

ОБЩЕСТВЕННЫЕ ФИНАНСЫ, СТРАХОВОЕ И БАНКОВСКОЕ ДЕЛО

УДК: 330.34+368.01:616-036.21
JEL: B40; C10; G22; I13; O33

Исследования рисков биологических угроз: сравнительный анализ подходов и роль страхования*

С. А. Белозёров, Е. В. Соколовская, А. А. Фаизова

Санкт-Петербургский государственный университет,
Российская Федерация, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7–9

Для цитирования: Белозёров С. А., Соколовская Е. В., Фаизова А. А. (2021) Исследования рисков биологических угроз: сравнительный анализ подходов и роль страхования. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*. Т. 37. Вып. 2. С. 344–367.
<https://doi.org/10.21638/spbu05.2021.207>

Пандемия нового коронавирусного заболевания (COVID-19) оказывает огромное влияние на мировую экономику, значительно затрагивая функционирование всех ее отраслей. В этой связи особую актуальность приобретает поиск путей минимизации отрицательных последствий подобных рисков. В статье представлены результаты систематического анализа научных публикаций ведущих зарубежных и российских авторов, посвященных различным аспектам рисков, возникающих вследствие вирусных угроз, а также способам снижения негативных последствий их реализации. В частности, рассмотрены исследования, оценивающие влияние на экономику различных факторов, возникающих во время и после эпидемий. Анализ публикаций показал, что исследователями в качестве таких факторов выделяются: 1) социальная система государства; 2) расходы правительства на борьбу с эпидемией; 3) роль международных организаций в борьбе с эпидемиями в отдельных странах. Далее проанализированы представленные в литературе подходы к построению моделей, описывающих распространение биологических угроз, отраженные в публикациях представителей различных научных областей, в частности медицинского и экономико-математического, в том числе актуарного, моделирования. Рассмотрены три подхода к моделированию развития инфекционных заболеваний, отличающихся как по используемому аппарату, так и по преимущественной области применения соответствующих моделей. Особое внимание уделено вкладу, который могут внести научные исследования в области

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-010-00785 «Цифровые финансовые технологии как фактор развития страхового рынка в РФ».

страхования в разработку новых теоретических подходов нивелирования негативных экономических последствий COVID-19. Авторами выделяются три направления: 1) использование актуарных моделей для анализа и оценки рисков биологических угроз; 2) применение релевантных страховых продуктов на страховом рынке как инструмент управления рисками эпидемий, предоставляющий финансовую защиту; 3) использование инновационных технологий при оказании страховой услуги (InsurTech).

Ключевые слова: биологическая угроза, COVID-19, систематический анализ, минимизация ущерба, экономико-математическое моделирование, страхование, страховой рынок, страховой продукт, InsurTech.

Введение

Глобальной проблемой человечества является обеспечение его приспособляемости к постоянно меняющемуся социально-экономическому пространству жизнедеятельности. Современный мир ускоряет процессы, приводящие к радикальному изменению условий и образа жизни людей, заставляя находить наиболее адекватные с их точки зрения стратегии поведения. При этом спонтанно возникают новые угрозы, такие как экономические кризисы, распространение вирусных эпидемий или природные катаклизмы, меняющие социальные и психологические установки в поведении людей. Это не может не отражаться на функционировании экономики в целом и ее отраслей в частности.

На сегодняшний день мировое сообщество столкнулось с беспрецедентной пандемией нового коронавирусного заболевания (COVID-19), которая является глобальной биологической угрозой, оказывающей негативное влияние на всю мировую экономику. Эта болезнь распространилась по всему миру и, несмотря на предпринимаемые усилия по ее сдерживанию, продолжает распространяться, являясь источником систематического риска. До сих пор невозможно оценить все негативные последствия, которые реализуются для экономики каждой страны. Масштабы пандемии требуют, помимо научных исследований и работы в области медицины, использования всех имеющихся в мире систем знаний и достижений различных научных школ для поиска путей минимизации отрицательного влияния COVID-19.

Целью данной статьи является систематизация публикаций отечественных и зарубежных авторов, посвященных различным аспектам анализа рисков, причиной возникновения которых являются вирусные угрозы, оценке способов снижения негативных последствий пандемии, а также оценке научных исследований в области страхования, способных внести вклад в формирование новых теоретических подходов к разработке способов борьбы с экономическими последствиями пандемии.

Систематизация позволит не только установить основные типы подходов и классы моделей, которые используются на сегодняшний день, при оценке рисков эпидемий, недостатки и преимущества моделей как инструмента, используемого для анализа рисков, возникающих по причине распространения вирусной угрозы, но и определить, в какой мере используемые модели применимы для целей актуарных расчетов, могут ли модели, применяемые для актуарных расчетов, использоваться в чрезвычайных эпидемиологических условиях. Дальнейшие теоретические и прикладные исследования на основе предложенной систематизации, на наш

взгляд, могут стать основой разработки страховых услуг и продуктов, способствующих минимизации негативных финансовых последствий эпидемий.

1. Методология исследования

В контексте современной классификации научных обзорных статей [Noguchi, 2006] данная работа представляет собой обзор в исторической перспективе (history review) с элементами анализа современного состояния (status quo review).

Данное исследование непосредственно основано на использовании методологии систематического обзора литературы (systematic literature review) для анализа экономических явлений и процессов. Предпосылкой его применения в данной статье послужили работы [Pilbeam, Alvarez, Wilson, 2012; Durach, Kembro, Wieland, 2017].

Методология систематического обзора в соответствии с целью данного исследования включает следующие этапы.

1. Определение «базовой выборки» (baseline simple) публикаций как результата поиска по ключевым словам в базах данных Web of Science, Scopus, РИНЦ, SSRN, EBSCO, Ideas RePec, Google Scholar, издательствах Cambridge University Press, Routledge, De Gruyter JSTOR, Springer, Taylor & Francis.
2. Определение «релевантной выборки» (synthesis sample) на основании разработанных авторами критериев включения/невключения публикаций в процесс последующего анализа. С учетом тематики статьи авторами определены следующие основные критерии включения публикаций в релевантную выборку:
 - Тип публикации. Для обеспечения качества рассматриваемой публикации в выборку включаются: публикации в рецензируемом (peer-reviewed) научном журнале; публикации под грифом правительственной организации; монографии, отдельные главы монографий; публикации в сборниках конференций, препринты (working papers). Не включаются: рецензии, отзывы редакции (editorial comments), тексты СМИ и т. д.
 - Характер публикации. Включаются обзорные, общетеоретические и эмпирические статьи.
 - Междисциплинарность. Включаются статьи, анализирующие риски биологических угроз с использованием инструментария математического моделирования в медицине и экономике, в том числе страховании.
3. Синтез публикаций «релевантной выборки» согласно указанным направлениям:
 - влияние различных факторов на последствия эпидемий для экономики;
 - моделирование рисков биологических угроз;
 - исследование роли страхования в минимизации рисков биологических угроз.
4. Формирование общих выводов, полученных по результатам исследования. Данный этап предполагает представление результатов с помощью средств сравнительного анализа и графического анализа данных.

2. Подходы к исследованию рисков биологических угроз

В настоящее время появляется большое количество исследований о влиянии пандемии COVID-19 на мировую и национальные экономики, различные рынки и т. д. Однако с учетом ограниченного количества времени для их проведения и отсутствия результатов, позволяющих делать релевантные выводы, опубликованные работы фокусируются прежде всего на проблемах информирования населения о рисках (risk communication) и восприятия обществом эпидемиологических рисков (см., например: [Brown, 2020]), а также на проблемах дезинформации населения при пандемиях (см., например: [Frenkel, Alba, Zhong, 2020]). К. Вонг и О. Дженсен исследовали взаимосвязь между доверием правительству, восприятием риска и государственной дисциплиной (законопослушанием, public compliance) в Сингапуре в январе — апреле 2020 г. в период эпидемии COVID-19 в стране [Wong, Jensen, 2020]¹. При попытке оценить ответ общества на информирование государством о рисках ученые пришли к выводу, что большинство респондентов придерживались позиции «преуменьшения важности» (defensive pessimism) рисков. Основные методы данных исследований включают анализ медиаконтента, анализ информации социальных сетей, результаты опросов фокус-групп. Важность государственной политики как инструмента обеспечения психологического здоровья населения в период эпидемии COVID-19 подчеркивается в исследовании [Labana, 2020]. Мероприятия, направленные на минимизацию негативных последствий COVID-19 для экономики и общества, сформулированные Центром бюджетных и политических приоритетов США (Center on Budget and Policy Priorities), затрагивают и сферу страхования [Wagner, 2020]. Они касаются прежде всего государственной поддержки безработных — однако в документах на данном этапе декларируется только необходимость модернизации системы страхования на случай безработицы.

