

С.В. Бадина<sup>1</sup>, Р.А. Бабкин<sup>2</sup>

## ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТИ НАЛИЧНОГО НАСЕЛЕНИЯ МОСКВЫ К ПРИРОДНЫМ И ТЕХНОГЕННЫМ ОПАСНОСТЯМ

### АННОТАЦИЯ

В данной статье приведена оценка уязвимости населения Москвы к природным и техногенным опасностям с учетом реальной наличной численности населения и его движения в рамках различных временных циклов (суточном и недельно-сезонном). Задействование альтернативных источников сведений, позволяющих получать более подробную информацию о состоянии общественно-географических систем, соотносится с современными международными подходами и соответствует общемировым трендам модификации методических подходов для решения широкого круга задач. В настоящей работе помимо официальных статистических источников были использованы данные операторов сотовой связи, позволяющие с максимальной степенью достоверности охарактеризовать локализацию абонентов в определенный момент времени. Это позволило существенным образом скорректировать и уточнить существующие в настоящий момент представления о распределении населения по территории города Москвы. Была создана серия карт, демонстрирующих плотность населения как ключевой индикатор уязвимости в разрезе муниципальных образований Москвы по данным Росстата и сведениям операторов сотовой связи (на начало 2020 г.). В целях выявления несоответствия данных о статистически учитываемом и реальном наличном населении проведена оценка наличного населения в ареалах потенциального техногенного воздействия ряда опасных предприятий столицы. В результате проведенного исследования было показано, что по уровню природной опасности дифференциация городского пространства менее выражена, нежели по уровню техногенной опасности. Последние ставят под угрозу жизнь и безопасность не только традиционно неблагоприятных в экологическом отношении частей столицы, но и ряда благополучных и престижных районов города. Было установлено, что численность граждан, находящихся в зоне потенциального воздействия наиболее опасных с точки зрения вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций предприятий столицы на протяжении года изменяется в широких пределах: от 0,6 до 1,3 млн человек, что на порядок выше данных официальных документов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** уязвимость населения, природные и техногенные риски, Москва, разновременные пульсации населения, данные сотовых операторов.

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», лаб. региональной политики и региональных инвестиционных процессов, Стремянный пер., 36, 117997, Москва, Россия; Российский университет дружбы народов (РУДН), Аграрно-технологический институт, Миклухо-Маклая, 6, 117198, Москва, Россия; Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН, лаб. анализа и прогнозирования природных и техногенных рисков экономики, Нахимовский проспект, 47, 117418, Москва, Россия; *e-mail*: [bad412@yandex.ru](mailto:bad412@yandex.ru)

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», лаб. региональной политики и региональных инвестиционных процессов, Стремянный пер., 36, 117997, Москва, Россия, *e-mail*: [babkin\\_ra@mail.ru](mailto:babkin_ra@mail.ru)

Svetlana V. Badina<sup>1</sup>, Roman A. Babkin<sup>2</sup>

## ASSESSMENT OF MOSCOW POPULATION VULNERABILITY TO NATURAL AND TECHNOGENIC HAZARDS

### ABSTRACT

This article introduced an assessment of the Moscow population vulnerability to natural and man-made hazards, taking into account the actual population size and its movement within different time cycles (daily and weekly-seasonal). The use of alternative information sources, allowing to obtain more detailed information about the state of socio-geographical systems, correlates with modern international approaches and corresponds to global trends in the methodological approaches modification to solve a wide range of issues. In this work, in addition to official statistical sources, we used data from mobile operators, which make it possible to characterize the localization of subscribers at a certain point in time with the maximum degree of reliability. This made it possible to significantly correct and clarify the currently existing ideas about the distribution of the population over the Moscow city territory. A series of maps has been created that demonstrate population density as a key vulnerability indicator in the context of Moscow municipalities according to Rosstat data and mobile operators information (at the beginning of 2020). In order to identify the discrepancy between the data on the statistically recorded and real existing population, an existing population assessment in the areas of potential technogenic impact of Moscow potentially dangerous enterprises was carried out. As a result of the study, it was shown that in terms of the natural hazard level, urban space differentiation is less pronounced than in terms of the technogenic hazard level. Technogenic hazards endanger the life and safety of not only the traditionally environmentally unfavorable city parts but also a number of prosperous and prestigious districts. It was found that the number of citizens in the zones of the most dangerous enterprises potential impact varies widely throughout the year – from 0.6 to 1.3 million people (on average it is 1 / 10 from all capital residents). These calculated results are much higher than official documents shows.

**KEYWORDS:** population vulnerability, natural and man-made risks, Moscow, pulsations of population, mobile phone data.

### ВВЕДЕНИЕ

Увеличение частоты возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также масштабов их последствий (числа погибших и пострадавших, ущербов, долгосрочных негативных эффектов, влияющих на социально-экономическое развитие), требуют новых научных подходов и методик к оценке рисков и уязвимости граждан. Крупные города и городские агломерации являются территориями повышенной опасности вследствие высокой концентрации населения. При этом использование устоявшихся классических способов получения статистической информации не позволяет получить абсолютно достоверную картину распределения населения по территории города в разные временные периоды, что имеет определяющее

<sup>1</sup> Plekhanov Russian University of Economics, Laboratory of Regional Policy and Regional Investment Processes, Stremyanny lane, 36, 117997, Moscow, Russia; The Peoples' Friendship University of Russia (RUDN), Agrarian and Technological Institute, Miklukho-Maklaya, 6, 117198, Moscow, Russia; Institute of Economic Forecasting Russian Academy of Sciences, laboratory of analysis and forecasting of economy natural and technological risks, Nakhimovsky prospect, 47, 117418, Moscow, Russia; *e-mail: bad412@yandex.ru*

<sup>2</sup> Plekhanov Russian University of Economics, Laboratory of Regional Policy and Regional Investment Processes, Stremyanny lane, 36, 117997, Moscow, Russia; *e-mail: babkin\_ra@mail.ru*

значение для оценки уязвимости и разработки соответствующих количеству наличного населения мер по обеспечению безопасности.

Исследования природных и техногенных рисков социально-экономического развития, в настоящее время широко распространены, что обусловлено высокой степенью их актуальности с учетом повышения частоты проявления природных и техногенных опасностей с одной стороны и величины человеческих жертв и ущербов с другой, что характерно для всех стран и регионов мира [IPCC, 2014; UNDRR, 2019]. В современном междисциплинарном понимании риск – вероятность ущерба и его размер вследствие реализации опасного события. Проблема риска – нахождение способа избежать ошибок при решениях, которые могут повлечь за собой этот ущерб [Порфирьев, 2011]. Исследования природного риска находятся на стыке физической и социально-экономической географии, поскольку риск проявляется только тогда, когда существуют потенциальные прямые и косвенные ущербы для общества и экономики, и большинство катастроф в современном мире принимают природно-техногенный характер. В целом большинство современных исследований в области изучения социально-экономических аспектов географии природного риска сводится к оценке уязвимости населения и экономики к природным опасностям, прогнозированию ущербов [Макарова и др., 2014; Осипов, 2015; Badina, 2020; Narita et al., 2009; Streletskiy et al., 2019]; оценке влияния последствий природных катастроф на территории и отрасли экономики, экономический рост в целом [Токарева, 2015; Cavallo et al., 2010; Hanewinkel et al., 2011]; выявлению экономических механизмов и оценке эффективности инвестиций в снижение потерь и ущерба от неблагоприятных опасных явлений, изучение страхования как инструмента снижения негативных последствий на различных территориях [Порфирьев, 2015, Страхование..., 2016; Kunreuther, 2001], анализу восприятия общественностью различных стран и регионов стихийных бедствий и снижения рисков [Bird, 2009; Haynes et al., 2008; Lujala et al., 2015], изучению региональных особенностей управления рисками, стратегического планирования в области их снижения [Bründl et al., 2009; Zhou et al., 2010] и адаптации к риску [Осипов и др., 2019; Botzen et al., 2019] и др. Отдельно следует выделить исследования, связанные с изучением техногенных и природно-техногенных рисков [Акимов, 2018; Гражданкин, 2011; Cruz et al., 2008].

