviev, and J.-L. Le Mouél, Scaling organization in the dynamics of blocks-and-faults systems. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 2002, **131**, 2: 141-153, doi:10.1016/S0031-9201(02)00033-X.
- Shebalin,P., V.Keilis-Borok, I.Zaliapin, S.Uyeda, T.Nagao, and N.Tsybin, Advance short-term prediction of the large Tokachi-oki earthquake, September 25, 2003, M = 8.1. A case history. *Earth, Planets and Space*, 2004, **56**, 8: 715-724, doi:10.1186/BF03353080.
- Shebalin,P. Increased correlation range of seismicity before large events manifested by earthquake chains. *Tectonophysics*, 2006, **424**: 335-349, doi:10.1016/j.tecto.2006.03.040.
- Shebalin,P., V.Keilis-Borok, A.Gabrielov, I.Zaliapin, and D.Turcotte, Short-term earthquake prediction by reverse analysis of lithosphere dynamics. *Tectonophysics*, 2006, **413**: 63-75, doi:10.1016/j.tecto.2005.10.033.
- Shebalin,P., C.Narteau, M.Holschneider, and D.Schorlemmer, Short-term earthquake forecasting using Early Aftershock Statistics. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 2011, **101**, 1: 297-312, doi:10.1785/0120100119.
- Shebalin,P., C.Narteau, and M.Holschneider, From alarm-based to rate-based earthquake forecast models. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 2012, **102**, 1: 64-72, doi: 10.1785/0120110126.
- 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).
- Shebalin,P., and C.Narteau, Depth dependent stress revealed by aftershocks. *Nature Communications*, 2017, **8**: Article 1317, doi:10.1038/s41467-017-01446-y.
- Shebalin,P., and S.Baranov, Long-delayed aftershocks in New Zealand and the 2016 M7.8 Kaikoura earthquake. *Pure Appl. Geophys.*, 2017, **174**, 10: 3751-3764, doi:10.1007/s00024-017-1608-9.
- Shnirman,M.G., and E.M.Blanter, Self-organized criticality in a mixed hierarchical system. *Phys. Rev. Letters*, 1998, **81**: 5445-5448.
- Shnirman,M.G., and Y.A.Tyurina, Generalized hierarchical model of defect development and self-organised criticality. *Phys. Rev. E*, 1998, **57** (4): 3804-3813, doi:10.1103/PhysRevE.57.3804.
- Shnirman,M.G., and E.M.Blanter, Scale invariance and invariant scaling in a mixed hierarchical system. *Phys. Rev. E*, 1999a, **60**, 5: 5111-5120, doi:10.1103/PhysRevE.60.5111.
- Shnirman,M.G., and E.M.Blanter, Mixed hierarchical model of seismicity: Scaling and prediction. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1999b, **111**, 3-4: 295-303, doi:10.1016/S0031-9201(98)00168-X.
- Shnirman,M.G., and E.M.Blanter, Criticality in a dynamic mixed system. *Phys. Rev. E*, 2001, **64**, 5: 056123, doi:10.1103/PhysRevE.64.056123.
- Shnirman,M., and E.Blanter, Hierarchical Models of Seismicity. In V.I.Keilis-Borok and A.A.Soloviev (eds), *Nonlinear Dynamics of the Lithosphere and Earthquake Prediction*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2003: 37-69.
- Shnirman,M.G., J.-L.Le Mouél, E.M.Blanter, Slow and fast rotating coronal holes from geomagnetic indices. *Solar Physics*, 2010, **266**: 159-171, doi:10.1007/s11207-010-9605-5.
- Shnirman,M.G., and A.B.Shapoval, Variable predictability in deterministic dissipative sandpile. *Nonlin. Processes Geophys.*, 2010, **17**, 1: 85-91, doi:10.5194/npg-17-85-2010.

- Simakin,A.G., and V.P.Trubitsyn, Differentiation of a two-component melt in a crystallizing magmatic chamber. In D.K.Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics. Volume 6*. Am. Geophys. Un., Washington, D.C., 2004: 16-26.
- 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.
- Sobolev,P.O., and D.V.Rundquist, Seismicity of oceanic and continental rifts - a geodynamic approach. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1999, **111**, 3-4: 253-266, doi:10.1016/S0031-9201(98)00165-4.
- Soloviev,A.A., I.A.Vorobieva, and G.F.Panza, Modelling of block-structure dynamics: Parametric study for Vrancea. *Pure and Appl. Geophys.*, 1999, **156**, 3: 395-420, doi:10.1007/s000240050305.
- Soloviev,A.A., I.A.Vorobieva, and G.F.Panza, Modelling of block structure dynamics for the Vrancea region: Source mechanisms of the synthetic earthquakes. *Pure and Appl. Geophys.*, 2000, **157**, 1-2: 97-110, doi:10.1007/PL00001102.
- Soloviev,A., and A.Ismail-Zadeh, Models of Dynamics of Block-and-Fault Systems. In V.I.Keilis-Borok and A.A.Soloviev (eds), *Nonlinear Dynamics of the Lithosphere and Earthquake Prediction*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2003: 71-139.