Стоит отметить, что пандемия COVID-19 не первая биологическая угроза, с которой столкнулось человечество. Изучение влияния других эпидемий на мировую и национальную экономику позволит экстраполировать исторический опыт для выработки эффективных решений, способствующих минимизации рисков и преодолению негативных последствий. Одним из первых комплексных исследований, посвященных данной теме, стала работа [Ainsworth, Over, 1992], в которой авторы разделили влияние эпидемий на экономику на три стадии: 1) первоначальный шок от болезней и смертей отдельных людей; 2) инициирование стратегий адаптации (стратегий преодоления, coping strategies) отдельными экономическими агентами как ответная реакция; 3) определение чистого влияния (net outcomes) на благосостояние в зависимости от успеха/провала стратегий адаптации и определение влияния эпидемии на национальную экономику. Данный подход включает как микроэкономические аспекты — влияние на домашние хозяйства и фирмы, так и макроэкономические — определение влияния на экономику страны в целом.

Теоретические исследования, касающиеся взаимосвязи вспышек эпидемий и социально-экономических и политических процессов (с точки зрения антропологии), взаимосвязи эффективной системы здравоохранения и социально-эконо-

¹ См. также: *Novel Coronavirus (2019-nCoV)*. (2020) World Health Organization Situation report no. 13. 7 p.

мического прогресса, а также экосистемы общественного здравоохранения, представлены в работах [Van Leeuwen et al., 1999; Arya et al., 2009; Frieden, Henning, 2009; Lynteris, 2014]. Распределение ресурсов государства, направляемых на противоэпидемические мероприятия (карантин, изоляция и т. д.) рассматривал П. Коэн [Koehn, 2017].

Эпидемия HIV/AIDS обусловила необходимость эмпирических исследований оценки влияния эпидемий на экономику страны. Среди работ, посвященных этой теме, как наиболее комплексную следует отметить [Lewis, 2001]. Автор выявил ключевую роль правительства в определении, измерении и решении проблем роста инфекционных заболеваний. По мнению автора, воздействие эпидемии на экономику может быть измерено как изменение темпов экономического роста (темпов роста ВВП). Среди других исследований влияния эпидемии HIV/AIDS на экономику для отдельных стран и регионов мира следует отметить работы [Over, 1992; Муо, 1993; Bloom, Mahal, 1997; van Aardt, 2002; Ajay, 2004; Haacker, 2011]. Исследования Р. Барро и др. [Barro, Ursúa, 2008; Barro, Ursúa, Weng, 2020], анализирующие влияние пандемии «испанского гриппа» (начало XX века) на ключевые макроэкономические показатели 42 стран мира, позволили заключить, что пандемия послужила причиной падения ВВП и уровня потребления на дополнительные 6 и 8% соответственно — это сравнимо с ухудшением макроэкономической ситуации в период глобального финансового кризиса 2008–2009 гг.

Изменение расходов государства на здравоохранение в периоды вспышки SARS («атипичная пневмония», SARS-CoV) в 2003 г., H1N1 в 2009 г. и лихорадки Эбола в 2014 г. на примере США, Японии и Швейцарии рассмотрено в исследовании М. Бурье и др. [Bourrier, Brender, Burton-Jeangros, 2019] Авторы характеризуют опыт реагирования на чрезвычайные ситуации в области здравоохранения и предлагают пути улучшения, и, в частности, настаивают на едином, комплексном подходе к вопросам финансирования, организационных стратегий и информирования о рисках. Следует отметить, что в данной работе особая роль отводится страховщикам как контрагентам государства во взаимодействии при эпидемиях, что характерно для системы здравоохранения США. Этот опыт может быть распространен и на российскую практику в рамках системы обязательного медицинского страхования.

Ряд исследований посвящен анализу роли международных организаций здравоохранения, прежде всего Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в предотвращении развития эпидемий и пандемий, а также управления эпидемическими рисками. Роль ВОЗ и Всемирной организации по охране здоровья животных в вызовах, генерируемых новыми инфекционными заболеваниями, рассматривалась в исследовании [Figuié, 2014] на примере эпидемии «птичьего гриппа» H5N1. Функции и роль ВОЗ в предотвращении эпидемий, а также в регулировании возникших эпидемий (на примере пандемии SARS), рассмотрены в работе [Dry, Leach, 2010]. Авторы, исследуя реакцию этих институтов на новые инфекционные заболевания, приходят к выводу о необходимости формирования альтернативной парадигмы управления рисками, основанной на профилактике (превентивных мерах), прозрачности и участии общественности.

На рис. 1 представлены основные репрезентативные исследования, анализирующие влияние различных факторов на последствия эпидемий для экономики страны.

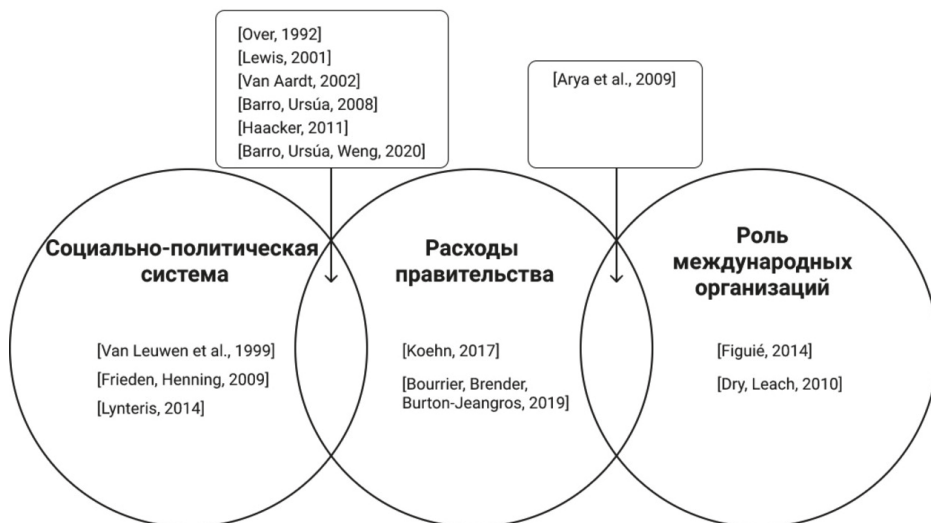


Рис. 1. Исследования, анализирующие влияние различных факторов на последствия эпидемий для экономики

Таким образом, среди основных факторов, которые влияли на последствия эпидемий для экономики, чаще всего анализировались: 1) социальная система страны в целом (прежде всего здравоохранение); 2) расходы правительства на борьбу с эпидемией; 3) роль международных организаций — ВОЗ и Всемирной организации по охране здоровья животных — в борьбе с эпидемиями в отдельных странах.

Для эффективного управления рисками в условиях пандемии необходим инструментарий, позволяющий прогнозировать развитие эпидемий и их последствий, в том числе с использованием экономико-математического моделирования. Несмотря на незначительное количество на данный момент публикаций, посвященных методам, позволяющим строить прогноз распространения эпидемии COVID-19, для построения подобных моделей можно использовать опыт актуарного моделирования рисков заболеваемости и смертности, а также теоретические результаты, полученные учеными при моделировании вспышек других болезней. Использование математических моделей для анализа данных об инфекционных заболеваниях берет свое начало с работы [Bernoulli, 1760], которая была представлена в докладе, сделанном в Королевской академии наук в Париже и посвященном распространению эпидемии черной оспы. В этой работе впервые была введена модель с двумя состояниями, положившая начало развитию подхода, использующего модели с несколькими состояниями (multiple-state approach) для описания процессов заболеваемости и смертности популяции в силу разных причин. Бернулли применял таблицы смертности, предложенные Галлеем, а позже сконструировал свои, учитывающие выбытие по двум причинам. С помощью этих таблиц он приблизительно оценил количество людей, которые когда-либо болели оспой. В течение следующих ста лет было опубликовано еще несколько исследований, посвященных использованию модели с двумя состояниями для решения подобных задач, большинство из которых имеет актуарную тематику, что связано с прикладной значимостью моделирования инфекционных заболеваний для страхования.

Подход на основе моделей с несколькими состояниями (multiple-state approach), согласно которому моделируемое население рассматривается как совокупность отдельных классов (state), каждый из которых обладает различными характеристиками по отношению к заболеванию, получил широкое применение в страховой математике. Он позволил не только смоделировать риски заболеваемости и смертности в результате эпидемий, но и охарактеризовать параметры соответствующих договоров страхования жизни и здоровья. Использование модели с тремя состояниями для описания процессов заболеваемости, выздоровления и смертности было впервые предложено Л. Дю Паскье [Du Pasquier, 1912; 1913]. В своих работах он не только описал возможность применения подобной модели для описания страхования здоровья, но и вывел уравнения, задающие вероятности заболеваемости. Среди работ, посвященных применению моделей с несколькими состояниями в математике страхования, необходимо также упомянуть монографию [Haberman, Pitacco, 1999]. Необходимо отметить и работы российских исследователей С. Р. Абдюшевой и С. И. Спивака [Спивак, Абдюшева, 2007], В. Н. Баскакова и соавторов [Баскаков и др., 2001], А. А. Кудрявцева [Кудрявцев, Вдовина, 2010], А. А. Фаизовой [Фаизова, 2015; 2018] и др.

