УДК 332.1, 339, 550.8.05, 550.49

Фактические и прогнозные оценки влияния землетрясений на глобальную экономическую систему

Т.П.СКУФЬИНА¹, С.В.БАРАНОВ², В.П.САМАРИНА¹

¹ ФГБУН ФИЦ «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Россия

² Кольский филиал ФГБУН ФИЦ «Единая геофизическая служба Российской академии наук», Апатиты, Россия

Рассматривается проблема воздействия сильных землетрясений на глобальную экономическую систему. Ученые-геологи предполагают, что усиление сейсмичности Земли весьма маловероятно, однако специалисты по экономической географии говорят, что существующие факты указывают на возрастание сейсмического риска для экономических систем. На примере землетрясения в регионе Тахоку (Япония, 2011 г.) представлена комплексная оценка экономических последствий сильного землетрясения в рамках анализа трех блоков статистической информации: 1) макроэкономических показателей Японии; 2) индикаторов фондового рынка; 3) отраслевых показателей мировой экономики. Результаты оценки указали на новую особенность последствий сильных землетрясений в экономически развитых регионах мира: процессы глобализации распространяют региональные эффекты крупных землетрясений на всю мировую экономическую систему. Для осознания масштабов проблемы сильных землетрясений приведена оценка потерь мировой экономики от вероятного землетрясения вблизи США, аналогичного Тахоку. Установлено, что экономические потери были бы в 2,6 раза больше: падение глобального индекса S&P Global 1200 составило бы около 15 %. Чем дальше по времени это вероятное землетрясение будет отстоять от землетрясения Тахоку, тем больше глобализация будет усиливать потери.

Ключевые слова: сильные землетрясения; экономическая система; риски; оценка; прогноз; экономические потери

Как цитировать эту статью: Скуфьина Т.П. Фактические и прогнозные оценки влияния землетрясений на глобальную экономическую систему / Т.П.Скуфьина, С.В.Баранов, В.П.Самарина // Записки Горного института. 2019. Т. 238. С. 465-473. DOI 10.31897/PMI.2019.4.465

Введение. Важнейшей фундаментальной задачей как общественных, так и естественных наук является оценка и прогноз воздействий возможных геологических событий на экономику мира и регионов. Существенной составной частью этой задачи является оценка воздействий сильных землетрясений на экономику мира и регионов. Актуальность такой оценки определяется неизменной общественной значимостью результатов для учета в хозяйственной деятельности. Научный интерес вызван непроясненностью ряда теоретико-методологических аспектов такого исследования в экономике, ограниченными возможностями прогнозирования сильных землетрясений в сейсмологии, ярко выраженной междисциплинарностью исследования, порождающей методологические проблемы исследования и интерпретации данных.

Постановка проблемы. Оценка воздействий сильных землетрясений на экономику мира и регионов, на первый взгляд, предполагает следующую последовательность исследования: 1) рассмотреть зоны, в которых происходят сильные и сильнейшие землетрясения, а также районы, подверженные разрушительным цунами; 2) спрогнозировать возможные катастрофические события и их влияние на природно-технологические системы; 3) рассчитать ущерб и оценить влияние на глобальную и региональные экономики. Вместе с тем сильные и особенно сильнейшие землетрясения редки, прогнозировать их современная наука не может. В случае прогноза катастрофических последствий этих геологических событий вероятность реализации вариантов еще более снижается. Требуется изменить постановку проблемы, что изменит и алгоритм исследования. Новая постановка проблемы может быть сформулирована следующим образом: на основе перенесения аналогов крупнейших сейсмических событий прошлого в современность, а также анализа полученных инструментальных данных о сильных сейсмических событиях, цунами оценить их возможное воздействие на глобальную и региональные экономические системы.

Цель работы – рассмотреть воздействие сильных землетрясений на глобальную экономическую систему.

Задачи исследования: 1) обосновать актуализацию проблемы воздействия сильных землетрясений на экономику; 2) обозначить методологические предпосылки оценки такого воздействия; 3) представить фактические и прогнозные оценки влияния сильных землетрясений на мировую экономическую систему.