- Soloviev,A. Transformation of frequency-magnitude relation prior to large events in the model of block structure dynamics. *Nonlin. Processes Geophys.*, 2008, **15**, 1: 209–220, doi:10.5194/npg-15-209-2008.
- Sornette,D., and V.F.Pisarenko, Properties of a simple bilinear stochastic model: estimation and predictability. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 2008, **237**, 4: 429-445, doi: 10.1016/j.physd.2007.08.020.
- Tenzer,R., W.J.Chen, A.Baranov, and M.Bagherbandi, Gravity maps of Antarctic lithospheric structure from remote-sensing and seismic data. *Pure Appl. Geophys.*, 2018, **175**, 6: 2181-2203, doi:10.1007/s00024-018-1795-z.
- Trubitsyn,V.P., and V.V.Rykov, A numerical model of marginal seas and Japan Islands formation caused by Eurasia moving to a subduction zone. In D.K.Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics. Volume 7*. Am. Geophys. Un., Washington, D.C., 2005: 208-215.
- Trubitsyn,V., M.K.Kaban, and M.Rothacher, Mechanical and thermal effects of floating continents on the global mantle convection. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 2008, **171**, 1-4: 313-322, doi: 10.1016/j.pepi.2008.03.011.
- Trubitsyn,V.P., M.N.Evseev, and A.P.Trubitsyn, Influence of continents and lithospheric plates on the shape of D'' layer and the spatial distribution of mantle plumes. *Russ. J. Earth Sci.*, 2015, **15**, 3, ES3001, doi:10.2205/2015ES000552.
- Tsapanos,T.M., A.A.Lyubushin, V.F.Pisarenko, Application of a Bayesian approach for estimation of seismic hazard parameters in some regions of the Circum-Pacific belt. *Pure and Appl. Geophys.*, 2001, **158**, 5-6: 859-875, doi:10.1007/PL00001210.
- Tsepelev,I.A., A.I.Korotkii, and A.T.Ismail-Zadeh, Numerical approach to 3D forward modeling of slow viscous flow. In K.J.Bathe (ed.), *Computational Fluid and Solid Mechanics*. Elsevier Science, Amsterdam, 2003: 1169-1171.
- Tsepelev,I., A.Ismail-Zadeh, O.Melnik, and A.Korotkii, Numerical modeling of fluid flow with rafts: An application to lava flows. *Journal of Geodynamics*, 2016, **97**: 31-41, doi:10.1016/j.jog.2016.02.010.
- Usenko,S.V., A.N.Boyko, and T.V.Prokhorova, Seafloor relief inhomogeneities and the tectonics of the Greenland-Lofoten Basin in the North Atlantic // *Russ. J. Earth Sci.*, 2017, **17**, 3, ES3002, doi:10.2205/2017ES000598.
- Varypaev,A., and A.Kushnir, Algorithm of micro-seismic source localization based on asymptotic probability distribution of phase difference between two random stationary

- Gaussian processes. *GEM – International Journal on Geomathematics*, 2018, **9**, 2: 335-358, doi:10.1007/s13137-018-0108-0.
- Voevoda, O.D., and L.N.Volynets, The topography of the ground surface and postseismic displacements. In D.K.Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics / Am. Geophys. Un.*, **2**, Washington, D.C.: The Union, 1994: 58-63.
- Voevoda, O.D. On equations of the Earth motions. In D.K.Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics. Volume 7*. Am. Geophys. Un., Washington, D.C., 2005: 234-247.
- Voevoda, O.D. On equations of Earth motions: 2. Average stress and energy balance. In A.Ismail-Zade (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics. Volume 8*. Am. Geophys. Un., Washington, D.C., 2008: 127-134.
- Volozh, Yu.A., C.J.Talbot, and A.T.Ismail-Zadeh, Salt structures and hydrocarbons in the Pricaspian Basin. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bulletin*, 2003, **87**, 2: 313-334.
- Volynets, L.N., and O.D.Voevoda, Deformations of a free boundary caused by an internal fault. In D.K.Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics / Am. Geophys. Un.*, **2**, Washington, D.C.: The Union, 1994: 50-57.
- Vorobieva, I.A. Prediction of a subsequent large earthquake. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1999, **111**, 3-4: 197-206, doi:10.1016/S0031-9201(98)00160-5.
- Vorobieva, I.A., and T.A.Levshina, Prediction of a second large earthquake based on aftershock sequence. In D.K.Chowdhury (ed.), *Computational Seismology and Geodynamics / Am. Geophys. Un.*, **2**, Washington, D.C.: The Union, 1994: 27-36.
- Vorobieva, I.A., and G.F.Panza, Prediction of the occurrence of related strong earthquakes in Italy. *Pure and Appl. Geophys.*, 1993, **141**, 1: 25-41, doi:10.1007/BF00876232.
- 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.
- Vorobieva, I., P.Shebalin, and C.Narteau, Break of slope in earthquake size distribution and creep rate along the San Andreas Fault system. *Geophysical Research Letters*, 2016, **43**, 13: 6869-6875, doi:10.1002/2016GL069636.