Особое место занимают исследования, связанные с анализом и прогнозированием природного риска для крупнейших мировых городов и городских агломераций. В центре внимания исследований по данной тематике находятся такие вопросы как: рост городов как фактор усиления риска [Choi, 2016; Garschagen et al., 2015] и уязвимость горожан к природным опасностям [Осипов и др., 2007; Orttung et al., 2020; Roncancio et al., 2016]. В отличие от более мелкомасштабных исследований на уровне стран и регионов, в исследованиях на уровне городов отдается первостепенное внимание именно социальным рискам, рискам для населения, а не экономическим аспектам.

Методы оценки природного риска в настоящее время не унифицированы, они зависят от конкретных исследовательских задач, специфической особенности изучаемой территории и набора рассматриваемых опасностей [Osipov et al., 2017]. В данном исследовании предлагается подход к оценке уязвимости населения крупного города, основанный на определении вероятности нахождения определенного количества людей в определённый интервал времени в определённом месте в достаточно крупном (ячейки 500 на 500 м) масштабе. Источником информации при этом являются данные операторов сотовой связи, позволяющие проследить движение населения и получить в наибольшей степени соответствующее действительности распределение населения по территории города. За последние 5–10 лет было написано значительное число работ по изучению пульсационных процессов в системе расселения Московского региона, в том числе с

использованием данных операторов сотовой связи [Богоров и др., 2013; Махрова и др., 2015, 2016, 2020; Попов и др., 2015]. Также стоит отметить, что с использованием данных сотовых операторов изучались структурно-функциональные сдвиги в расселении под воздействием различных инфраструктурных проектов [Махрова и др., 2020]. В зарубежной практике данные сотовых операторов при анализе расселения нашли применение еще с середины 2000-х гг. К настоящему времени накоплен значительный исследовательский опыт в таких странах как США, Франция, Великобритания, Бельгия, Эстония и многие др. [Ahas etc., 2010; Calabrese, etc., 2013; ESSnet..., 2020]. Предпринимаются попытки интеграции данных сотовых операторов в регулярную статистику. В 2012 г. по заказу Евростата было проведено исследование по оценке возможности использования мобильных данных для получения разнообразной статистической информации [A Study ..., 2014]. Сравнение сведений сотовых операторов с переписью и регистром населения показало их высокую корреляцию, при этом было отмечено, что мобильные данные гораздо более релевантны при анализе динамичных социально-экономических процессов. Среди крупнейших международных проектов с использованием такого рода данных в изучении последствий стихийных бедствий и чрезвычайных ситуаций стоит выделить анализ последствий землетрясения в Республике Гаити в 2011 г., а также работу международного коллектива ученых, изучавших распространение малярии в Кении [Bengtsson et al., 2012; Tizzoni et al., 2014].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью данного исследования является разработка подходов к оценке уязвимости наличного населения Москвы к природным и техногенным опасностям при помощи данных операторов сотовой связи.

Для выполнения поставленной цели были выполнены несколько важных задач. Во-первых, проведен обзор имеющихся в международной и отечественной практике работ по изучению и оценке уязвимости населения при чрезвычайных ситуациях, а также трудов, касающихся использования данных мобильной телефонии для анализа «шоковых» пульсаций населения. Во-вторых, в целях проверки предположения о несоответствии данных о статистически учитываемом и реальном наличном населении проведена оценка наличного населения в ареалах потенциального техногенного воздействия ряда предприятий столицы. В-третьих, обоснована необходимость и намечены подходы к дальнейшей разработке темы, предложены варианты включения данных сотовых операторов в анализ уязвимости населения столицы к природным и техногенным опасностям.

В основу методологического подхода, принятого в данном исследовании, заложено понятие «риска», который является функцией от вероятности возникновения чрезвычайной ситуации и от величины потенциальных последствий для населения, городской экономики и инфраструктуры (материальных ущербов и количества пострадавших людей). Иными словами, представляет собой комбинацию опасности и уязвимости. Поэтому в определяющей степени Московский регион отличается повышенным уровнем рисков, вследствие чрезвычайно высокой плотности и концентрации населения. В основу большинства моделей риска закладывается численность населения, находящаяся в зоне потенциальной опасности (чем выше концентрация населения, тем выше риски при прочих равных условиях). Именно численность населения является ключевым параметром, в дополнение к которому могут быть также использованы такие производные от него переменные как половозрастной состав населения, доля лиц моложе и старше трудоспособного возраста, численность инвалидов и других маломобильных граждан и др. Именно численность населения

территории как ключевая характеристика уязвимости общества к чрезвычайным ситуациям природного и техногенного характера используется в методиках МЧС, связанных с нормативными оценками потребностей населения в средствах первой необходимости в случае чрезвычайных ситуаций, а также при расчете необходимых объемов резервов финансовых и материальных ресурсов. Поэтому так важно понимание именно реально существующего распределения населения по территории Москвы, а не опора на несовершенную и статичную официальную статистическую информацию.

На сегодняшний день официальные статистические данные о распределении населения по территории Москвы весьма приблизительны. Более того, в рамках суточных, недельных и сезонных циклов человеческой жизнедеятельности показатель численности наличного населения претерпевает существенные трансформации, которые практически не учитываются официальной статистикой. Развитие транспортной инфраструктуры, значительное расширение зоны ежедневных маятниковых миграций в Московском регионе, развитие явлений удлинённых циклов трудовой маятниковой миграции – полуотходничества и отходничества<sup>1</sup> существенным образом усложняют динамику населения внутри сложившейся территориальной структуры. Соответственно в ареале вероятной чрезвычайной ситуации природного (техногенного) характера в определенный момент времени может оказаться значительно большее количество людей, чем ожидалось, что способно существенно усложнить проведение спасательных и ликвидационных мероприятий, вызвать нехватку материальных ресурсов и сил, увеличить риски гибели большого числа граждан. В связи с этим важной задачей видится изучение системы расселения и особенностей ее пространственно-временного функционирования.

В качестве ключевого параметра уязвимости будет выступать плотность наличного населения. В предыдущих работах авторов [Baburin *et al.*, 2018; Бабурин *и др.*, 2015, 2019; 2020; Badina, 2018, 2019, 2020] было обоснована рациональность применения плотностных характеристик параметров уязвимости, эмпирически подтверждена зависимость: чем выше концентрация населения и хозяйственной деятельности на территории, тем выше величина ущербов в случае возникновения природных и (или) техногенных опасностей при прочих равных условиях (согласно теореме об умножении вероятностей). Особенно хорошо данная закономерность проявляется для опасностей, имеющих площадной характер воздействия и охватывающих большую территорию. Оценка уязвимости населения Москвы произведена с учетом реальной наличной численности и движения населения в различные периоды времени. Для этого помимо официальных статистических источников задействованы данные операторов сотовой связи, характеризующие локализацию абонентов в определенный момент времени, что позволит существенным образом скорректировать и уточнить существующие в настоящий момент представления о распределении населения по территории города Москвы, а также лучше понять природу пиковых нагрузок на ключевые элементы городской инфраструктуры и вероятные риски «шоковых» пульсаций численности населения в связи с потенциальными чрезвычайными ситуациями.

Информационной базой в настоящем исследовании выступают обезличенные данные операторов сотовой связи («Билайн», «МТС», «Мегафон», «Теле 2») о местах локализации абонентов за 2019 г., предоставленные Департаментом информационных технологий города Москвы. Данные сотовых операторов представляют собой информацию о местонахождении абонентов в течение суток (с временной дробностью 15 минут, а пространственной – ячеек 500 на 500 м), полученные в результате измерения расположения мобильного телефона относительно трех станций сотовой связи. При этом

<sup>1</sup> Форма миграционного поведения, при которой люди, работающие в течение нескольких суток, неделю или месяцев в Москве, периодически возвращаются домой в другой регион.