Обзор литературы. Многочисленные и разнообразные исследования в сфере прогнозных оценок влияния сильных землетрясений на мировую и региональные экономики можно условно свести к двум важнейшим компонентам.

1. Прогноз землетрясений и их природных последствий. Актуальности и сложности решения задачи прогноза сейсмических событий посвящено значительное количество публикаций и разнообразных исследований [2, 4, 7, 11, 13, 19, 22]. Несмотря на многообразие подходов, детально классическая постановка задачи прогноза именно землетрясений разработана еще в 1976 г. Комиссией по прогнозу землетрясений национальной академии наук США под председательством К.Аллена [12]. Методы прогноза на уровне технологии, особенно в прогнозе сильных и сильнейших землетрясений, не разработаны.

Решение проблемы построения достоверных прогнозов движется в трех пересекающихся направлениях.

Первое направление – создание теоретически обоснованных моделей механизмов геологических изменений и землетрясений, включая работы экспериментального прогноза. Существенные достижения в этой области представлены в работах С.В.Баранова, Л.Р.Ботвиной, П.Н.Шебалина, И.Б.Опариной, С.Вордена, М.Герстенбергера и др. [2, 4-6, 9, 13].

Второе направление – обнаружение закономерностей, не имеющих объяснения, по крайней мере на настоящем уровне развития науки (или имеющих неполное объяснение), включая и работы экспериментального прогноза. Развитие этого направления освещено в работах Г.М.Молчан, П.Н.Шабалина, А.Хельмстетера, Д.Сорнетте и др. [7, 13, 19]. Сущность процессов и модели энергообмена в массиве горных пород – причина опасных динамических явлений – в работе Е.В.Лодуса, Е.В.Гончарова [6].

Третье направление – поиск и классификация надежных «предвестников» землетрясений, включая задачи их формализации. Обобщение и развитие этого направления рассматривается в работах Г.А.Соболева, А.В.Пономарева, М.Хауакавы, Ю.Хобары и др. [11, 29].

Первое и второе направление исследований разграничить достаточно трудно: проверить объясняющие гипотезы и теории весьма сложно. Третий путь частично может быть связан со вторым. Например, специфическое поведение животных перед некоторыми землетрясениями непонятно, но является безусловным следствием изменения неких неизвестных физических параметров.

Некоторый прогресс, наметившийся в решении задачи прогноза сильных землетрясений, дает основания ряду геофизиков предположить принципиальную возможность ее разрешения. Например, в России на протяжении многих лет ведется совместный российско-американский проект по прогнозу сильных землетрясений, основанный на алгоритмах «Сценарий Мендосино» и М8. Документированные прогнозы проекта и публикации В.Г.Кособокова, Л.Л.Ромашковой, В.И.Кейлис-Борок, Д.Хейли [29] указывают на прогресс в определении повышенной вероятности сильного землетрясения. Однако на настоящий момент приходится констатировать, что фундаментальные модели и уравнения, достоверно описывающие геофизические процессы, способные установить время наступления сильных землетрясений, отсутствуют. Следовательно, отсутствует и достоверный прогноз.

Обзор и обобщение результатов исследований Л.П.Зоненшайна, М.И.Кузьмина, И.А.Карловича, Е.В.Лодуса, Е.В.Гончарова, Г.А.Соболева и др. [4-6, 11, 13] позволяют выделить объективные факторы, затрудняющие построение достоверных прогнозов: 1) неизвестны причины высвобождения накапливаемой механической энергии в земной коре; 2) четко не определены детерминированные и недетерминированные факторы геологических изменений; 3) непосредственно наблюдаемые землетрясения являются не основным, а побочным явлением в цепи глобальных процессов. Только очень небольшая доля накапливаемой энергии высвобождается в виде сейсмических волн, непосредственно воздействующих на здания и сооружения. Однако детально изучены зоны возникновения возможных землетрясений. Следует отметить ряд ис-

следований, предлагающих достоверные методы оценки последствий геологических изменений для природной среды (например, работы И.А.Карлович, И.Е.Карлович, А.И.Карлович, А.В.Петухова) [5, 9].