Среди работ, анализирующих распространение эпидемий с помощью математического аппарата, стоит отметить исследование У. Фарра [Farr, 1840], в котором предпринята попытка количественно определить темпы распространения эпидемии черной оспы 1837–1839 гг. в Англии и Уэльсе с применением методов экономико-математического моделирования. В частности, он предположил, что данные смертности от оспы описываются нормальным распределением. Исследования подобных реакций этих институтов на новые инфекционные заболевания были продолжены, когда появилась возможность исследовать генезис и распространение заболеваний в лабораторных условиях. В частности, М. Гринвуд [Greenwood, 1913; 1930] предположил, что число инфицированных в конкретный момент времени описывается биномиальным распределением. А. Г. МакКендрик [McKendrick, 1926] анализировал возможности применения математических методов для изучения распространений эпидемии на примере вспышки холеры. Он впервые ввел модель с непрерывным временем для описания динамики заболевания, предложив новый метод оценки частоты инфицирования и выздоровления. Дальнейшее развитие этого подхода получило название алгоритма максимизации ожидания, EM-алгоритма (expectation-maximization algorithm). Модель, предложенная А. Г. МакКендриком, была развита в работе У. Кермака и А. Г. МакКендрика [Kermack, McKendrick, 1927], которые изучали условия возникновения и окончания эпидемий (на примере вспышки чумы в Бомбее). Предложенная ими модель дала начало широкому применению детерминированных SIR-моделей (deterministic SIR model)². В них на основе модели с тремя состояниями при условии непрерывности времени и большой популяции с помощью систем дифференциальных уравнений описывается динамика групп восприимчивых, инфицированных и выздоровевших индивидов. В предположении дискретности времени и ограниченной популяции для этих целей используются разностные уравнения. Детерминированные SIR-модели в силу простоты построения и использования широко применяются для описания

² SIR — аббревиатура от англ. «susceptible — infected — recovered» («восприимчивые — инфицированные — выздоровевшие»).

динамики распространения заболевания. Однако следует отметить существенное усложнение моделей при учете таких факторов, как неоднородность популяции, более сложная схема передачи инфекции, возможность повторного заражения. Еще одним ограничением моделей является невозможность учета особенностей отдельных индивидов. Указанные недостатки затрудняют применение SIR-модели для описания эпидемии COVID-19, однако существуют многочисленные типы производных SIR-моделей, описывающих более сложные процессы, учитывающие, например, приобретение иммунитета и т. д.

Следует также особо отметить работы М. Бартлетта [Bartlett, 1957; 1961], в которых было предложено развитие SIR-модели в непрерывном времени. Автор с использованием стохастических методов исследовал условия возникновения и прекращения эпидемий. Он впервые применил компьютерное моделирование для описания этих процессов.

В целом эпидемическое моделирование представляет собой исключительно междисциплинарный предмет, подходы к которому варьируются от абстрактной теории стохастических процессов до количественного анализа биологических, социальных и экономических данных [Bailey, 1975; 1988; 1990; 1992; Becker, 1989; Mollison, 1985; Epidemic Models..., 1994; Anderson, May, 1991; Models for Infectious Human Diseases..., 1996; Ecology of Infectious Diseases..., 1994]. Первые модели, включавшие экономический аспект в эпидемиологические модели, зафиксированы в исследованиях [Mollison, Isham, Grenfell, 1994; Hethcote, 2000].

Стохастическое моделирование при исследовании развития эпидемий использовано в работе Д. Дейли и Дж. Гани [Daley, Gani, 1999]. Обзор актуальных методов математического моделирования, используемых для прогнозирования развития эпидемий, представлен в работе О. Дикмана и др. [Diekmann, Heesterbeek, Britton, 2012]. Метод Монте-Карло для имитационного компьютерного моделирования использован в работах К. Ауранена и др. [Auranen et al., 2000]; Г. Дж. Гибсона и Э. Реншоу [Gibson, Renshaw, 1998].

Влияние рисков пандемии на актуарные расчеты для страхования жизни, здоровья и трудоспособности учитывали А. Страке и В. Хайнен [Stracke, Heinen, 2006] — на примере гриппа, М. Макинен [Makinen, 2009] — на примере H1N1 («свиной грипп», Pandemic (H1N1) 09 Virus), а также эксперты Института актуариев Канады [Doyle et al., 2009], которые рассматривали сценарии пандемии в целом.

Обзор современных статистических методов, которые специально были разработаны для анализа данных об инфекционных заболеваниях, представлен в книге под редакцией Л. Хелда и др. [Handbook of Infectious Disease..., 2019].

Отдельная группа исследований посвящена управлению рисками в условиях чрезвычайных ситуаций, в том числе эпидемий и пандемий. Концептуальные подходы к оценке и управлению рисками возникновения экстремальных ситуаций на современном этапе представлены в исследовании Т. О'Салливан [O'Sullivan, 2018]. Автор рассматривала различные аспекты данной проблематики, в том числе методы оценки рисков возникновения чрезвычайных ситуаций; методы управления рисками чрезвычайных ситуаций; примеры и кейсы чрезвычайных ситуаций, в том числе пандемий. Одним из выводов исследования стали рекомендации относительно подготовки немедицинских организаций к вызовам эпидемий (на примере лихорадки Эбола, пандемий SARS и MERS).

Часть исследований, посвященных управлению рисками в условиях эпидемий, предлагает рассматривать страхование как один из эффективных методов управления соответствующими рисками. Среди этих исследований стоит выделить работы по актуарному моделированию катастрофических рисков чрезвычайных ситуаций для обоснования стоимости соответствующих страховых продуктов, а также изменений классических страховых продуктов по страхованию жизни и здоровья с учетом возрастающего риска. Э. Косетт и др. предложили модель катастрофического риска (catastrophe risk model), согласно которой коэффициенты повреждений (damage ratios) являются случайными функциями интенсивности (частоты) катастроф [Cossette, Duchesne, Marceau, 2003]. Исходя из этого, авторы определили ряд свойств страхуемых рисков, а также свойств общего убытка в рамках данной модели. Они формально проиллюстрировали тот факт, что риск катастрофы не может быть покрыт только посредством привлечения страховых премий. В качестве примера использовалось страхование на случай землетрясений (earthquake insurance). По мнению авторов, данный подход может быть также применен и для описания увеличивающегося риска во время эпидемий.

В целом подходы к моделированию катастроф, в том числе эпидемий, для целей актуарного моделирования можно распределить на следующие основные группы [Cossette, Duchesne, Marceau, 2003]:

1. Исследования, рассматривавшие зависимости между рисками и влияние возможных катастроф на вероятностное распределение совокупных убытков. Так, например, Н. Бауэрле и А. Мюллер [Bäuerle, Müller, 1998], С. Вонг и Дж. Даэне [Wang, Dhaene, 1998], Дж. Даэне и др. [Dhaene et al., 2002] изучали различные зависимости между рисками в модели индивидуального риска (individual risk model). Подходы, предложенные в работе С. Вонга [Wang, 1998], могут быть использованы также и для моделей коллективного риска (collective risk model).
2. Исследования, использующие теорию экстремальных значений (extreme value theory), для оценки влияния катастроф на страховой бизнес: [Beirlant, Teugels, 1992; Beirlant, Teugels, Vynckier, 1996; Embrechts, Kluppelberg, Mikosch, 1997; Embrechts, McNeil, Straumann, 2002; Rootzen, Tajvidi, 1997; Resnick, 1997].
3. Исследования, моделирующие портфель убытков на уровне индивидуального риска на основе прежде всего стохастического моделирования: [Brillinger, 1993].

Результаты обзора существующих моделей прогнозирования развития эпидемий, представленных в научной литературе, приведены в табл. 1.

Таким образом, в современной литературе представлено по меньшей мере три подхода к моделированию (в том числе экономико-математическому) развития инфекционных заболеваний, отличающихся как по используемому аппарату, так и по преимущественной области применения соответствующих моделей.

Следует отметить, что пандемии SARS и H1N1, как в свое время эпидемия HIV/AIDS, дали новый толчок к росту исследований инфекционных заболеваний и методов, которые позволили смягчить негативные последствия таких чрезвычайных ситуаций. При этом при разработке эпидемиологических моделей стал актив-

Таблица 1. Результаты обзора научных исследований моделирования рисков биологических угроз

Подходы к прогнозированию развития эпидемий	Инструментарий
Актуарное моделирование заболеваемости и смертности	Таблицы смертности; модели с конечным числом состояний; стохастические модели с конечным числом состояний
Эпидемиологическое моделирование	Распределение вероятностей; детерминированные SIR-модели; стохастические SIR-модели
Актуарное моделирование катастрофических рисков	Модели индивидуального и коллективного рисков; теория экстремальных значений; стохастическое моделирование

но использоваться актуальный математический инструментарий. Существенный вклад в данное направление внесли актуарные исследования. Необходимость учета эпидемий, вызывающих существенный рост смертности, привела к попыткам адаптировать существующие модели к страхованию, в том числе оценить влияние эпидемий на измерение рисков, с которыми сталкиваются страховые компании. Традиционный подход к ценообразованию страховых услуг предполагает экстраполяцию исторически накопленной информации о смертности. Однако эпидемии возникают спонтанно и не находят отражения в прошлом опыте. Н. Джиа и Л. Цуи на примере SARS в Гонконге с использованием эпидемиологической модели оценивали потенциальное влияние SARS и подобных эпидемий на страховые компании [Jia, Tsui, 2005]. Особое внимание уделялось трем аспектам: 1) исследованию механизмов распространения инфекции; 2) определению методов контроля за данным распространением; 3) прогнозированию будущего течения эпидемии. Данное исследование делает акцент на страховании как одном из методов управления эпидемиологическими рисками.