специалистами Департамента произведено обезличивание и очищение выборки звонков от сигналов модемов, планшетов, телефонов с двумя и более сим-картами. Использование данных сотовых операторов предполагает анализ изменений реальной численности населения на территории Москвы в разрезе сетки 500 на 500 метров и в нескольких ключевых временных срезах, характеризующие суточные и сезонные пульсации численности населения под влиянием маятниковой трудовой, дачно-рекреационной и иных типов мобильности населения.

Ареалы максимального риска определяются по соотношению параметров уязвимости наличного населения и максимальной опасности. По данным ежегодных государственных докладов МЧС России [О состоянии..., 2020] Московский регион отличается повышенной вероятностью возникновения широкого спектра чрезвычайных ситуаций как природного, так и техногенного характера. Кроме того, для столицы высоки риски террористических актов. Информационной базой исследования характеристик природных и техногенных опасностей Москвы послужили данные открытых литературных источников, нормативно-правовых документов, органов государственной власти, государственных докладов «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», Генерального плана города Москвы. К ключевым природным опасностям на территории города можно отнести опасные гидрометеорологические явления [Акимов и др., 2009], опасные инженерно-геологические процессы и явления (в том числе – подтопления (рис. 1)) [Осипов и др., 2010], задымление обширных районов города вследствие массовых лесных и торфяных пожаров в Московской области и др.

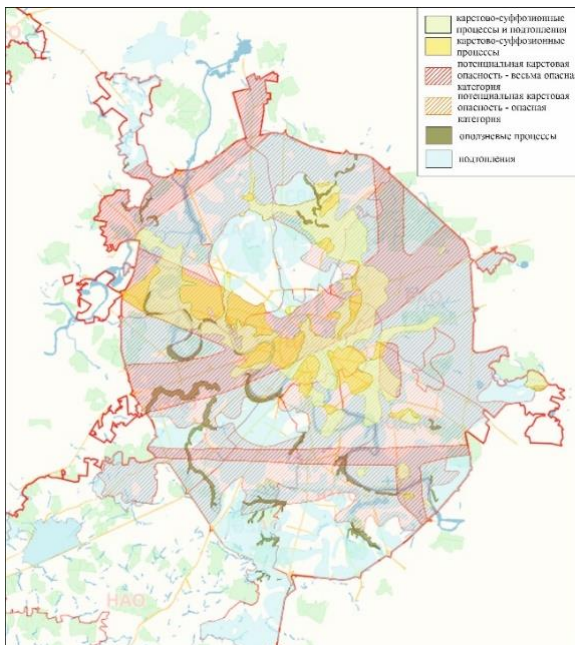


Рис. 1. Зоны распространения опасных геологических процессов  
 Fig. 1. Zones of dangerous geological processes distribution

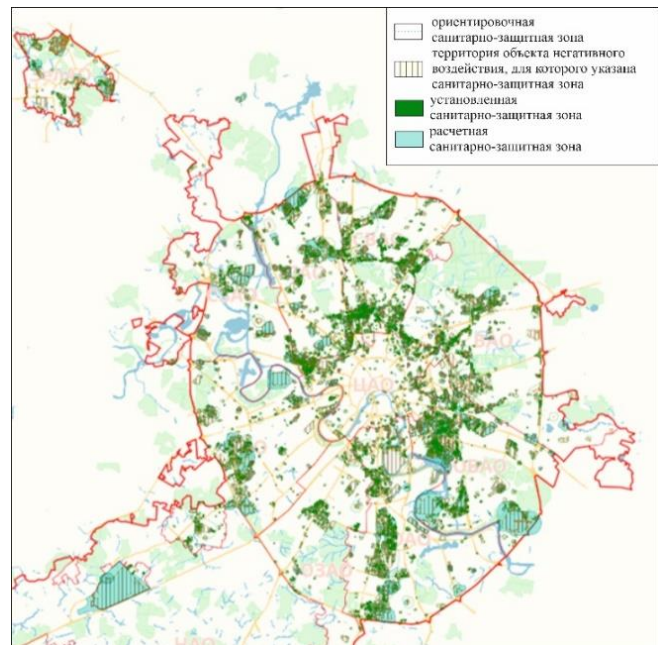


Рис. 2. Санитарно-защитные зоны  
 Fig. 2. Sanitary protection zones

Источник: составлено по данным Интегрированной автоматизированной информационной системы обеспечения градостроительной деятельности города Москвы Source: compiled according to the data of the Integrated Automated Information System for Moscow Urban Planning Activities Supporting

Среди ключевых техногенных опасностей следует выделить техногенные пожары, аварии на объектах электроэнергетики, аварии на железнодорожном и автомобильном транспорте с выбросом опасных веществ и возникновением обширных площадей возгорания, обрушения элементов конструкций зданий и сооружений транспортных коммуникаций и пр.), возникновения зон затопления вследствие разрушения водооградительных устройств на каналах. Особо следует отметить опасности, связанные с потенциально опасными промышленными объектами (взрыво-, химически-, радиационно- и пожароопасными)<sup>1</sup>, учреждениями, работающими с возбудителями высокой патогенности). На территории Москвы расположены 117 потенциально опасных объектов, в том числе 17 радиационно-опасных, 40 химически-опасных, 6 биологически (эпидемиологически) опасных, 54 взрывопожароопасных<sup>2</sup>. Химически опасные объекты Москвы (вероятность аварийных выбросов хлора, аммиака, кислот) в первую очередь представлены предприятиями пищевой промышленности, использующие аммиак в качестве хладагента в холодильных установках и водопроводными станциями, использующими хлор при обеззараживании воды. Несмотря на то, что в настоящее время Мосводоканалом произошел практически полный переход от использования жидкого хлора к гипохлориту натрия, на некоторых предприятиях по-прежнему сохранились аварийные запасы хлора. Аналогичная ситуация и с использованием аммиака: постепенно осуществляется переход на фреон. Однако фреоновое холодильное оборудование требует в 2,5 раза больше электроэнергии, что является существенным барьером, и фреон также нельзя считать абсолютно безопасным. К группе химически опасных объектов также относятся предприятия ключевых и наиболее динамично развивающихся подотраслей химической промышленности Москвы – фармацевтической, парфюмерно-косметической, производства бытовой химии, в производственном цикле которых используется широкий спектр потенциально опасных химических веществ. Радиационная ситуация в г. Москве является стабильной, однако существует вероятность аварий на научно-исследовательских реакторах и установках, использующих радиоактивные вещества с образованием зон радиационного загрязнения [Шапошников, 2009]. К дополнительным факторам повышения уязвимости можно отнести также сокращение вследствие застройки санитарно-защитных зон вокруг потенциально опасных объектов (на рис. 2 отчетливо видно, что установленные санитарно-защитные зоны меньше расчетных по площади и не покрывают полностью или частично ареалы воздействия многих потенциально опасных объектов), физическое старение основных средств производства в промышленности и сфере жизнеобеспечения, падение производственной дисциплины и увеличение в связи с этим числа отклонений от установленных технологических режимов, появление большого количества мелких производителей вне надзорного поля, не всегда достаточная оснащенность промышленных предприятий, объектов городского хозяйства современными системами защиты. Так, по данным Генерального плана Москвы площадь жилых территорий, расположенных в пределах санитарно-защитных зон составляет порядка 1,8 тыс. га, с общим количеством жителей 93,2 тыс. человек. Значительные финансовые средства, которые направлены на предотвращение чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Москве, могут заметно снизить риски, но не свести их к нулю.