Все эти знания будут использованы нами при оценке последствий сильных землетрясений в сочетании с ожидаемыми потерями и соответствующими изменениями глобальной экономики.

2. Оценка экономических последствий изменений геологической среды, включая землетрясения. В этой сфере активность мировой научной мысли концентрируется на «точечных», региональных исследованиях статистики экономических потерь, определяемых амплитудами поверхностных волн и вероятностью цунами и т.д. Используются выверенные методы статистики. Оценка экономических последствий носит, как правило, узкопрактический характер. Развитие этого направления представлено в работах В.В.Воронца, О.А.Сахарова, А.М.Уздина, И.Климата, К.Мориты и др. [3, 16, 24]. Более широкие, обобщающие работы, как правило, рассматривают общественные потери с позиций геоэкологии (например, работы В.И.Осипова [8]).

При подготовке авторами серии публикаций по оценке экономических последствий сильных землетрясений именно для мировой экономической системы [1, 10, 14, 27] выяснилось, что таких исследований практически не было. Это связано с отсутствием в новейшей истории (до землетрясения и цунами 11.03.2011 г.) такого геологического события, которое бы заметно в считаемых мировых экономических индикаторах повлияло бы на всю мирохозяйственную систему. Однако последствия землетрясений детально описываются с позиций оценки прямого влияния на природно-технологические системы, регионы, конкретные отрасли экономики. Последствия землетрясения и цунами 11.03.2011 г. представлено в целой серии работ ученых различных стран: В.Купера, Д.Донелли, Р.Джонсона, З.Хадери, Д.Хендерсона и др. [17, 18]. Анализ этих работ показывает, что важнейшей научной задачей до сих пор остается разработка общепринятой методологии оценки стоимости стихийного бедствия, что подчеркивается в работах К.Морита и Ю.Нагаи [24].

Проблема не только в разности подходов и методов оценок, что приводит к различиям в результатах [20, 24], но также в многоаспектности результатов бедствий, функциональной сложности крупных перераспределительных эффектов [17, 22]. Исследования Г.Коматсу, К.Морита, Ю.Нагаи, посвященные экономическим последствиям крупных геологических изменений, в частности событию 11.03.2011 г. вблизи восточного побережья Японии, определяют значительные не только прямые, но и косвенные природные и экономические потери [22, 24]. Это свидетельствует о том, что прямые экономические издержки, т.е. ценовое выражение того, что было повреждено или утрачено в результате землетрясения, не являются достаточными для оценки потенциальной опасности. Именно косвенные эффекты оказывают решающее воздействие на экономику стран, отраслей, определяют динамику экономического роста. Так, еще несколько лет назад в мире постоянно дискутировался вопрос – могут ли в действительности бедствия природного характера являться потенциальным препятствием на пути экономического развития? Анализ динамики ВВП различных стран показал, что стихийные бедствия, действительно, могут привести к негативным последствиям, причем наибольшую опасность представляют не прямые потери, а косвенные, определяемые размером шока, масштабом и быстротой инвестиций на восстановление [22, 26]. Это позволяет нам подчеркнуть необходимость более глубокого понимания экономики стихийных бедствий и предложить несколько перспективных аспектов исследований по данной теме.

Несмотря на непроясненность ряда важных вопросов экономики стихийных бедствий, именно в этой «экономической» компоненте зародились научные исследования, стимулирующие преодоления значительного разрыва между естественными и общественными научными дисциплинами. В нашем случае ценны наработки, увязывающие инженерно-геологические, экологические, общественные процессы, например различные аспекты экологической геологии, экономической географии [7, 8, 24]. Кроме того, в контексте глобальности общественных задач учеными отмечается важность консолидации усилий для решения глобальных проблем человечества, включая реакцию на природные катастрофы [5, 8, 14, 15, 20].