Р. Фенг и Дж. Карридо предприняли попытку объединить эпидемиологическое и актуарное моделирование инфекционных заболеваний [Feng, Garrido, 2011]. Используя детерминистскую модель SIR, они разработали методы количественного определения риска появления инфекции для формирования финансовых соглашений между страхователями и страховщиками в рамках медицинского страхования, которые в дальнейшем могли бы применяться на практике для расчета страховых премий и резервов. Для расчетов использовались примеры великой чумы (Great Plague) в Великобритании и эпидемии SARS в Гонконге. Также авторы пришли к выводу, что эффективная защита против эпидемий зависит не только от уровня развития медицинских технологий, необходимых для идентификации вирусов и ухода за пациентами, но также и от эффективной системы менеджмента здравоохранения.

Отдельно следует отметить серию работ К. Лефевра и др. [Lefèvre, Picard, 1999; 2015; Lefèvre, Picard, Simon, 2017], затрагивающих проблемы формирования страховых программ, которые защищали бы население от эпидемиологического риска. Работы К. Лефевра и Ф. Пикара [Lefèvre, Picard, 1999; 2015] представляют собой теоретическую концептуализацию возможности моделирования эпидемиологи-

ческого риска с помощью нестандартных алгебраических конструкций (например, многочленов Аппеля и псевдополиномов Абея — Гончарова), а также модели SIR на основе классических марковских процессов. Исследование К. Лефевра и др. [Lefèvre, Picard, Simon, 2017] более практически ориентировано и использует методы актуарного моделирования для формирования программы страхования (insurance plan), которая защищала бы население от эпидемического риска. Авторы использовали расширенную SIR-модель, при этом убытки измерялись посредством ожидаемого масштаба эпидемии и времени инфицирования (epidemic size and infectivity time). Премии для такой страховой программы измерялись посредством ожидаемого времени восприимчивости к инфекции (susceptibility time). Основным ограничением модели является отсутствие ее апробации; модель представлена на уровне теоретической конструкции.

Выдвинутая в данном исследовании гипотеза о возможности группировки существующих исследований рисков биологических угроз в зависимости от используемого инструментария и вводных данных подтвердилась частично: типизация исследований по критерию вводных данных затруднительна, несмотря на возможность систематизации биологических угроз как таковых. В то же время инструментарий исследования рисков биологических угроз позволяет их классифицировать исходя из используемой методологии (табл. 2).

Таблица 2. Научные исследования рисков биологических угроз

Методология	Методы		
	Методы актуарной математики	«Комбинированное» моделирование: эпидемиологические модели для решения актуарных задач	Эпидемиологическое моделирование
Детерминистский подход	[Du Pasquier, 1912; 1913], [Stracke, Heinen, 2006]	[Bernoulli, 1760]	[Farr, 1840], [Greenwood, 1913; 1930], [McKendrick, 1926], [Kermack, McKendrick, 1927], [Bartlett, 1961], [Mollison, 1985], [Epidemic Models..., 1994], [Becker, 1989], [Anderson, May, 1991], [Daley, Gani, 1999], [Hethcote, 2000], [Diekmann, Heesterbeek, Britton, 2012]
Стохастический подход	[Hberman, Pitacco, 1999], [Баскаков и др., 2001], [Спивак, Абдюшева, 2007], [Spivak, Abdusheva, 2012], [Makinen, 2009], [Кудрявцев, Вдовина, 2010], [Фаизова, 2015; 2018]	[Jia, Tsui, 2005], [Feng, Garrido, 2011], [Lefèvre, Picard, 2015], [Lefèvre, Picard, Simon, 2017]	[Kermack, McKendrick, 1927], [Bartlett, 1961], [Bailey, 1975; 1988; 1990; 1992], [Epidemic Models..., 1994], [Gibson, Renshaw, 1998], [Daley, Gani, 1999], [Auranen et al., 2000], [Diekmann, Heesterbeek, Britton, 2012], [Handbook of Infectious Disease..., 2019]

Схематически полученные выводы — приблизительная доля исследований соответствующего направления в общем объеме исследованных источников — представлены на рис. 2.



Рис. 2. Результаты анализа научной литературы по проблематике исследования рисков биологических угроз, в разрезе подхода к исследованию

Рис. 2 демонстрирует, что эпидемиологические исследования при оценке рисков используют преимущественно детерминистские модели, тогда как в актуарных расчетах применяются преимущественно стохастические.

Анализ исследований в рамках верификации выдвинутой гипотезы позволил выявить основные перспективные направления исследований по данной тематике: 1) влияние различных факторов на последствия эпидемий для экономики; 2) моделирование рисков биологических угроз; 3) изучение роли страхования в минимизации рисков биологических угроз.

Страхование может выступить одним из эффективных методов управления рисками эпидемий. Кроме того, накопленные знания актуарного моделирования рисков заболеваемости и смертности позволят построить модели прогнозирования вирусных эпидемий. С другой стороны, изменяющаяся продуктовая политика страховых компаний способна удовлетворить потребности населения в страховой защите в условиях эпидемии и способствовать минимизации отрицательных последствий для населения. Именно институт страхования дает возможность переложения частичного контроля за экономической ситуацией на страховые компании, обеспечивая финансовое покрытие рисков и защиту при их реализации.

Однако современные условия пандемии и ее последствий являются абсолютно новым вызовом, как для мирового страхового рынка, так и национального³. Тем не менее исследованию российского страхового рынка, в том числе под влиянием кризисных явлений, посвящено достаточное количество публикаций отечественных ученых-теоретиков и экспертов-практиков. В них рассматриваются вопросы, касающиеся как тенденций развития рынка в целом, так и проблем региональных рынков. Первое направление представлено экспертными докладами между-

³ COVID-19 Outbreak: Insurance Implications and Response. (2020) The World Bank. 26 p. URL: <http://pubdocs.worldbank.org/en/687971586471330943/COVID-19-Outbreak-Global-Policy-Actions-on-Insurance.pdf> (дата обращения: 23.03.2021).

народных консалтинговых организаций⁴ и рейтинговых агентств⁵. А. Х. Цакаев и Р. Т. Юлдашев определяют основные риски, с которыми сталкивается страховой рынок России на современном этапе, а также анализируют его точки роста [Цакаев, Юлдашев, 2019]. Анализу ключевых показателей страхового рынка, и в том числе отдельных его сегментов, посвящены работы С. А. Белозёрова и др. [Белозёров, Чернова, Калайда, 2018], А. Д. Языкова и др. [Языков и др., 2019]. Анализ тенденций и проблем развития регионального страхового рынка приводится в работе Д. А. Горулева [Горулев, 2019]. Причинно-следственные связи между основными показателями страхового рынка и социально-экономического развития региона рассматриваются в работах [Kuznetsova et al., 2019; Тарасова, Восковская, Ярусова, 2018]. Идентификация факторов, влияющих на развитие регионального страхования, представлена Л. А. Орланюк-Малицкой [Орланюк-Малицкая, 2017]. В работе А. А. Цыганова и Н. В. Кирилловой на основе оценки регионального развития страхового рынка выявлены основные проблемы и предложен ряд организационных и нормативных нововведений для оптимизации структуры страхового рынка [Цыганов, Кириллова, 2018]. В частности, авторами предложены дифференцированные требования к федеральным и региональным страховым организациям. Моделированию и прогнозированию регионального страхового рынка с помощью применения эконометрических моделей посвящены работы С. Е. Шипицыной [Шипицына, 2010], В. П. Максимова и др. [Максимов, Шипицына, Лёвущин, 2010].

Однако пандемия и связанные с ней ограничения породили новые, еще не изученные, тенденции на страховом рынке. Так, отдельные виды страхования, еще недавно достаточно популярные у потребителей страховых продуктов и услуг, на данный момент фактически перестали существовать по причине отсутствия спроса. В то же время возникают новые страховые продукты, направленные на удовлетворение появившихся потребностей в страховой защите («Ренессанс» — «АнтиВирус», «АльфаСтрахование» — «Коронавирус.НЕТ», «Сбербанк страхование» — «Сберегисебя», «Ингосстрах-Жизнь» — «СтопКоронавирус», «Согласие» — «Антивирус», ВСК — «Индивидуальная защита» и др.).

Еще одним из путей, способствующих удовлетворению потребности населения в страховой защите в условиях эпидемии COVID-19 и связанных с ней ограничений, является активное использование цифровых технологий при предоставлении страховой услуги на всех ее этапах. Изучение процесса внедрения инструментов InsurTech в деятельность страховых компаний находит отражение в публикациях

⁴ См., например: *Финансовые отрасли РФ — 2020: Прогноз развития и ключевые тенденции*. (2020) Deloitte. 20 p. URL: <https://www2.deloitte.com/ru/ru/pages/financial-services/articles/2020/finansovye-otrasli-rossii-2020.html> (дата обращения: 23.03.2021); *Understanding the sector impact of COVID-19. Insurance*. (2020) Deloitte. March 25. 2 p. URL: <https://www2.deloitte.com/global/en/pages/about-deloitte/articles/covid-19/understanding-covid-19-s-impact-on-the-insurance-sector-.html> (дата обращения: 23.03.2021); *Обзор рынка страхования в России 2019 год*. (2019) KPMG. URL: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/ru/pdf/2019/07/ru-ru-insurance-survey-2019.pdf> (дата обращения: 02.07.2020).