<sup>1</sup> Опасные производственные объекты в соответствии с Федеральным законом от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 08.12.2020) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»

<sup>2</sup> Согласно постановлению Правительство Москвы от 23 сентября 2011 г. N 443-ПП об утверждении государственной программы города Москвы «Безопасный город» (в ред. постановлений Правительства Москвы 2012–2019 гг.).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Существующие оценки распределения населения по территории Москвы характеризуются статичностью и не отражают реальную динамику населения города, наблюдаемую в рамках трудовой, учебной, потребительской, культурно-досуговой и рекреационной мобильности. Данные сотовых операторов показывают, что плотность как принятая в данной работе характеристика уязвимости населения городских районов в будний зимний день (время максимального нахождения горожан на своих рабочих местах) претерпевает существенные трансформации в сравнении с будней ночью зимы, когда большая часть жителей города находится дома. Если ночное распределение населения, в целом, соотносится с данными официальной статистики, то днем, в результате масштабных маятниковых миграций в направлении центра столицы искажения становятся весьма существенны. Так, плотность населения районов ЦАО в дневные часы возрастает в три раза, а большинства прилегающих к ЦАО районов, а также высокоаттрактивных районов юго-запада и северо-запада Москвы в 1,5–2 раза. (рис. 3).

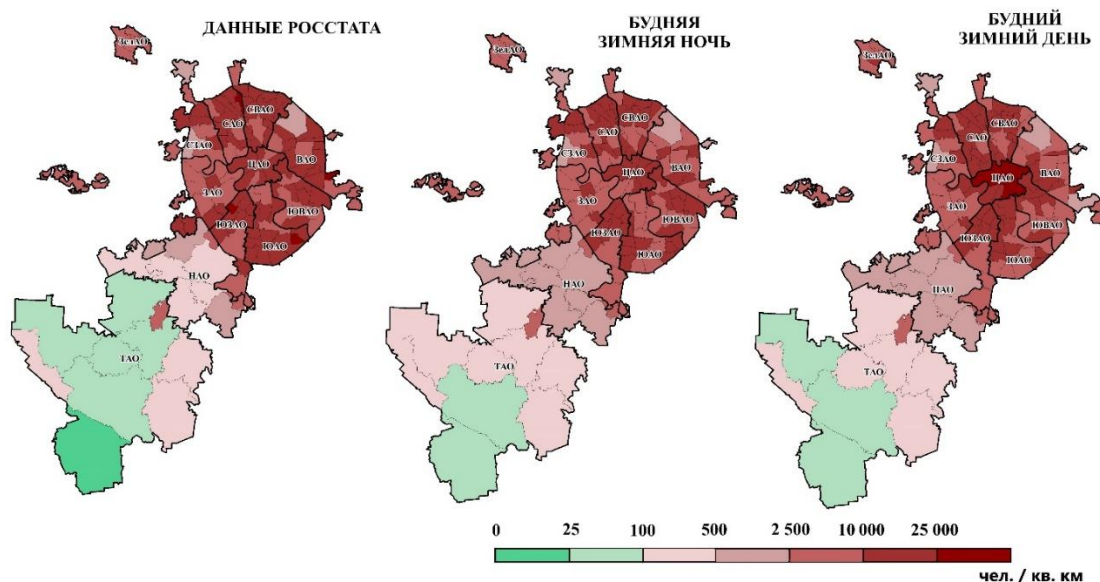


Рис. 3. Плотность населения по муниципальным образованиям Москвы по данным Росстата и сведениям операторов сотовой связи (на начало 2020 г.)

Fig. 3. Population density by Moscow municipalities according to Rosstat data and mobile phone data (as of the beginning of 2020)

Источник: составлено по данным сотовых операторов  
Source: compiled according to the mobile phone data

Не менее серьезные изменения претерпевает система расселения столицы в рамках недельно-сезонных циклов. В выходные дни город, как правило, покидает 0,7–1,0 млн жителей. Еще более значителен «исход» москвичей летом, когда город теряет до трети своего населения (3,0–3,5 млн чел.).

Таким образом, в первом приближении мы можем говорить, что потенциальные последствия чрезвычайных ситуаций наиболее велики в будние дни холодного времени года, когда в зоне поражения находится максимальное число москвичей и значительное количество маятниковых мигрантов из сопредельных регионов (прежде всего, Московской области).



В этом контексте интересно рассмотреть размещение опасных промышленных предприятий в структуре расселения столицы, изменяющейся под влиянием обозначенных центростремительных потоков. Как показано на рис. 4, наиболее опасные промышленные предприятия локализованы на территории столицы, привлекающих население в дневные часы. Соответственно риски в это время здесь наибольшие. Исходя из специфики рассматриваемых потенциально опасных объектов, в данном исследовании был выбран средний радиус опасности равный 1000 м. Радиусы поражения принято рассчитывать с использованием среднестатистических параметров<sup>1</sup>. Так, для аварии на аммиачной холодильной установке зона дискомфорта (малых концентраций) составляет порядка 350 м при модельной аварии и выбросе аммиака [Шемякин и др., 2016], средние модельные радиусы воздействия взрыво- и пожароопасных объектов достигают 1000 м [Ефремов и др., 2011], противопожарные расстояния оцениваются первыми сотнями метров.<sup>2</sup> Санитарный разрыв (рис. 4) определяется минимальным расстоянием от источника вредного воздействия до границы жилой застройки.

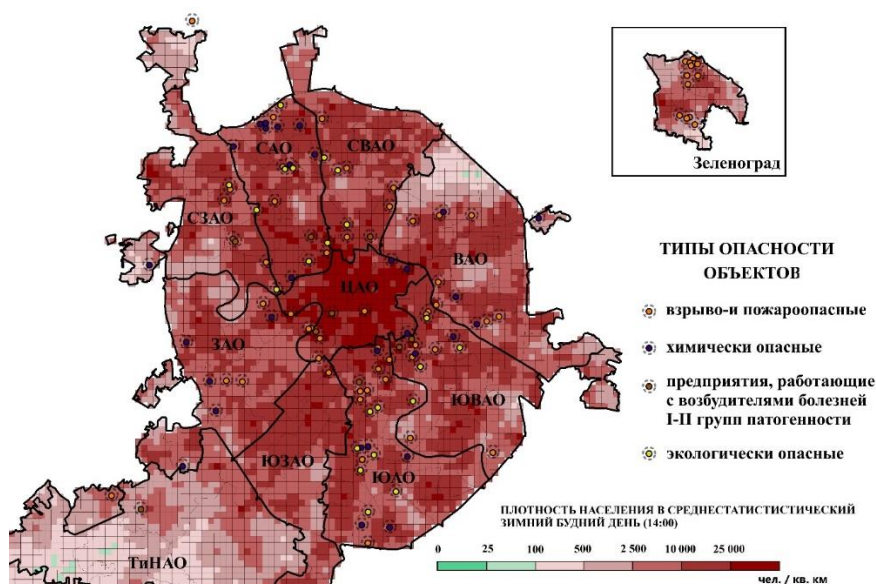


Рис. 4. Локализация особо опасных промышленных объектов на территории Москвы (на начало 2021 г.)

Fig. 4. Localization of particularly dangerous industrial facilities in Moscow (as of the beginning of 2021)

Источник: составлено по данным сотовых операторов  
Source: compiled according to the mobile phone data

Для объектов, их отдельных зданий и сооружений с технологическими процессами, являющимися источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека, в зависимости от мощности, условий эксплуатации, характера и количества выделяемых в окружающую среду загрязняющих веществ создаваемого шума, вибрации и других

<sup>1</sup> Свод правил СП 165.1325800.2014 «Инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне. Актуализированная редакция СНиП 2.01.51–90». Утвержден приказом Министерства строительства и ЖКХ РФ от 12.11.2014 г. №705/ПР; Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности химически опасных производственных объектов».

<sup>2</sup> Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 27.12.2018) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

вредных физических факторов, а также с учетом предусматриваемых мер по уменьшению неблагоприятного влияния их на среду обитания и здоровье человека в соответствии с санитарной классификацией предприятий, производств и объектов устанавливаются следующие размеры санитарно-защитных зон: предприятия первого класса – 1000 м, предприятия второго класса – 500 м, предприятия третьего класса – 300 м, предприятия четвертого класса – 100 м<sup>1</sup>.