Методологические предпосылки исследования. Анализ литературных источников по теме исследования позволил сделать три важных вывода, значимых для формирования методологических

Рис.1. Землетрясения с магнитудой $M = 6$ и более за период 1973-2018 гг. (а) и $M = 9$ и более за период 1700-2018 гг. (б)
(по данным USGS [25])

предпосылок оценки воздействий ожидаемых землетрясений на экономику: 1) зоны ожидаемых сильных землетрясений и вулканических извержений хорошо известны; 2) нет и не ожидается в ближайшее время разработки и апробации геодинамической модели, позволяющей определить время наступления события; 3) в прогнозе рисков для природно-технологических систем невозможно учесть периодичность геологических изменений, следовательно, и их последствий.

Таким образом, для целей оценки рисков и экономического прогноза влияния землетрясений на мирохозяйственную систему следует анализировать: во-первых, не циклические, а прерывистые, относительно редкие, но регулярные события; во-вторых, под регулярностью понимаются регулярные события относительно памяти человечества, включая особенно ценный период инструментальных на-

блюдений (не более 7 тыс. лет, с особенной концентрацией внимания на последних 150 годах); в-третьих, такие регулярные события, которые приносят существенные изменения для крупных природно-технологических систем, а также значительные экономические потери в региональном или глобальном масштабе.

Результаты исследования. В наших работах [1, 14] проведен анализ сильных землетрясений с магнитудой $M > 8,5$ и их последствий, произошедших в период с 1900 г. Установлено, что из 17 таких землетрясений, шесть приходится на период с 2004 г. по настоящее время. Следовательно, на современный 12-летний период (10,4 % от общего периода в 115 лет) приходится 35 % всех сильных землетрясений. Аналогичная картина наблюдается и для сильнейших землетрясений с магнитудой 9 и выше (рис.1). С 1700 г. по настоящее время на Земле произошло семь таких землетрясений, пять из них – после 1952 г., т.е. на отрезке времени, составляющем 20 %, располагается 71 % сильнейших землетрясений. Отметим, что в случае сильных и сильнейших землетрясений пропуски событий невозможны.

Науки о Земле оперируют сверхдлительными временными диапазонами в плане человеческой жизни, поэтому нельзя говорить об усилении сейсмичности планеты Земля. Однако в общественных науках приведенные данные о сильных и сильнейших землетрясениях свидетельствуют об усилении рисков природно-технологических систем зоны субдукции и территорий, охватываемых вероятными последствиями геологических изменений. Поскольку зоны субдукции проходят вдоль наиболее экономически развитых регионов мира (рис.1), существуют основания говорить об увеличении рисков сейсмичности для региональных и мировой экономик.

Об усилении влияния глобализации, распространяющей эффекты землетрясений для региональных природно-технологических систем, на мировую экономику, свидетельствует анализ экономических последствий землетрясения с $M = 9$ вблизи восточного побережья Японии в марте 2011 г.

Относительная редкость этого события для природно-технологической системы Японии и уникальность события по масштабу влияния на мирохозяйственные процессы обозначают необходимость разработки специфического алгоритма экономической оценки его влияния на мирохозяйственные процессы. В наших исследованиях отработан алгоритм, состоящий из трех блоков [1, 14].

Рис.2. Экспорт и импорт Японии: а – март 2010 – апрель 2011 гг.; б – июнь 2004 – май 2012 гг. [23]

1 – экспорт; 2 – импорт

Первый блок – оценка с позиций экономики Японии в целом. Анализируется динамика национальной валюты Японии относительно доллара США после катастрофы, динамика экспорта и импорта с устранением сезонных колебаний, динамика ВВП Японии.

Отмечены существенные колебания курса йена/доллар в течение двух недель после землетрясения (82,9-78,3 йена/дол.), однако регулирующие усилия правительства Японии удержали курс в рамках сохранения оптимальной рентабельности производства (курс в 2011 г. около 80,5 йена/дол.). Анализ динамики экспорта указал, что глубина его падения в первые два месяца после катастрофы существенно превзошла влияние мирового финансового кризиса 2008-2009 гг., затем в течение года ситуация стабилизировалась практически на «докатастрофическом» уровне (рис.2). Импорт Японии демонстрировал положительную динамику вплоть до начала 2012 г., что объясняется увеличением внешних закупок для восстановления хозяйства страны.