⁵ См., например: *Сильные финансовые показатели помогут страховщикам преодолеть вызовы рынка: Анализ текущих тенденций и рисков рынка страхования*. (2019) Аналитическое кредитное рейтинговое агентство, АКРА. URL: <https://www.acra-ratings.ru/research/1465> (дата обращения: 23.03.2021); *Эксперт РА. Итоги 2019 года на страховом рынке и прогноз на 2020-й: падение при всех сценариях*. (2020). URL: https://raexpert.ru/researches/insurance/ins_market_forecast_2020 (дата обращения: 23.03.2021).

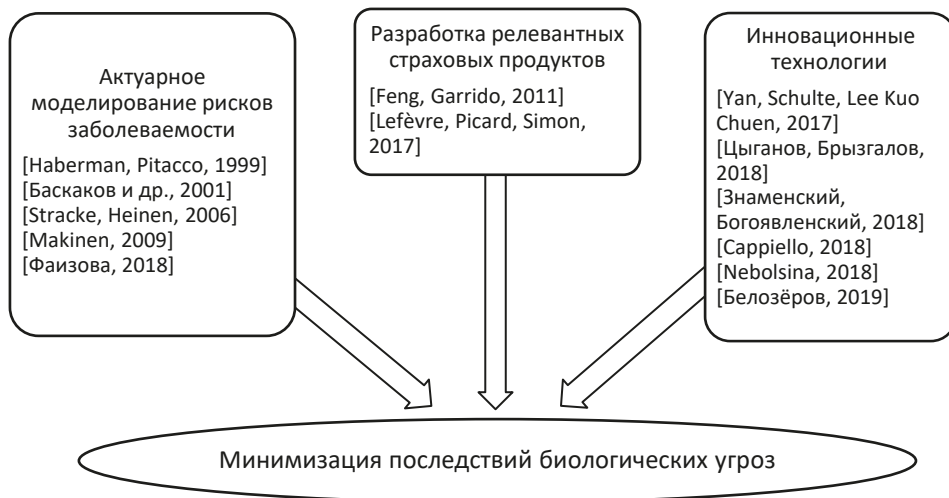


Рис. 3. Страховая тематика в исследованиях рисков биологических угроз и минимизации их последствий

как отечественных, так и зарубежных авторов. Так, уровень применения российскими страховыми компаниями новых технологий детально рассматривается в работах [Белозёров, 2019; Белозёров, Чернова, Калайда, 2018; Цыганов, Брызгалов, 2018; Знаменский, Богоявленский, 2018; Котлобовский, Сириченко, 2017]. Вопросам мирового опыта развития страховых рынков при внедрении инновационных технологий посвящены работы [Carpiello, 2018; Sokolovska, 2017; Yan, Schulte, Lee Kuo Chuen, 2017; Nebolsina, 2018]. Особенности развития интернет-страхования в России рассматривает Н.Г.Адамчук [Адамчук, 2017]. Однако большинство публикаций, анализирующих процессы цифровизации страхового рынка, исследуют аспекты применения InsurTech, их достоинства и недостатки в первую очередь для страховых компаний, а не для потребителей страховых продуктов и услуг. В условиях сложной эпидемиологической ситуации использование инновационных технологий будет способствовать сокращению негативных последствий.

В целом вклад страхования в исследование эпидемиологических рисков и минимизацию их отрицательных последствий представлен схематически на рис. 3.

Существующие актуарные модели рисков заболеваемости и смертности, а также катастрофических рисков могут быть успешно применены для анализа и оценки рисков биологических угроз. Страхование может выступить эффективным инструментом управления рисками эпидемий, позволяющим уменьшить негативные последствия пандемии, предоставляя финансовую защиту с помощью релевантных страховых продуктов. Использование инновационных технологий при оказании страховой услуги будет способствовать сокращению распространения эпидемии и повышению страховой защиты в условиях ограничений, связанных с пандемией.

Заключение

Пандемия COVID-19 привлекла огромное внимание не только к лечению и профилактике инфекционных заболеваний, но и к влиянию последних на состо-

яние экономики. Уже сейчас ясно, что негативные последствия пандемии, которые реализуются для экономики каждой страны, будут сопоставимы с воздействием глобальных кризисов.

Представленные выше результаты анализа основных отраженных в научной литературе направлений исследований рисков, порождаемых инфекционными эпидемиями и их влиянием на экономику, позволяют говорить о существенном вкладе, который могут внести накопленные научные знания для минимизации негативных последствий COVID-19.

Анализ ключевых исследований по данной тематике позволяет сделать выводы о том, что: 1) эпидемиологические исследования при оценке рисков используют преимущественно детерминистские модели, что связано в первую очередь с большой вычислительной сложностью при использовании стохастического подхода; 2) в актуарных расчетах применяются преимущественно стохастические модели, но учет влияния эпидемий носит фрагментарный характер; 3) количество исследований, использующих комбинированную методологию, незначительно, однако их результаты дают возможность внести в традиционные актуарные модели гибкость, присущую эпидемиологическому моделированию.

Кроме того, именно актуарные модели рисков заболеваемости и смертности могут быть успешно применены для анализа и оценки рисков биологических угроз. Страхование может выступить инструментом, позволяющим уменьшить негативные последствия пандемии, предоставляя финансовую защиту. Медицинское страхование дает возможность компенсировать расходы на лечение. Более широкие программы страхования могут покрывать финансовые потери, возникающие в результате прерывания регулярных деловых операций. При этом использование инновационных технологий и оптимизация страховой защиты путем разработки релевантных страховых продуктов будут способствовать сокращению негативных последствий проявления пандемии.

Дальнейшие обзорные исследования могут быть связаны с анализом литературы, использующей междисциплинарный подход к исследованию рисков, вызванных биологическими угрозами, исследованию влияния различных факторов (например, СМИ, общественного мнения, социальных сетей) на распространение рисков, восприятие их населением и управление ими.

Литература

- Адамчук Н. Г. (2017) Новые аспекты развития страховой отрасли под влиянием InsurTech. *Страховое право*. № 4 (77). С. 41–43.
- Баскаков В. Н., Андреева О. Н., Баскакова М. Е., Карташов Г. Д., Крылова Е. К. (2001) *Страхование от несчастных случаев на производстве. Актуарные основы*. М.: Academia. 192 с.
- Белозёров С. А. (2019) InsurTech как фактор развития страховой отрасли. В кн.: *Страхование в инновационном обществе — место, задачи, перспективы. Сборник трудов XX Международной научно-практической конференции*. Отв. ред. Злобин Е. В. Владимир: Изд-во ВлГУ. С. 45–50.
- Белозёров С. А., Чернова Г. В., Калайда С. А. (2018) Современные факторы развития российского страхового рынка. *Страховое дело*. № 6 (303). С. 31–35.
- Горулев Д. А. (2019) Управление рисками и страховая защита в контексте трансформаций регионального страхового рынка. В кн.: *Архитектура финансов: иллюзии глобальной стабилизации и перспективы экономического роста: сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции*. Под науч. ред. Максимцева И. А., Шубаевой В. Г., Евстафьевой И. Ю. СПб.: Изд-во СПбГЭУ. С. 15–20.