По данным сотовых операторов в непосредственной близости к опасным объектам (в радиусе 1000 м) в ночные часы в холодный сезон года находится 850 тыс. москвичей (в летние месяцы меньше – 600–650 тыс. чел.). Днем это число увеличивается в полтора раза до 1,3 млн чел. (летом около 1,0 млн чел.). Таким образом, около 9–12% населения города регулярно находится в зоне повышенного риска в случае возникновения чрезвычайной ситуации. В наибольшей опасности находятся жители Южного, Юго-Восточного и Северного административных округов столицы. На их территории в значительном количестве находятся опасные объекты всех представленных групп, что приводит к необходимости разработки комплексных превентивных мер по предотвращению потенциальных рисков. Меньше всего опасных объектов располагается в Юго-Западном АО, а также в Новой Москве. Остальные округа характеризуются средним числом подобных предприятий. При этом стоит отметить, что на районном уровне картина более пестрая (табл. 1).

*Табл. 1. Районы с наибольшей концентрацией опасных предприятий*  
*Table 1. Areas with the highest concentration of hazardous enterprises*

Число потенциально опасных предприятий	Районы
5 и более	Даниловский, Матушкино
4	Печатники, Нижегородский, Нагатино-Садовники, Головинский, Зап. Дегунино, Крюково, Москворечье-Сабурово
3	Лефортово, Очаково-Матвеевское, Хамовники, Новогиреево, Отрадное, Зап. Бирюлево
2	Филевский парк, Дорогомилово, Беговой, Хорошево-Мневники, Щукино, Покровское-Стрешнево, Южное Тушино, Войковский, Савеловский, Перово, Алексеевский, Вост. Дегунино, Вост. Бирюлево
1	Донской, Южнопортовый, Нагатинский Затон, Раменки, Можайский, Басманный, Красносельский, Марьяна Роща, Замоскворечье, Пресненский, Арбат, Хорошевский, Кунцево, Левобережный, Ростокино, Бутырский, Восточный, Гольяново, Метрогородок, Соколиная Гора, Рязанский, Текстильщики, Дмитровский, Лианозово, Силино, Капотня, Солнцево, Внуково, Внуковское, Сев. Чертаново, Нагорный, Академический, Царицыно, Юж. Бутово

*Источник: составлено по данным открытых информационных источников, официальных сайтов компаний, <https://www.kommersant.ru/doc/517463> Source: compiled from open information sources, official websites of companies, <https://www.kommersant.ru/doc/517463>.*

Из табл. 1 видно, что опасные объекты представляют угрозу как для жителей считающихся неблагополучными районов (Печатники, Зап. и Вост. Бирюлево, Гольяново и т.д.), так и для горожан, проживающих в традиционно весьма экологически безопасных, и даже, престижных частях столицы (Щукино, Дорогомилово, Филевский парк, Раменки и т.д.). Второй особенностью служит тот факт, что половина опасных предприятий

<sup>1</sup> СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.

располагается в зоне вдоль МЦК. Исторически промышленные предприятия создавались в соответствии с транспортно-географическим фактором и тяготеют к железнодорожной (реже автомобильной) инфраструктуре. Эти обстоятельства повышают ценность анализа рисков чрезвычайных ситуаций, поскольку данные территории на сегодняшний день одни из наиболее быстроразвивающихся в Москве: здесь активно ведется жилое и офисно-деловое строительство, кроме того, значительное число людей находится здесь транзитом (в виду наличия крупных транспортно-пересадочных узлов).

В связи с этим авторами видится потребность в корректировке некоторых методик МЧС на основании полученных результатов. Например, согласно методическим рекомендациям МЧС для регионов делается прогноз возможного состояния населения при возникновении чрезвычайной ситуации (численность населения и пострадавшего населения), а также рассчитывается потребность в первоочередных средствах жизнеобеспечения населения и т.д. Существуют строгие нормативы обеспечения населения всем необходимым в случае чрезвычайной ситуации (организация защиты населения от поражающего воздействия при техногенной аварии, обеспечение жителей средствами индивидуальной защиты, предметами первой необходимости, нормы медицинского обеспечения, медикаментами и пр.). Все эти запасы создаются нормативно, в зависимости от потребности каждой территории. Однако, при расчетах учитывается не фактическое, а статистически зарегистрированное население, которое необходимо корректировать в соответствии с реальным распределением населения (взяв за основу максимально возможную людность, которая для ряда центральных и субцентральных районов города будет в 2–4 раза больше статистической).

## **ВЫВОДЫ**

Сложность пространственно-временного функционирования Москвы как крупнейшего центра, участвующего во множестве видов взаимодействия с внешним миром предопределяет постоянные изменения важнейшего социально-экономического показателя – численности населения. Соответственно изменяется и уровень уязвимости общества: потенциальный ущерб в один срез времени может быть в разы меньше, чем в другой. Численность граждан, находящихся в зоне потенциального воздействия наиболее опасных промышленных предприятий столицы на протяжении года изменяется в широких пределах – от 0,6 до 1,3 млн человек и в среднем составляет 1/10 от всех жителей столицы. При этом эти цифры в несколько раз превышают значения, которые встречаются в официальных документах (порядка 100 тыс. чел.).

Разработанный подход к оценке уязвимости, основанный на характеристике реального распределения населения в различные временные срезы показал, что пространственное распределение уровня риска по территории Москвы носит дуалистический характер, сочетая в себе концентрацию и деконцентрацию. Наряду с достаточно равномерным пространственным распределением вероятности природных опасностей по территории города, уровень техногенных рисков более дискретен и зависит от четко локализованных в пространстве объектов. С одной стороны, основная часть потенциально опасных предприятий сосредоточена на Юге и Востоке города и тяготеет к МЦК и некоторым другим транспортным артериям (железным и автомобильным дорогам). С другой – представители специфических форм техногенных угроз, носителями которых служат потомки многих ведущих советских НИИ (вирусо-бактериологическая, химическая и т.д.) зачастую располагаются в весьма населенных и привлекательных для жизни и работы частях города.

Проведенная в работе оценка источников потенциальных техногенных угроз показывает, что в зоне максимального риска находятся жители разных частей Москвы: от старопромышленного Востока до общественно-делового Центра и экологически благопо-

лучного Запада столицы. При этом имеющиеся тенденции пространственного развития города (активная застройка «ржавого» пояса столицы при сохранении большинства потенциально опасных предприятий и открытии новых, в первую очередь – пищевой и фармацевтической, парфюмерно-косметической, химической (бытовая химия) промышленности) свидетельствуют о повышении уровня опасности и необходимости развития систем мониторинга и предотвращения чрезвычайных ситуаций на основе максимально детализированных данных. В связи с этим в качестве информационно-ресурсного источника в числе прочих могут использоваться данные операторов сотовой связи, позволяющие в режиме реального времени отслеживать параметры распределения и мобильности населения. Показанные изменения в расселении характеризуют изменения уровня уязвимости наличного населения Москвы к природным и техногенным опасностям.

В будущем обозначенные подходы могут быть использованы в целях оптимизации территориальной структуры расселения Московского региона с точки зрения снижения уровня риска, а также в целях повышения качества управления рисками (организации превентивных мер, мероприятий по борьбе с чрезвычайными ситуациями и их ликвидацией и пр.). Достоверная картина реального распределения населения по территории города в разные временные периоды позволит сформировать перечень необходимых мероприятий, направленных на предотвращение чрезмерной концентрации населения. Перспективы развития данного направления исследований видятся авторами также в возможности корректировки некоторых методик МЧС на основании полученных результатов (пересчет запасов на случай возникновения чрезвычайных ситуаций, оценка мощности объектов инфраструктуры защиты населения и т.д.).