Анализ динамики ВВП Японии показывает, что землетрясение и цунами 11.03.2011 г. вызвали краткосрочное падение ВВП Японии на 3 % (с 517 млрд йен в 4-м квартале 2010 г. до 502 млрд йен во 2-м квартале 2011 г.) (рис.3). Однако уже

Рис.3. Динамика ВВП Японии (по кварталам) в постоянных ценах с удалением сезонной компоненты [30]

к 3-му кварталу 2011 г. ВВП практически достиг уровня 4-го квартала 2010 г. Таким образом, землетрясение 11.03.2011 г. фактически на год задержало восстановление экономики Японии после мирового кризиса 2008 г.

Второй блок – оценка с позиций реакции мировых бирж. В этом блоке анализируется динамика индексов, отражающих состояние фондового рынка Японии (S&P Japan 500), глобального фондового рынка (S&P 1200), рынков Европы (S&P Europe 350), США (S&P 500) и Азии (S&P Asia 50). Анализ показал, что последствия землетрясения существенно и синхронно повлияли на динамику индикаторов всех фондовых рынков. Максимальная глубина падения и наиболее длительный период восстановления ожидаемо продемонстрировали японский (S&P Japan 500) и азиатский (S&P Asia 50) индексы (рис.4).

Третий блок – оценка с позиций реакции отраслей мировой экономики. Анализируются сводный индекс промышленной активности отраслей Японии, американский производственный индекс (PMI Composite), европейский сводный производственный индекс [15, 21].

Катастрофические последствия землетрясения изменили динамику экспорта и импорта (см. рис.2). Резкие темпы падения промышленного производства Японии существенно отразились на производственном индексе США (причина – недопоставки оборудования из Японии для машиностроения США), но практически не повлияли на производство в Европе (рис.5).

Рис.4. Динамика биржевых индексов, отражающих состояние фондовых рынков S&P Japan 500 (1); S&P Asia 50 (2); S&P 500 (3); S&P Europe 350 (4); S&P Global 1200 (5), январь – апрель 2011 г. [28]

Рис.5. Динамика американского (PMI Composite), японского (Industry Activity), европейского (Industrial Production) производственных индексов, январь 2003 – апрель 2011 гг. [30]

1 – США; 2 – Европа; 3 – Япония

Проведенный анализ трех блоков информации позволяет утверждать, что землетрясение 11.03.2011 г. вблизи Японии существенно повлияло не только на региональные рынки, но и на всю мировую хозяйственную систему. Явление глобализации обеспечило реализацию рисков сейсмичности для мирохозяйственных процессов, увеличило экономические потери.

Таким образом, усиление рисков сейсмичности для природно-технологических систем и их последствий для мирохозяйственных процессов подтверждается двумя аргументами: наблюдаемым увеличением количества сильных сейсмических событий в последние десятилетия и влиянием глобализации, распространяющей экономические региональные эффекты сильных землетрясений на мировую экономику.

Все это определяет актуализацию исследований в рамках проблемы оценки воздействий прогнозируемых сильных землетрясений на локальные и глобальные мирохозяйственные процессы. Актуальность включает две важнейшие составляющие. Во-первых, практическую значимость, определяемую прогностическим характером информации. Среди экономистов бытует мнение, что если неизвестно точное время землетрясения, извержения, цунами, то оно не представляет интереса для крупных регионов и мировой экономики, особенно с позиций анализа мировых финансовых потоков. Вместе с тем даже знание о возможности крупной катастрофы позволяет подготовиться к ней, следовательно, минимизировать потери. Во-вторых, научную составляющую, заключающуюся в интеграции естественно-научного и гуманитарного знания.

Обсуждение результатов. Анализ полученных инструментальных данных позволяет говорить об усилении рисков сейсмичности для глобальных экономических процессов. При этом важным является осознание ожидаемых масштабов изменений мировой экономики, например, если точечное событие произойдет вблизи США. Такое событие у северо-западного побережья США уже было в 1970 г. Логично предположить, что воздействие такого землетрясения на мировую экономику будет сильнее во столько раз, во сколько ВВП США больше, чем ВВП Японии.