- Знаменский А. Б., Богоявленский С. Б. (2018) InsurTech: области применения, первые результаты и перспективы внедрения. *Финансы*. № 2. С. 34–39.
- Котловский И. Б., Сириченко Н. В. (2017) Инновационные информационные технологии для страховой отрасли. *Финансы*. № 9. С. 38–44.
- Кудрявцев А. А., Вдовина А. А. (2010) Моделирование резерва по страхованию жизни при наличии положительной обратной связи. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*. № 3. С. 57–65.
- Максимов В. П., Шипицына С. Е., Лёвшин В. А. (2010) Применение эконометрических моделей к описанию регионального страхового рынка. *Экономика региона*. № 4 (24). С. 153–155.
- Орланюк-Малицкая Л. А. (2017) Региональное страхование: теоретический аспект. *Страховое дело*. № 9 (294). С. 49–55.
- Спивак С., Абдюшева С. (2007) Обратные задачи для марковских моделей. *Актуарий*. № 1. С. 41–46.
- Тарасова Ю. А., Восковская Е. С., Ярусова К. В. (2018) Оценка региональных рынков страхования и их влияние на российский страховой рынок. *Страховое дело*. № 10 (307). С. 36–53.
- Фаизова А. А. (2018) Резерв по договору страхования потери доходов вследствие постоянной полной утраты трудоспособности. *Актуарий*. № 1 (6). С. 47–49.
- Фаизова А. А. (2015) Модель резерва по долгосрочному личному страхованию и возможности ее применения. *Финансы и кредит*. № 17 (641). С. 59–66.
- Цакаев А. Х., Юлдашев Р. Т. (2019) Возможные точки роста российского страхового рынка и их ключевые риски. *Страховое дело*. № 7 (316). С. 46–53.
- Цыганов А. А., Брызгалов Д. В. (2018) Цифровизация страхового рынка: задачи, проблемы и перспективы. *Экономика. Налоги. Право*. № 2. С. 111–120.
- Цыганов А. А., Кириллова Н. В. (2018) Страховой рынок Российской Федерации: региональный аспект. *Экономика региона*. Т. 14, вып. 4. С. 1270–1281.
- Шипицына С. Е. (2010) Моделирование и прогнозирование страхового рынка региона. *Экономика региона*. № 2. С. 212–216.
- Языков А. Д., Цыганов А. А., Кириллова Н. В., Яненко Е. А. (2019) Общие показатели рынка ОСАГО 2015–2018 гг. *Страховое дело*. № 4 (313). С. 32–44.
- Ainsworth M., Over M. (1992) The Economic Impact of Aids: Shocks, Responses and Outcomes. *Technical working paper 1. World Bank, Africa Technical Department, Human Resources and Poverty Division*. Washington, DC, World Bank Group. 41 p.
- Ajay M. (2004) Economic Implications of Inertia on HIV/AIDS and Benefits of Action. *Economic and Political Weekly*, vol. 39 (10), pp. 1049–1063.
- Anderson R. M., May R. M. (1991) *Infectious Diseases of Humans*. Oxford, Oxford University Press. 766 p.
- Arya N., Howard J., Isaacs S., Mcallister M. L., Murphy S., Rapport D., Waltner-Toews D. (2009) Time for an ecosystem approach to public health? Lessons from two infectious disease outbreaks in Canada. *Global Public Health*, vol. 4, iss. 1, pp. 31–49. <https://doi.org/10.1080/17441690701438128>
- Auranen K., Arjas E., Leino T., Takala A. (2000) Transmission of pneumococcal carriage in families: A latent Markov process model for binary longitudinal data. *Journal of the American Statistical Association*, vol. 95, iss. 452, pp. 1044–1053.
- Bailey N. T. J. (1990) Application of stochastic epidemic modelling in the public health control of HIV/AIDS. *Lecture Notes in Biomathematics*, vol. 86, pp. 14–20.
- Bailey N. T. J. (1992) “Parameter estimation in the operational modelling of HIV/AIDS” in Mardia K. V. (ed.) *The Art of Statistical Science: A Tribute to G. S. Watson*. John Wiley and Sons, New York, pp. 277–298.
- Bailey N. T. J. (1988) Statistical problems in the modelling and prediction of HIV/AIDS. *The Australian & New Zealand Journal of Statistics*, vol. 30, pp. 41–55.
- Bailey N. T. J. (1975) *The Mathematical Theory of Infectious Diseases and Its Applications*. London, Griffin. 413 p.
- Barro R. J., Ursúa J. F. (2008) Macroeconomic Crises since 1870. *Brookings Papers on Economic Activity*, vol. 39, pp. 255–350.
- Barro R. J., Ursúa J. F., Weng J. (2020) The Coronavirus and the Great Influenza Pandemic: Lessons from the “Spanish Flu” for the Coronavirus’s Potential Effects on Mortality and Economic Activity. *CESifo Working Papers 8166*. 24 p.
- Bartlett M. S. (1961) Deterministic and stochastic models for recurrent epidemics. *Proceedings of the Third Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*. University of California Press, London, UK, vol. 4, pp. 39–55.

- Bartlett M. S. (1957) Measles periodicity and community size. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, vol. 120, iss. 1, pp. 48–70.
- Bäuerle N., Müller A. (1998) Modelling and Comparing Dependencies in Multivariate Risk Portfolios. *ASTIN Bulletin*, vol. 28, pp. 59–76.
- Becker N. G. (1989) *Analysis of Infections Disease Data*. Chapman & Hall, London, UK. 234 p.
- Beirlant J., Teugels J. L. (1992) Modelling Large Claims in Non-Life Insurance. *Insurance: Mathematics & Economics*, vol. 11, pp. 17–29.
- Beirlant J., Teugels J. L., Vynckier P. (1996) *Practical analysis of extreme values*. Leuven University Press, Leuven, Netherlands. 170 p.
- Bernoulli D. (1760) Essai d'une nouvelle analyse de la mortalite causee par la petite verole, et des avantages de l'inoculation pour la prevenir. *Histoire de l'Académie Royale des Sciences*, Paris, pp. 1–45.
- Bloom D., Mahal A. S. (1997) "AIDS, Flu, and the Black Death: Impacts on Economic Growth and Well-being" in Bloom D., Godwin P. (eds) *The Economics of HIV and AIDS: The Case of South and South East Asia*. New Delhi, Oxford University Press, pp. 22–52.
- Bourrier M., Brender N., Burton-Jeangros C. (2019) *Managing the Global Health Response to Epidemics: Social Science Perspectives*. Routledge. 304 p.
- Brillinger D. R. (1993) Earthquake Risk and Insurance. *Environmetrics*, vol. 4, pp. 1–21.
- Brown P. (2020) Studying COVID-19 in light of critical approaches to risk and uncertainty: research pathways, conceptual tools, and some magic from Mary Douglas. *Health, Risk & Society*, vol. 22 (1), pp. 1–14. <https://doi.org/10.1080/13698575.2020.1745508>
- Cappiello A. (2018) *Technology and the Insurance Industry: Re-configuring the Competitive Landscape*. Springer, Cham. 119 p.
- Cossette H., Duchesne T., Marceau E. (2003) Modeling Catastrophes and their Impact on Insurance Portfolios. *North American Actuarial Journal*, vol. 7, iss. 4, pp. 1–22.
- Daley D. J., Gani J. (1999) *Epidemic Modelling: An Introduction*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 228 p.
- Dhaene J., Denuit M., Goovaerts M. J., Kaas R., Vyncke D. (2002) The Concept of Comonotonicity in Actuarial Science and Finance: Theory. *Insurance: Mathematics & Economics*, vol. 31, pp. 3–33.
- Diekmann O., Heesterbeek H., Britton T. (2012) *Mathematical Tools for Understanding Infections Disease Dynamics*. Princeton University Press, Princeton, NJ. 568 p.
- Doyle D., Houde R., Phelps B., Ricard D., Wiebe J. (2009) Considerations for the Development of a Pandemic Scenario. *Canadian Institute of Actuaries, Committee on Risk Management and Capital Requirements, Research Paper 209095*. 27 p.
- Dry S., Leach M. (2010) *Epidemics: science, governance, and social justice*. London, Routledge. 320 p.
- Du Pasquier L. G. (1912) Mathematische Theorie der Invaliditatversicherung. *Mitteilungen der Vereinigung schweizerischer Versicherungsmathematiker*. Bd. 7, S. 1–7.
- Du Pasquier L. G. (1913) Mathematische Theorie der Invaliditatversicherung. *Mitteilungen der Vereinigung schweizerischer Versicherungsmathematiker*. Bd. 8, S. 1–153.
- Durach C. F., Kembro J., Wieland A. (2017) A New Paradigm for Systematic Literature Reviews in Supply Chain Management. *Journal of Supply Chain Management*, vol. 53, iss. 4, pp. 67–85.
- Ecology of Infectious Diseases in Natural Populations*. (1994) Eds Grenfell B. T., Dobson A. Cambridge University Press, Cambridge. 523 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511629396>
- Embrechts P., Kluppelberg C., Mikosch T. (1997) *Modelling Extremal Events for Insurance and Finance*. Berlin, Springer-Verlag. 648 p.
- Embrechts P., McNeil M., Straumann D. (2002) "Correlation and Dependence" in Dempster M. A. H. (ed.) *Risk Management: Properties and Pitfalls. Risk Management: Value at Risk and Beyond*. Cambridge University Press, pp. 176–223.
- Epidemic Models: Their Structure and Relation to Data*. (1994) Ed. by Mollison D. Cambridge University Press, Cambridge. 444 p.
- Farr W. (1840). Causes of death in England and Wales. Letter to the Registrar-General from William Farr, Esq. *Second Annual Report of the Registrar-General of Birth, Deaths, and Marriages in England*. Appendix. HMSO, W. Clowes and sons, London, pp. 69–98.
- Feng R., Garrido J. (2011) Actuarial Applications of Epidemiological Models. *North American Actuarial Journal*, vol. 15, iss. 1, pp. 112–136. <https://doi.org/10.1080/10920277.2011.10597612>
- Figuié M. (2014) Towards a global governance of risks: international health organizations and the surveillance of emerging infectious diseases. *Journal of Risk Research*, vol. 17, iss. 4, pp. 469–483. <https://doi.org/10.1080/13669877.2012.761277>