Таким образом, результаты данной пионерной работы должны стать фундаментом дальнейших, более глубоких исследований, посвященных анализу параметров уязвимости населения к различным чрезвычайным ситуациям и созданию предиктивных моделей «шоковых» пульсаций населения в случае чрезвычайных ситуаций с выработкой соответствующих рекомендаций по их предотвращению и минимизации ущерба для специализированных служб.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Москвы в рамках научного проекта № 21-35-70004.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The research was funded by RFBR and Moscow city Government according to the project 21-35-70004.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Акимов В.А.* Оценка состояния науки в Российской Федерации по вопросам исследования техногенных угроз. Технологии гражданской безопасности. 2018. Т. 15. № 1 (55). С. 4–9.
2. *Акимов В.А., Дурнев Р.А., Соколов Ю.И.* Опасные гидрометеорологические явления на территории России. М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2009. 316 с.
3. *Бабурин В.Л., Бадина С.В.* Прогнозирование ущербов от природных опасностей для туристического кластера «Курорты Северного Кавказа». Устойчивое развитие горных территорий, 2020. Т. 12. № 3 (45). С. 349–356.
4. *Бабурин В.Л., Бадина С.В.* Оценка социально-экономического потенциала территории, подверженной неблагоприятным и опасным природным явлениям. Вестник Московского университета. Серия 5: География, 2015. № 5. С. 9–16.

5. *Бабурин В.Л., Бадина С.В., Деркачева А.А., Сократов С.А., Хисматуллин Т.И., Шныпарков А.Л.* Оценка селевого риска в экономических показателях на примере Сибирского федерального округа. Вестник Московского университета. Серия 5: География, 2019. № 4. С. 3–14.
6. *Бадина С.В.* Оценка вероятных экономических и социальных ущербов от опасных природных процессов на Северо-Западном и Центральном Кавказе. ИнтерКарто. Интер ГИС, 2019. Т. 25. С. 219–228.
7. *Богоров В.Г., Новиков А.В., Серова Е.И.* Самопознание города. Археология периферии (материалы Московского урбанистического форума). М.: Меганом, Институт Strelka, 2013. С. 380–405.
8. *Гражданкин А.И.* Современные опасности крупных промышленных аварий. ВНИИ ГОЧС: вчера, сегодня, завтра. Книга 3 – Научные статьи. Под. общ. ред. В.А. Акимова. М.: ВНИИГОЧС, 2011. С. 293–298.
9. *Ефремов К.В., Лисанов, М.В., Софьин, А.С.* Расчет зон разрушения зданий и сооружений при взрывах топливно-воздушных смесей на опасных производственных объектах. Безопасность труда в промышленности, 2011. Т. 20. № 11. С. 70–77.
10. *Макарова Е.А., Порфирьев Б.Н.* Экономическая оценка ущерба от природных бедствий и катастроф. Вестник Российской академии наук, 2014. Т. 84. № 12. С. 1059–1072.
11. *Махрова А.Г., Нефедова Т.Г., Трейвиш А.И.* Поляризация пространства Центрально-Российского мегалополиса и мобильность населения. Вестник Московского университета. Серия 5. География, 2016. № 5. С.77–85.
12. *Махрова А.Г., Бабкин Р.А., Казаков Э.Э.* Динамика дневного и ночного населения как индикатор структурно-функциональных изменений территории города в зоне влияния Московского центрального кольца с использованием данных операторов сотовой связи. Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право, 2020. Т. 13, № 1. С. 159–179.
13. *Махрова А.Г., Кириллов П.Л.* Сезонная пульсация расселения в Московской агломерации под влиянием дачной и трудовой маятниковой миграции: подходы к изучению и оценка. Региональные исследования, 2015. № 1 (47). С. 117–125.
14. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2019 г.: государственный доклад. М.: МЧС России; ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2020. 259 с.
15. *Осипов В.И.* Урбанизация и природные опасности. Задачи, которые необходимо решать. Геоэкология, 2007. № 1. С. 3–9.
16. *Осипов В.И., Бурова В.Н., Заиканов В.Г., Молодых И.И., Пырченко В.А., Сависько И.С.* Карта крупномасштабного (детального) инженерно-геологического районирования территории г. Москвы. Геоэкология, 2011. № 4. С. 306–318.
17. *Осипов В.И., Аксютин О.Е., Ишков А.Г., Грачёв В.А., Сергеев Д.О.* Адаптация – важнейшая технология освоения субарктических территорий России. Вестник Российской академии наук, 2019. Т. 89. № 1. С. 56–63.
18. *Осипов В.И., Бурова В.Н., Заиканов В.Г., Минакова Т.Б.* Основы оценки уязвимости территорий для опасных природных процессов, определяющих чрезвычайные ситуации (принципы и методические подходы). Геоэкология, 2015. № 3. С. 195–203.
19. *Попов А.А., Куричева Е.К.* Развитие жилищного строительства в 2010-е гг. как фактор трансформации московской агломерации. Региональные исследования, 2015. № 1 (47). С. 104–116.

20. *Порфирьев Б.Н.* Природа и экономика: риски взаимодействия. (Эколого-экономические очерки). Под редакцией академика РАН В.В. Ивантера. М.: Анкил, 2011. 352 с.
21. *Порфирьев Б.Н.* Экономические последствия катастрофического наводнения на Дальнем Востоке в 2013 г. Вестник РАН, 2015. Том 85. №22. С. 128–137.
22. Страхование от чрезвычайных ситуаций. Под общ. ред. С.И. Воронова. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2016. 292 с.
23. *Токарева Е.А.* Организация финансирования последствий природных катастроф в зарубежных странах. Под ред. Л. И. Цветковой. М.: Анкил, 2015. 76 с.
24. *Шапошников А.С.* Анализ эффективности систем мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на примере Москвы. Технологии гражданской безопасности, 2009. Т. 6. №3–4. С. 210–215.
25. *Шемякин А.С., Яковлев С.Ю.* Расчёт зоны поражения для химически опасных объектов. Труды Кольского научного центра РАН, 2016. №6–7 (40). С. 120–131.
26. *Ahas R., Silm S., Järv O., Saluveer E., Tiru M.* Using mobile positioning data to model locations meaningful to users of mobile phones. Journal of Urban Technology, 2010. V. 1 (17). P. 3–27.
27. A Study on Urban Mobility and Dynamic Population Estimation by Using Aggregate Mobile Phone Sources. CSIS Discussion Paper, 2014. No 115. Электронный ресурс: [www.csis.utokyo.ac.jp/dp/115.pdf](http://www.csis.utokyo.ac.jp/dp/115.pdf) (дата обращения 11.02.2021).
28. *Baburin L.V., Tikunov S.V., Badina S.V., Chereshnia O.Yu.* The assessment of socio-economic potential density of arctic territories in Russia. Regional Science Inquiry. 2018. V. 10. No 2. P. 37–44.
29. *Badina S.* Socio-economic potential of municipalities in the context of natural risk (case study – Southern Siberian regions). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2018. V. 190. P. 1–7.
30. *Badina S.V.* Prediction of socioeconomic risks in the cryolithic zone of the Russian Arctic in the context of upcoming climate changes. Studies on Russian Economic Development, 2020. V. 31, No 4. P. 396–403.
31. *Bengtsson L., Lu X., Holme P.* Predictability of population displacement after the 2010 Haiti earthquake. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2012. V. 29 (109). P. 11576–11581.
32. *Bird D.K.* The use of questionnaires for acquiring information on public perception of natural hazards and risk mitigation—a review of current knowledge and practice. Natural Hazards and Earth System Sciences, 2009. T. 9. No 4. P. 1307–1325.
33. *Botzen W. J. W., Bouwer L.M., Scussolini P., Kuik O., Haasnoot M., Lawrence J., Aerts J. C.J.H.* Integrated disaster risk management and adaptation. Loss and damage from climate change. Springer, Cham, 2019. P. 287–315.
34. *Bründl M., Romang H.E., Bischof N., Rheinberger C.M.* The risk concept and its application in natural hazard risk management in Switzerland. Natural Hazards and Earth System Sciences, 2009. T. 9. No 3. P. 801–813.
35. *Calabrese F., Diao M., Lorenzo D., Ferreira J.* Understanding individual mobility patterns from urban sensing data: A mobile phone trace example. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2013. V. 26. P. 301–313.
36. *Cavallo E., Noy I.* The Economics of Natural Disasters. A Survey. Washington: Inter-American Development Bank, 2010. P. 50.
37. *Choi C.* Does economic growth really reduce disaster damages? Index decomposition analysis for the relationship between disaster damages, urbanization and economic gro-