ВВП США в 2011 г. составлял 15,52 трлн дол., ВВП Японии – 5,91 трлн дол. [23, 28, 30]. Таким образом, потери мировой экономики от аналогичного землетрясения вблизи США были бы в 2,6 раза больше. Значит, если падение глобального индекса S&P Global 1200 в результате землетрясения и цунами вблизи Японии составило 5,7 % (1500,04 – до события, 1413,86 – после события), то произойди аналогичное событие вблизи США, падение составило бы около 15 %. Чем дальше по времени это землетрясение будет отстоять от землетрясения Тахоку, тем больше глобализация будет усиливать потери.

По мере роста уровня глобализации будет усиливаться воздействие сильных землетрясений на мировую экономику с одновременным экспоненциальным ростом потерь. Когда происходит сильнейшее землетрясение в слабо глобализованных природно-технологических системах, на мировой экономике это практически не отражается, несмотря на огромные человечески потери. Примерами служат землетрясение с $M = 9,1$ и цунами, произошедшие в 2004 г. в районе Суматры, и Чилийское землетрясение с $M = 9,5$ в 1960 г. (см. рис.1). Последнее событие является самым сильным землетрясением в истории инструментальных наблюдений. Наибольшие риски для мирохозяйственных процессов несут катастрофы в наиболее развитых регионах мира.

Отдельно отметим влияние землетрясений на национальную экономику России. В целом можно утверждать, что Россия, находящаяся преимущественно в асейсмичной зоне, демонстрирует существенные конкурентные преимущества для размещения производительных сил. Однако в России достаточно большое количество сейсмоопасных территорий: Кавказ и Крым, Алтай, Байкал и Прибайкалье, Курило-Камчатский регион, Сахалин, Магаданская область (комплект карт Общего сейсмического районирования – ОСР-2015). Периферийность этих территорий не снимает важности учета сейсмической опасности: густонаселенные и промышленно развитые южные территории, газопроводы, добыча на шельфе нефти и газа и т.д.

Значимость воздействия сильных землетрясений на глобальную и региональные экономические системы определяет необходимость постановки еще одной задачи – нивелирования рисков. Современная мировая система реагирования на природные катастрофы – это и институты ООН, и система предупреждения об опасности, и система служб в различных странах и т.д. Рассмотрение механизмов реагирования служб различных стран на угрозы землетрясения позволяет выявить проблемы и перспективы развития. Так, в целом отмечается хорошая организация и высо-

кое качество работы МЧС России при ликвидации последствий катастроф, в сфере реагирования при чрезвычайных ситуациях, защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, а также при осуществлении мер по чрезвычайному гуманитарному реагированию, в том числе за пределами Российской Федерации.

Передовой опыт Японии по подготовке и реагированию на стихийные бедствия и техногенные катастрофы широко известен. Землетрясение Тахоку наглядно демонстрирует, что именно быстрота реакции на угрозу цунами позволила минимизировать жертвы (по официальным данным правительства Японии 2018 г. в результате землетрясения и цунами погибло 15896 человек, 2536 человек числятся пропавшими без вести). Волна достигла побережья Японии через 10-30 мин после основного толчка. Менее чем за 2 мин после сигнала о возможном цунами началась эвакуация людей. Таким образом, не только осуществление нормативного регулирования, включая технические регламенты в сфере строительства, учитывающие классы опасности в целях предупреждения и смягчения последствий чрезвычайных ситуаций, но и скорость принятия серии решений во время стихийного бедствия, в частности об эвакуации, являются ключевыми факторами снижения последствия, включая число жертв от катастрофических геологических изменений.