- Frenkel S., Alba D., Zhong R. (2020) Surge of virus misinformation stumps Facebook and Twitter. *New York Times*, March 3. URL: <https://www.nytimes.com/2020/03/08/technology/coronavirus-misinformation-social-media.html>
- Frieden T.R., Henning K.J. (2009) Public health requirements for rapid progress in global health. *Global Public Health*, vol. 4 (4), pp. 323–337. <https://doi.org/10.1080/17441690903089>
- Gibson G.J., Renshaw E. (1998) Estimating parameters in stochastic compartmental models using Markov chain methods. *Mathematical Medicine and Biology: A Journal of the IMA*, vol. 15, iss. 1, pp. 19–40.
- Greenwood M. (1913) “The factors that determine the rise and spread and degree of severity of epidemic diseases” in *The XVIIth International Congress of Medicine (Hygiene and Preventive Medicine)*. Henry Frowde, Oxford University Press, London, pp. 49–80.
- Greenwood M. (1930) The vaccination problem. *Journal of the Royal Statistical Society*, vol. 93 (2), pp. 233–260.
- Haacker M. (2011) Framing AIDS as an Economic Development Challenge. *The Brown Journal of World Affairs*, vol. 17, no. 2, pp. 65–76.
- Haberman S., Pitacco E. (1999) *Actuarial Models for Disability Insurance*. London, Chapman & Hall / CRC Press. 280 p.
- Handbook of Infectious Disease Data Analysis*. (2019) Eds Held L., Hens N., O’Neill, Wallinga J. Taylor and Francis Group. 566 p.
- Hethcote H. W. (2000) The Mathematics of Infectious Diseases. *Society for Industrial and Applied Mathematics Review*, vol. 42, no. 4, pp. 599–653.
- Jia N., Tsui L. (2005) Epidemic Modelling using SARS as a Case Study. *North American Actuarial Journal*, vol. 9, iss. 4, pp. 28–42. <https://doi.org/10.1080/10920277.2005.10596223>
- Kermack W.O., McKendrick A. (1927) A contribution to the mathematical theory of epidemics. *Proceedings of the Royal Society of London A*, vol. 115, no. 834, pp. 700–772.
- Koehn P. (2017) “Pathogens without borders: ERIDs as privilege leveler?” in Koehn P. (ed.) *Transnational Mobility and Global Health Traversing Borders and Boundaries*. Routledge, pp. 171–186.
- Kuznetsova N., Chernova G., Prokopjeva E., Boldyreva N. (2019) Governance of factors for the regional insurance market development (evidence from Russia). *Problems and Perspectives in Management*, vol. 17, iss. 3, pp. 492–507.
- Labana R. (2020) The Public Mental Health While in a Community Quarantine Due to COVID-19 Pandemic: A Scoping Review of Literature Using Google Scholar. *Preprints*, 2020050050. <https://doi.org/10.20944/preprints202005.0050.v1>
- Lefèvre C., Picard P. (1999) Abel-Gontcharoff Pseudopolynomials and the Exact Final Outcome of SIR Epidemic Models (III). *Advances in Applied Probability*, vol. 31, iss. 2, pp. 532–550.
- Lefèvre C., Picard P. (2015) Risk models in insurance and epidemics: a bridge through randomized polynomials. *Probability in the Engineering and Informational Sciences*, vol. 29, pp. 399–420. <https://doi.org/10.1017/S0269964815000066>
- Lefèvre C., Picard P., Simon M. (2017) Epidemic Risk and Insurance Coverage. *Journal of Applied Probability*, vol. 54, iss. 1, March, pp. 286–303. <https://doi.org/10.1017/jpr.2016.100>
- Lewis M. (2001) The Economics of Epidemics. *Georgetown Journal of International Affairs*, vol. 2, no. 2, Summer/Fall, pp. 25–31.
- Lynteris C. (2014) Introduction: The Time of Epidemics. *The Cambridge Journal of Anthropology*, vol. 32, no. 1, pp. 24–31.
- Makinen M. (2009) Pandemic. *International Actuarial Association, Task Force on Mortality*. 14 p.
- McKendrick A. (1926) Application of mathematics to medical problems. *Proceedings of the Edinburgh Mathematical Society*, vol. 44 (834), pp. 98–130.
- Models for Infectious Human Diseases: Their Structure and Relation to Data*. (1996) Eds Isham V., Medley G. Cambridge, Cambridge University Press. 516 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511662935>
- Mollison D. (1985) “Sensitivity analysis of simple epidemic models” in Bacon P.J. (ed.) *Population Dynamics of Rabies in Wildlife*. Academic Press, London, pp. 223–234.
- Mollison D., Isham V., Grenfell B. (1994) Epidemics: Models and Data. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (Statistics in Society)*, vol. 157, no. 1, pp. 115–149.
- Myo T. (1993) “The Economic Implications of AIDS in Southeast Asia: Equity Considerations” in Bolloom D., Lyons J.V. (eds) *Economic Implications of AIDS in Asia*. Delhi, United Nations Development Programme, pp. 161–181.
- Nebolsina E. (2018) Peculiarities of InsurTech development in the USA, the UK, China and Russia. *Proceedings of the 32nd International Business Information Management Association Conference, IBIMA*

- 2018 — *Vision 2020: Sustainable Economic Development and Application of Innovation Management from Regional Expansion to Global Growth*, pp. 3509–3516.
- Noguchi J. (2006) *The science review article — An opportune genre in the construction of science (Linguistic Insights)*. Bern, Peter Lang. 274 p.
- O’Sullivan T. M. (2018) “Mitigating extreme infectious disease disaster risk” in Bier V. (ed.) *Risk in Extreme Environments. Preparing, Avoiding, Mitigating, and Managing*. Routledge, pp. 162–173.
- Over M. (1992) The Macroeconomic Impact of Aids in Sub-Saharan Africa. *World Bank Research Working Paper*. Washington, D. C. 39 p.
- Pilbeam C., Alvarez G., Wilson H. (2012) The governance of supply networks: A systematic literature review. *Supply Chain Management. An International Journal*, vol. 17, pp. 358–376.
- Resnick S. I. (1997) Discussion of the Danish Data on Large Fire Insurance Losses. *ASTIN Bulletin*, vol. 27, pp. 139–151.
- Rootzen H., Tajvidi N. (1997) Extreme Value Statistics and Windstorm Losses: A Case Study. *Scandinavian Actuarial Journal*, vol. 1, pp. 70–94.
- Spivak S. I., Abdyusheva S. R. (2012) Inverse problems for Markov models. *Automation and Remote Control*, vol. 73, iss. 11, pp. 1929–1936.
- Sokolovska O. (2017) Trade credit insurance and asymmetric information problem. *Scientific Annals of Economics and Business*, vol. 64, iss. 1, pp. 123–137.
- Stracke A., Heinen W. (2006) Influenza Pandemic: The Impact on an Insured Lives Life Insurance Portfolio. *Actuary Magazine*, vol. 3 (3), pp. 22–26.
- Van Aardt C. (2002) The impact of HIV/AIDS on the South African labor market from a critical perspective. *Southern African Journal of Demography*, vol. 8, no. 1, pp. 47–59.
- Van Leeuwen J. A., Waltner-Toews D., Abernathy T., Smit B. (1999) Evolving Models of Human Health towards an Ecosystem Context. *Ecosystem Health*, vol. 5, pp. 204–219.
- Wagner J. (2020) *Streamlining Medicaid Enrollment during COVID-19 Public Health Emergency*. Center on Budget and Policy Priorities, Washington, DC. 8 p.
- Wang S. (1998) Aggregation of Correlated Risk Portfolios: Models and Algorithms. *Proceedings of the Casualty Actuarial Society*, LXXXV, pp. 848–939.
- Wang S., Dhaene J. (1998) Comonotonicity, Correlation Order and Premium Principles. *Insurance: Mathematics & Economics*, vol. 22, pp. 235–242.
- Wong C. M. L., Jensen O. (2020) The paradox of trust: perceived risk and public compliance during the COVID-19 pandemic in Singapore. *Journal of Risk Research*, vol. 23, iss. 7–8, pp. 1021–1030. <https://doi.org/10.1080/13669877.2020.1756386>
- Yan T. C., Schulte P., Lee Kuo Chuen D. (2017) “InsurTech and FinTech: Banking and Insurance Enablement” in Lee Kuo Chuen D., Deng R. (eds) *Handbook of Blockchain, Digital Finance, and Inclusion, Volume 1: Cryptocurrency, FinTech, InsurTech, and Regulation*. Elsevier, pp. 249–281.