- with and its implications. *International Journal of Urban Sciences*, 2016. T. 20. No 2. P. 188–205.
38. *Cruz A.M., Okada N.* Consideration of natural hazards in the design and risk management of industrial facilities. *Natural hazards*, 2008. T. 44. No 2. P. 213–227.
  39. ESSnet Big Data. 2020. European Commission. Web resource: [www.ec.europa.eu/eurostat/cros/content/essnet-big-data\\_en](http://www.ec.europa.eu/eurostat/cros/content/essnet-big-data_en) (accessed 28.02.2021).
  40. *Garschagen M., Romero-Lankao P.* Exploring the relationships between urbanization trends and climate change vulnerability. *Climatic Change*, 2015. T. 133. No 1. P. 37–52.
  41. *Hanewinkel M., Hummel S., Albrecht A.* Assessing natural hazards in forestry for risk management: a review. *European Journal of Forest Research*, 2011. T. 130. No 3. P. 329–351.
  42. *Haynes K., Barclay J., Pidgeon N.* Whose reality counts? Factors affecting the perception of volcanic risk, *J. Volcanol. Geoth. Res.*, 2008. 172. P. 259–272.
  43. IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, et al.]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 1420 p.
  44. *Kunreuther H.* Mitigation and financial risk management for natural hazards. *The Geneva Papers on Risk and Insurance-Issues and Practice*, 2001. T. 26. No 2. P. 277–296.
  45. *Lujala P., Lein H., Rød J. K.* Climate change, natural hazards, and risk perception: The role of proximity and personal experience. *Local Environment*, 2015. T. 20. No 4. P. 489–509.
  46. *Narita D., Tol R. S. J., Anthoff D.* Damage Costs of Climate Change through Intensification of Tropical Cyclone Activities: An Application of FUND. *Climate Research*, 2009. 39 (2). P. 87–97.
  47. *Ortung R.W., Anisimov O., Badina S., Burns C., Cho L., DiNapoli B., Jull M., Shaiman M., Shapovalova K., Silinsky L., Zhang E., Zhiltcova Y.* Measuring the sustainability of Russia's arctic cities. *Ambio*, 2020. P. 1–15.
  48. *Osipov V.I., Larionov V.N., Burova N.I., Frolova N.I., Sushchev S.P.* Methodology of natural risk assessment in Russia. *Nat Hazards*, 2017. No 88. P. 17–41.
  49. *Roncancio D.J., Nardocci A.C.* Social vulnerability to natural hazards in São Paulo, Brazil. *Natural Hazards*, 2016. T. 84. No 2. P. 1367–1383.
  50. *Streletskiy D., Shiklomanov N., Suter L.* Assessment of the cost of climate change impacts on critical infrastructure in the circumpolar Arctic. *Polar Geography*, 2019. No 42. P. 267–286.
  51. *Tizzoni M., Bajardi P., Decuyper A., Kon Kam King G., Schneider C.M., Blondel V., Smoreda Z., González M.C., Colizza V.* On the use of human mobility proxies for modeling epidemics. *PLoS Comput Biol.*, 2014. V. 7 (10). P. 1–35.
  52. UNDRR (2019): *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction*, Geneva, Switzerland, United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). 425 p.
  53. *Zhou H., Wang J., Wan J., Jia H.* Resilience to natural hazards: a geographic perspective. *Natural hazards*, 2010. T. 53. No 1. P. 21–41.

## REFERENCES

1. A Study on Urban Mobility and Dynamic Population Estimation by Using Aggregate Mobile Phone Sources. CSIS Discussion Paper, 2014. No 115. Электронный ресурс: [www.csis.utokyo.ac.jp/dp/115.pdf](http://www.csis.utokyo.ac.jp/dp/115.pdf) (дата обращения 11.02.2021).
2. *Ahas R., Silm S., Järv O., Saluveer E., Tiru M.* Using mobile positioning data to model locations meaningful to users of mobile phones. *Journal of Urban Technology*, 2010. V. 1 (17). P. 3–27.

3. *Akimov V.A.* Assessment of the state of science in the Russian Federation on the study of technogenic threats. *Civil security technologies*. 2018. V. 15. No 1 (55). P. 4–9 (in Russian).
4. *Akimov V.A., Durnev R.A., Sokolov Yu.I.* Dangerous hydrometeorological phenomena on the territory of Russia. Moscow: FGU VNII GOChS (FC), 2009. 316 p. (in Russian).
5. *Baburin L.V., Tikunov S.V., Badina S.V., Chereshnia O.Yu.* The assessment of socio-economic potential density of arctic territories in Russia. *Regional Science Inquiry*. 2018. V. 10. No 2. P. 37–44.
6. *Baburin V.L., Badina S.V.* Evaluation of the social-economic potential of natural hazard-subjected territories. *Vestnik Moskovskogo Universiteta, Seriya 5: Geografiya*, 2015. No 5. P. 9–16 (in Russian).
7. *Baburin V.L., Badina S.V.* Forecasting of damages from natural hazards for the “Northern Caucasus Resorts” tourist cluster. *Sustainable Development of Mountain Territories*, 2020. V. 12. No 3 (45). S. 349–356 (in Russian).
8. *Baburin V.L., Badina S.V., Derkacheva A.A., Sokratov S.A., Khismatullin T.I., Shnyparkov A.L.* Economic assessment of debris flow risk (Case study of the Siberian federal district). *Vestnik Moskovskogo Universiteta, Seriya 5: Geografiya*, 2019. No 4. P. 3–14 (in Russian).
9. *Badina S.* Socio-economic potential of municipalities in the context of natural risk (case study – Southern Siberian regions). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2018. V. 190. P. 1–7.
10. *Badina S.V.* Assessment of probable economic and social damage from hazardous natural processes in the North-West and Central Caucasus. *INTERCARTO. INTERGIS*, 2019. V. 25. P. 219–228 (in Russian).
11. *Badina S.V.* Prediction of socioeconomic risks in the cryolithic zone of the Russian Arctic in the context of upcoming climate changes. *Studies on Russian Economic Development*, 2020. V. 31. No 4. P. 396–403.
12. *Bengtsson L., Lu X., Holme P.* Predictability of population displacement after the 2010 Haiti earthquake. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2012. V. 29 (109). P. 11576–11581.
13. *Bird D.K.* The use of questionnaires for acquiring information on public perception of natural hazards and risk mitigation – a review of current knowledge and practice. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2009. T. 9. No 4. P. 1307–1325.
14. *Bogorov V.G., Novikov A.V., Serova E.I.* Self-knowledge of the city. *Archeology of the periphery (materials of the Moscow Urban Forum)*. M.: Meganom, Strelka Institute, 2013. P. 380–405 (in Russian).
15. *Botzen W. J. W., Bouwer L.M., Scussolini P., Kuik O., Haasnoot M., Lawrence J., Aerts J. C.J.H.* Integrated disaster risk management and adaptation. *Loss and damage from climate change*. Springer, Cham, 2019. P. 287–315.
16. *Bründl M., Romang H.E., Bischof N., Rheinberger C.M.* The risk concept and its application in natural hazard risk management in Switzerland. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2009. T. 9. No 3. P. 801–813.
17. *Calabrese F., Diao M., Lorenzo D., Ferreira J.* Understanding individual mobility patterns from urban sensing data: A mobile phone trace example. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2013. V. 26. P. 301–313.
18. *Cavallo E., Noy I.* *The Economics of Natural Disasters. A Survey*. Washington: Inter-American Development Bank, 2010. P. 50.
19. *Choi C.* Does economic growth really reduce disaster damages? Index decomposition analysis for the relationship between disaster damages, urbanization and economic