Пример катастрофы, когда можно былократно уменьшить число жертв: сильнейшее землетрясение в Индийском океане 26.01.2004 г., вызвавшее цунами; общее количество погибших от землетрясения и цунами 235 тыс. человек, десятки тысяч пропали без вести. Несмотря на задержку от 50 мин до нескольких часов между землетрясением и ударом цунами, практически для всех прибрежных поселений цунами пришло неожиданно. Причина – отсутствие системы обнаружения цунами в Индийском океане и системы общего оповещения населения прибрежных районов.

В 2006 г. решением ООН такая система была создана, однако последние сейсмические события 2018 г. в этом регионе свидетельствуют о необходимости ее совершенствования, особенно в части системы оповещения населения.

Основные предложения в сфере минимизации последствий сильных землетрясений носят естественный характер: дальнейшее движение по институционализации решения глобальных проблем, вызванных геологическими изменениями; совместное решение мировым научным сообществом комплекса научных и организационных задач совершенствования системы мониторинга и оповещения, позволяющих минимизировать последствия опасных событий.

Заключение. Таким образом, усиление рисков сейсмической активности свидетельствуют о целесообразности дальнейшего развития и детализации исследований в сфере прогнозирования и оценки влияния сильных землетрясений на экономику мира и регионов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов С.В. Землетрясение 11.03.2011 вблизи восточного побережья Японии: последствия для мировой экономики (по данным статистики) / С.В.Баранов, Т.П.Скуфьина // Вопросы статистики. 2011. № 11. С. 64-71.
2. Ботвина Л.Р. Механизм временных вариаций сейсмичности и акустической эмиссии перед макроразрушением / Л.Р.Ботвина, П.Н.Шебалин, И.Б.Опарина // Доклады РАН. 2001. № 4 (37). С. 480-484.
3. Воронец В.В. Оценка статистических характеристик экономического сейсмического риска / В.В.Воронец, О.А.Сахаров, А.М.Уздин // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2000. № 2. С. 6-8.
4. Зоненшайн Л.П. Палеогеодинамика / Л.П.Зоненшайн, М.И.Кузьмин. М.: Наука, 1993. 192 с.
5. Карлович И.А. Роль природных катаклизмов в возврате литогенного и техногенного материала в природу / И.А.Карлович, И.Е.Карлович, А.И.Карлович // Записки Горного института. 2013. Т. 203. С. 46-49.
6. Лодус Е.В. Физическое моделирование энергообмена в массиве горных пород / Е.В.Лодус, Е.В.Гончаров // Записки Горного института. 2010. Т. 185. С. 64-67.
7. Молчан Г.М. Оптимальные стратегии в прогнозе землетрясений. Современные методы интерпретации сейсмологических данных // Вычислительная сейсмология. 1991. № 24. С. 3-19.
8. Осипов В.И. Геоэкология – междисциплинарная наука об экологических проблемах геосфер // Геоэкология. 1993. № 1. С. 4-18.
9. Петухов А.В. Геодинамическая модель образования сероводорода в природных газах и нефтях в процессе импульсного сжатия горных пород при землетрясениях // Записки Горного института. 2010. Т. 188. С. 189-194.
10. Самарина В.П. Проблемы рынка в оценке воздействий изменений геологической среды на локальные мирохозяйственные процессы / В.П.Самарина, П.К.Скуфьин // Кластерные инициативы в формировании прогрессивной структуры национальной экономики: Сборник научных трудов 4-й Международной научно-практической конференции, Юго-Западный государственный университет. Курск. 2018. С. 254-257.