- Vorobieva, I., P.Mandal, and A.Gorshkov, Block-and-fault dynamics modeling of the Himalayan frontal arc: Implications for seismic cycle, slip deficit, and great earthquakes, *Journal of Asian Earth Sciences*. 2017, **148**: 131-141, doi:10.1016/j.jseaeas.2017.08.033.
- Weidle, C., F.Wenzel, and A.Ismail-Zadeh, t^* – an unsuitable parameter for anelastic attenuation in the Eastern Carpathians. *Geophys. J. Int.*, 2007, **170**, 3: 1139-1150, doi:10.1111/j.1365-246X.2007.03441.x.
- Wyss, M., A.Nekrasova, and V.Kossobokov, Errors in expected human losses due to incorrect seismic hazard estimates. *Natural Hazards*, 2012, **62**, 3: 927-935, doi:10.1007/s11069-012-0125-5.
- Zaliapin, I., V.Keilis-Borok, and G.Axen, Premonitory spreading of seismicity over the faults' network in southern California: Precursor Accord, *J. Geophys. Res.*, 2002, **107**, B10: ESE5-1 – ESE5-15, 2221, doi:10.1029/2000JB000034.
- Zaliapin, I., V.Keilis-Borok, and M.Ghil, A Boolean delay model of colliding cascades. I: Multiple seismic regimes. *J. Stat. Phys.*, 2003a, **111**, 3-4: 815-837.
- Zaliapin, I., V.Keilis-Borok, and M.Ghil, A Boolean delay model of colliding cascades. II: Prediction of critical transitions. *J. Stat. Phys.*, 2003b, **111**, 3-4: 839-861, doi:10.1023/A:1022802432590.
- Zheligovsky, V. α -effect in generation of magnetic field by a flow of conducting fluid with internal scale in an axisymmetric volume. *Geophys. Astrophys. Fluid Dynamics*, 1991, **59**, 1-4: 235-251, doi:10.1080/03091929108227781.
- Zheligovsky, V.A. A kinematic magnetic dynamo sustained by a Beltrami flow in a sphere. *Geophys. Astrophys. Fluid Dynamics*, 1993a, **73**, 1-4: 217-254, doi:10.1080/03091929308203629.

- Zheligovsky, V. Numerical solution of the kinematic dynamo problem for Beltrami flows in a sphere. *Journal of Scientific Computing*, 1993b, **8**, 1: 41-68, doi:10.1007/BF01060831.
- Zheligovsky, V.A., and D.J.Galloway, Dynamo action in Christopherson hexagonal flow. *Geophys. Astrophys. Fluid Dynamics*, 1998, **88**: 1-4: 277-293, doi:10.1080/03091929808245477.
- Zheligovsky, V.A., O.M.Podvigina, and U.Frisch, Dynamo effect in parity-invariant flow with large and moderate separation of scales. *Geophys. Astrophys. Fluid Dynamics*, 2001, **95**, 3-4: 227-268, doi: 10.1080/03091920108203726.
- Zheligovsky, V.A., and O.M.Podvigina, Generation of multiscale magnetic field by parity-invariant time-periodic flows. *Geophys. Astrophys. Fluid Dynamics*, 2003, **97**, 3: 225-248, doi:10.1080/0309192032000101676.
- Zheligovsky, V.A. Convective plan-form two-scale dynamos in a plane layer. *Geophys. Astrophys. Fluid Dynamics*, 2005, **99**, 2: 151-175, doi:10.1080/03091920512331335109.
- Zheligovsky, V.A. Mean-field equations for weakly non-linear multiscale perturbations of forced hydromagnetic convection in a rotating layer. *Geophys. Astrophys. Fluid Dynamics*, 2008, **102**, 5: 489-540, doi:10.1080/03091920802137573.
- Zheligovsky, V.A. Amplitude equations for weakly nonlinear two-scale perturbations of free hydromagnetic convective regimes in a rotating layer. *Geophys. Astrophys. Fluid Dynamics*, 2009a, **103**, 5: 397-420, doi:10.1080/03091920903052580.
- Zheligovsky, V. Determination of a flow generating a neutral magnetic mode. *Phys. Rev. E*, 2009b, **80**, 3: 036310, doi:10.1103/PhysRevE.80.036310.
- Zheligovsky, V. Generation of a symmetric magnetic field by thermal convection in a plane rotating layer. *Magnetohydrodynamics*, 2010, **46**, 1: 3-22, doi:10.22364/mhd.
- Zheligovsky, V., O.Podvigina, and U.Frisch, The Monge-Ampere equation: various forms and numerical methods. *J. Computational Physics*, 2010, **229**, 13: 5043-5061, doi:10.1016/j.jcp.2010.03.025.
- Zheligovsky, V. *Large-scale Perturbations of Magnetohydrodynamic Regimes: Linear and Weakly Non-linear Stability Theory*. Lecture Notes in Physics, vol. 829, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2011, 330 p.
- Zheligovsky, V., and U.Frisch, Time-analyticity of Lagrangian particle trajectories in ideal fluid flow. *Journal of Fluid Mechanics*, 2014, **749**: 404-430, doi:10.1017/jfm.2014.221.