- growth and its implications. *International Journal of Urban Sciences*, 2016. T. 20. No 2. P. 188–205.
20. *Cruz A.M., Okada N.* Consideration of natural hazards in the design and risk management of industrial facilities. *Natural hazards*, 2008. T. 44. No 2. P. 213–227.
  21. *Efremov K.V., Lisanov, M.V., Sofin, A.S.* Calculation of zones of destruction of buildings and structures during explosions of fuel-air mixtures at hazardous production facilities. *Labor safety in industry*, 2011. T. 20. No 11. P. 70–77 (in Russian).
  22. ESSnet Big Data. 2020. European Commission. Web resource: [www.ec.europa.eu/eurostat/cros/content/essnet-big-data\\_en](http://www.ec.europa.eu/eurostat/cros/content/essnet-big-data_en) (accessed 28.02.2021).
  23. *Garschagen M., Romero-Lankao P.* Exploring the relationships between urbanization trends and climate change vulnerability. *Climatic Change*, 2015. T. 133. No 1. P. 37–52.
  24. *Grazhdankin A.I.* Modern hazards of major industrial accidents. *VNII GOCHS: yesterday, today, tomorrow. Book 3 – Scientific articles*. Ed. V.A. Akimov. M.: VNIIGOCHS, 2011. P. 293–298 (in Russian).
  25. *Hanewinkel M., Hummel S., Albrecht A.* Assessing natural hazards in forestry for risk management: a review. *European Journal of Forest Research*, 2011. T. 130. No 3. P. 329–351.
  26. *Haynes K., Barclay J., Pidgeon N.* Whose reality counts? Factors affecting the perception of volcanic risk, *J. Volcanol. Geoth. Res.*, 2008. 172. P. 259–272.
  27. Insurance against emergencies. Under total. ed. S.I. Voronova. Moscow: FGBU VNII GOChS (FC), 2016. 292 p. (in Russian).
  28. IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona et al.]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 1420 p.
  29. *Kunreuther H.* Mitigation and financial risk management for natural hazards. *The Geneva Papers on Risk and Insurance-Issues and Practice*, 2001. T. 26. No 2. P. 277–296.
  30. *Lujala P., Lein H., Rød J. K.* Climate change, natural hazards, and risk perception: The role of proximity and personal experience. *Local Environment*, 2015. T. 20. No 4. P. 489–509.
  31. *Makarova E.A., Porfiriev B.N.* Economic assessment of damage from natural disasters and catastrophes. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, 2014. T. 84. No 12. P. 1059–1072 (in Russian).
  32. *Makhrova A.G., Babkin R.A., Kazakov E.E.* Dynamics of the daytime and nighttime population as an indicator of structural and functional changes in the territory of the city in the zone of influence of the Moscow Central Ring using data from mobile operators. *The contours of global transformations: politics, economics, law*, 2020. V. 13. No 1. P. 159–179 (in Russian).
  33. *Makhrova A.G., Kirillov P.L.* Seasonal pulsation of settlement in the Moscow agglomeration under the influence of dacha and labor pendulum migration: approaches to the study and assessment. *Regional Studies*, 2015. No 1 (47). P. 117–125 (in Russian).
  34. *Makhrova A.G., Nefedova T.G., Treivish A.I.* Polarization of the space of the Central Russian megalopolis and population mobility. *Vestnik Moskovskogo Universiteta, Seriya 5: Geografiya*, 2016. No 5. P. 77–85 (in Russian).
  35. *Narita D., Tol R. S. J., Anthoff D.* Damage Costs of Climate Change through Intensification of Tropical Cyclone Activities: An Application of FUND. *Climate Research*, 2009. 39 (2). P. 87–97.
  36. On the state of protection of the population and territories of the Russian Federation from natural and man-made emergencies in 2019: state report. M.: EMERCOM of Russia; FGBU VNII GOChS (FC), 2020. 259 p. (in Russian).

37. *Orttung R.W., Anisimov O., Badina S., Burns C., Cho L., DiNapoli B., Jull M., Shaiman M., Shapovalova K., Silinsky L., Zhang E., Zhiltcova Y.* Measuring the sustainability of Russia's arctic cities. *Ambio*, 2020. P. 1–15.
38. *Osipov V.I.* Urbanization and natural hazards. Tasks to be solved. *Geoecology*, 2007. No 1. P. 3–9 (in Russian).
39. *Osipov V.I., Aksyutin O.E., Ishkov A.G., Grachev V.A., Sergeev D.O.* Adaptation is the most important technology for the development of the Russian subarctic territories. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, 2019. T. 89. No 1. P. 56–63 (in Russian).
40. *Osipov V.I., Burova V.N., Zaikanov V.G., Minakova T.B.* Basics for assessing the vulnerability of territories to hazardous natural processes that determine emergency situations (principles and methodological approaches). *Geoecology*, 2015. No 3. P. 195–203 (in Russian).
41. *Osipov V.I., Burova V.N., Zaikanov V.G., Molodykh I.I., Pyrchenko V.A., Savisko I.S.* Map of large-scale (detailed) engineering-geological zoning of the territory of Moscow. *Geoecology*, 2011. No 4. P. 306–318 (in Russian).
42. *Osipov V.I., Larionov V.N., Burova N.I., Frolova N.I., Sushchev S.P.* Methodology of natural risk assessment in Russia. *Nat Hazards*, 2017. No 88. P. 17–41.
43. *Popov A.A., Kuricheva E.K.* Development of housing construction in the 2010s as a factor in the transformation of the Moscow agglomeration. *Regional Studies*, 2015. No 1 (47). P. 104–116 (in Russian).
44. *Porfiriev B.N.* Economic consequences of the catastrophic flood in the Far East in 2013. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, 2015. V. 85. No 22. P. 128–137 (in Russian).
45. *Porfiriev B.N.* Nature and economics: risks of interaction. (Ecological and economic essays). Edited by Academician V.V. Ivanter. Moscow: Ankil, 2011. 352 p. (in Russian).
46. *Roncancio D.J., Nardocci A.C.* Social vulnerability to natural hazards in São Paulo, Brazil. *Natural Hazards*, 2016. T. 84. No 2. P. 1367–1383.
47. *Shaposhnikov A.S.* Analysis of the effectiveness of monitoring and forecasting systems for natural and man-made emergencies using the example of Moscow. *Civil Security Technologies*, 2009. V. 6. No 3–4. P. 210–215 (in Russian).
48. *Shemyakin A.S., Yakovlev S.Yu.* Calculation of the affected area for chemically hazardous objects. *Proceedings of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2016. No 6–7 (40). P. 120–131 (in Russian).
49. *Streletskiy D., Shiklomanov N., Suter L.* Assessment of the cost of climate change impacts on critical infrastructure in the circumpolar Arctic. *Polar Geography*, 2019. No 42. P. 267–286.
50. *Tizzoni M., Bajardi P., Decuyper A., Kon Kam King G., Schneider C.M., Blondel V., Smoreda Z., González M.C., Colizza V.* On the use of human mobility proxies for modeling epidemics. *PLoS Comput Biol.*, 2014. V. 7 (10). P. 1–35.
51. *Tokareva E.A.* Organization of financing of the consequences of natural disasters in foreign countries. Ed. L.I. Tsvetkova. Moscow: Ankil, 2015. 76 p. (in Russian).
52. UNDRR (2019): *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction*, Geneva, Switzerland, United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). 425 p.
53. *Zhou H., Wang J., Wan J., Jia H.* Resilience to natural hazards: a geographic perspective. *Natural hazards*, 2010. T. 53. No 1. P. 21–41.