11. *Соболев Г.А.* Физика землетрясений и предвестники / Г.А.Соболев, А.В.Пономарев. М.: Наука, 2003. 270 с.
12. *Allen C.R.* Responsibilities in earthquake prediction // *Bulletin Seismological Society of America*. 1976. Vol. 66. P. 2069-2074.
13. *Baranov S.V.* The aftershock process of the February 21, 2008 Storfjorden strait, Spitsbergen, earthquake // *Journal of Volcanology and Seismology*. 2013. N 3 (7). P. 230-242.
14. *Baranov S.V.* Economic Consequences of Tohoku Earthquake of March 11, 2011 in Japan / S.V.Baranov, T.P.Skufina // *Journal of Civil Engineering and Architecture*. 2014. N 1 (8). P. 29-36.
15. *Cavallo E.* Catastrophic natural disasters and economic growth // *Review of Economics and Statistics*. 2013. N 5 (95). P. 1549-1561.
16. *Climate I.* Mitigating the impact of tsunami debris on coastlines // *IPRC Climate: Newsletter of the International Pacific Research Center*. 2011. P. 26-28.
17. *Cooper W.H.* Japan's 2011 earthquake and tsunami: economic effects and implications for the united states / W.H.Cooper, J.M.Donnelly, R.Johnson // *Analysis*. 2011. N 11. P. 34.
18. *Ghaderi Z.* Japanese tsunami debris and the threat to sustainable tourism in the Hawaiian Islands / Z.Ghaderi, J.C.Henderson // *Tourism Management Perspectives*. 2013. N 8. P. 98-105.
19. *Helmstetter A.* Sub-critical and supercritical regimes in epidemic models of earthquake aftershocks / A.Helmstetter, D.Sornette // *Journal of Geophysical Research*. 2002. N 107 (B10). P. 22-37. Doi:10. 1029/2001JB001580
20. *Henriet F.* Firm-network characteristics and economic robustness to natural disasters / F.Henriet, S.Hallegatte, L.Tabourier // *Journal of Economic Dynamics and Control*. 2012. N 1 (36). P. 150-167.
21. Institute For Supply Management – ISM. URL: <http://www.investopedia.com/terms/i/institute-for-supply-management.asp> (дата обращения 3.11.2018).
22. *Komatsu G.* Effects of tsunami wave erosion on natural landscapes: examples from the 2011 Tohoku-oki Tsunami. *Tsunami Events and Lessons Learned*. Netherlands, Dordrecht: Springer, 2014. P. 243-253.
23. Ministry of Economy, Trade and Industry of Japan. URL: <http://www.meti.go.jp/english/statistics/index.html> (дата обращения 3.11.2018).
24. *Morita K.* Japan Economic Focus, Economic implications of earthquake / K.Morita, Y.Nagai // *Barclays Capital, Japan Economic Research*. Tokyo: Hongo, Bunkyo, 2011. 21 p.
25. Search Earthquake Archives. URL: <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/> (дата обращения 3.12.2018).
26. *Samarina V.P.* Power Efficiency of Russia's Economy: Problems of the Estimation and Increasing Directions / V.P.Samarina, T.P.Skufina, S.V.Baranov // *Actual Problems of Economics*. 2015. N 11 (173). P. 127-136.
27. *Skufina T.* The influence of strong earthquakes on the global economy: facts and assessment / T.Skufina, S.Baranov, V.Samarina // *International Journal of Ecological Economics and Statistics*. 2017. Vol. 38. Iss. 4. P. 108-114.
28. Standard & Poor's. URL: <http://www.standardandpoors.com/indices/main/en/eu> (дата обращения 3.11.2018).
29. Testing earthquake prediction algorithms: Statistically significant advance prediction of the largest earthquakes in the Circum-Pacific 1992-1997 / V.G.Kossobokov, L.L.Romashkova, V.I.Keilis-Borok, J.H.Healy // *Physics of the Earth and Planetary Interiors*. 1999. N 111. P. 187-196.
30. The Federal Reserve Bank of St. Louis. URL: <https://fred.stlouisfed.org/series/JPNRGDPEXP> (дата обращения 3.11.2018).

Авторы: Т.П.Скуфьина, д-р экон. наук, профессор, главный научный сотрудник, skufina@gmail.com (ФГБУН ФИЦ «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Россия), С.В.Баранов, канд. физ.-мат. наук, доцент, ведущий научный сотрудник, bars.vl@gmail.com (Кольский филиал ФГБУН ФИЦ «Единая геофизическая служба Российской академии наук», Апатиты, Россия), В.П.Самарина, д-р экон. наук, доцент, старший научный сотрудник, samarina_vp@mail.ru (ФГБУН ФИЦ «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Россия).

Статья поступила в редакцию 16.11.2018.

Статья принята к публикации 20.06.2019.