Статья поступила в редакцию: 03.07.2020

Статья рекомендована в печать: 30.03.2021

Контактная информация:

Белозёров Сергей Анатольевич — д-р экон. наук, проф.; s.belozerov@spbu.ru

Сokolovская Елена Васильевна — канд. экон. наук, ст. науч. сотр., доц.; e.sokolovskaya@spbu.ru

Фаизова Анна Андреевна — канд. экон. наук, доц.; a.faizova@spbu.ru

Biological hazard risk studies: A comparative analysis of approaches and the role of insurance*

S. A. Belozyorov, E. V. Sokolovskaya, A. A. Faizova

St. Petersburg State University,
7–9, Universitetskaya nab., St. Petersburg, 199034, Russian Federation

For citation: Belozyorov S. A., Sokolovskaya E. V., Faizova A. A. (2021) Biological hazard risk studies: A comparative analysis of approaches and the role of insurance. *St Petersburg University Journal of Economic Studies*, vol. 37, iss. 2, pp. 344–367. <https://doi.org/10.21638/spbu05.2021.207>

The pandemic of the new coronavirus disease (COVID-19) has a huge impact on the global economy, significantly affecting the functioning of all its sectors. In this regard, the search for ways to minimize the negative consequences of such risks is of particular relevance. The article presents the results of a systematic analysis of scientific publications by leading foreign and Russian authors on various aspects of the risks arising from viral threats, as well as ways to reduce the negative consequences of such risks. In particular, studies that evaluate the impact on the economy of various factors that occur during and after epidemics are examined. The analysis of publications showed that researchers distinguish the following factors: 1) the social system of the state; 2) government expenses on the fight against the epidemic; 3) the role of international organizations in combating epidemics in individual countries. Further, various approaches to the construction of models describing the spread of biological threats reflected in publications of representatives of various scientific fields, in particular medical and economic-mathematical, including actuarial, modeling are analyzed. Three approaches to modeling the development of infectious diseases are considered, which differ both in the apparatus used and in the predominant field of application of the corresponding models. Particular attention is paid to the contribution that insurance research can make to the development of new theoretical approaches to mitigate the negative economic consequences of COVID-19. The authors distinguish three areas: 1) the use of actuarial models for the analysis and assessment of the risks of biological threats; 2) the use of relevant insurance products in the insurance market as an epidemic risk management tool that provides financial protection; 3) the use of innovative technologies in rendering insurance services (InsurTech).

Keywords: biological threat, COVID-19, systematic analysis, minimization of damage, economic and mathematical modeling, insurance, insurance market, insurance product, InsurTech.

References

- Adamchuk N.G. (2017) New aspects of the insurance industry development under the influence of Insurtech. *Strakhovoe pravo*, no. 4 (77), pp. 41–43. (In Russian)
- Ainsworth M., Over M. (1992) The Economic Impact of Aids: Shocks, Responses and Outcomes. *Technical working paper 1. World Bank, Africa Technical Department, Human Resources and Poverty Division*. Washington, DC, World Bank Group. 41 p.
- Ajay M. (2004) Economic Implications of Inertia on HIV/AIDS and Benefits of Action. *Economic and Political Weekly*, vol. 39 (10), pp. 1049–1063.
- Anderson R. M., May R. M. (1991) *Infectious Diseases of Humans*. Oxford, Oxford University Press. 766 p.
- Arya N., Howard J., Isaacs S., McCallister M. L., Murphy S., Rapport D., Waltner-Toews D. (2009) Time for an ecosystem approach to public health? Lessons from two infectious disease outbreaks in Canada. *Global Public Health*, vol. 4, iss. 1, pp. 31–49. <https://doi.org/10.1080/17441690701438128>

* The reported study was funded by Russian Foundation for Basic Research, project number 20-010-00785 “Digital financial technologies as a development driver of insurance market in Russia”.

- Auranen K., Arjas E., Leino T., Takala A. (2000) Transmission of pneumococcal carriage in families: A latent Markov process model for binary longitudinal data. *Journal of the American Statistical Association*, vol. 95, iss. 452, pp. 1044–1053.
- Bailey N. T. J. (1990) Application of stochastic epidemic modelling in the public health control of HIV/AIDS. *Lecture Notes in Biomathematics*, vol. 86, pp. 14–20.
- Bailey N. T. J. (1992) “Parameter estimation in the operational modelling of HIV/AIDS” in Mardia K. V. (ed.) *The Art of Statistical Science: A Tribute to G. S. Watson*. John Wiley and Sons, New York, pp. 277–298.
- Bailey N. T. J. (1988) Statistical problems in the modelling and prediction of HIV/AIDS. *The Australian & New Zealand Journal of Statistics*, vol. 30, pp. 41–55.
- Bailey N. T. J. (1975) *The Mathematical Theory of Infectious Diseases and Its Applications*. London, Griffin. 413 p.
- Barro R. J., Ursúa J. F. (2008) Macroeconomic Crises since 1870. *Brookings Papers on Economic Activity*, vol. 39, pp. 255–350.
- Barro R. J., Ursúa J. F., Weng J. (2020) The Coronavirus and the Great Influenza Pandemic: Lessons from the “Spanish Flu” for the Coronavirus’s Potential Effects on Mortality and Economic Activity. *CESifo Working Papers 8166*. 24 p.
- Bartlett M. S. (1961) Deterministic and stochastic models for recurrent epidemics. *Proceedings of the Third Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*. University of California Press, London, UK, vol. 4, pp. 39–55.
- Bartlett M. S. (1957) Measles periodicity and community size. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, vol. 120, iss. 1, pp. 48–70.
- Baskakov V. N., Andreeva O. N., Baskakova M. E., Kartashov G. D., Krylova E. K. (2001) *Industrial accident insurance. Actuarial fundamentals*. Moscow, Academia Publ. 192 p. (In Russian)
- Bäuerle N., Müller A. (1998) Modelling and Comparing Dependencies in Multivariate Risk Portfolios. *ASTIN Bulletin*, vol. 28, pp. 59–76.
- Becker N. G. (1989) *Analysis of Infections Disease Data*. Chapman & Hall, London, UK. 234 p.
- Beirlant J., Teugels J. L. (1992) Modelling Large Claims in Non-Life Insurance. *Insurance: Mathematics & Economics*, vol. 11, pp. 17–29.
- Beirlant J., Teugels J. L., Vynckier P. (1996) *Practical analysis of extreme values*. Leuven University Press, Leuven, Netherlands. 170 p.
- Belozorov S. A. (2019) InsurTech as a factor in the development of the insurance industry. *Strakhovanie v informatsionnom obshchestve — mesto, zadachi, perspektivy. Sbornik trudov XX Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Ed. by E. V. Zlobin. Vladimir, Vladimir State University Publ., pp. 45–50. (In Russian)
- Belozorov S. A., Chernova G. V., Kalayda S. A. (2018) Modern factors of development of the Russian insurance market. *Strakhovoe delo*, no. 6 (303), pp. 31–35. (In Russian)
- Bernoulli D. (1760) Essai d’une nouvelle analyse de la mortalité causée par la petite verole, et des avantages de l’inoculation pour la prévenir. *Histoire de l’Académie Royale des Sciences*, Paris, pp. 1–45.
- Bloom D., Mahal A. S. (1997) “AIDS, Flu, and the Black Death: Impacts on Economic Growth and Well-being” in Bloom D., Godwin P. (eds) *The Economics of HIV and AIDS: The Case of South and South East Asia*. New Delhi, Oxford University Press, pp. 22–52.
- Bourrier M., Brender N., Burton-Jeangros C. (2019) *Managing the Global Health Response to Epidemics: Social Science Perspectives*. Routledge. 304 p.
- Brillinger D. R. (1993) Earthquake Risk and Insurance. *Environmetrics*, vol. 4, pp. 1–21.
- Brown P. (2020) Studying COVID-19 in light of critical approaches to risk and uncertainty: research pathways, conceptual tools, and some magic from Mary Douglas. *Health, Risk & Society*, vol. 22 (1), pp. 1–14. <https://doi.org/10.1080/13698575.2020.1745508>
- Cappiello A. (2018) *Technology and the Insurance Industry: Re-configuring the Competitive Landscape*. Springer, Cham. 119 p.
- Cossette H., Duchesne T., Marceau E. (2003) Modeling Catastrophes and their Impact on Insurance Portfolios. *North American Actuarial Journal*, vol. 7, iss. 4, pp. 1–22.
- Daley D. J., Gani J. (1999) *Epidemic Modelling: An Introduction*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 228 p.
- Dhaene J., Denuit M., Goovaerts M. J., Kaas R., Vyncke D. (2002) The Concept of Comonotonicity in Actuarial Science and Finance: Theory. *Insurance: Mathematics & Economics*, vol. 31, pp. 3–33.
- Diekmann O., Heesterbeek H., Britton T. (2012) *Mathematical Tools for Understanding Infections Disease Dynamics*. Princeton University Press, Princeton, NJ. 568 p.

- Doyle D., Houde R., Phelps B., Ricard D., Wiebe J. (2009) Considerations for the Development of a Pandemic Scenario. *Canadian Institute of Actuaries, Committee on Risk Management and Capital Requirements, Research Paper 209095*. 27 p.
- Dry S., Leach M. (2010) *Epidemics: science, governance, and social justice*. London, Routledge. 320 p.
- Du Pasquier L. G. (1912) Mathematische Theorie der Invaliditätsversicherung. *Mitteilungen der Vereinigung schweizerischer. Versicherungsmathematiker*. Bd. 7, S. 1–7.
- Du Pasquier L. G. (1913) Mathematische Theorie der Invaliditätsversicherung. *Mitteilungen der Vereinigung schweizerischer Versicherungsmathematiker*. Bd. 8, S. 1–153.
- Durach C. F., Kembro J., Wieland A. (2017) A New Paradigm for Systematic Literature Reviews in Supply Chain Management. *Journal of Supply Chain Management*, vol. 53, iss. 4, pp. 67–85.
- Ecology of Infectious Diseases in Natural Populations*. (1994) Eds Grenfell B. T., Dobson A. Cambridge University Press, Cambridge. 523 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511629396>
- Embrechts P., Kluppelberg C., Mikosch T. (1997) *Modelling Extremal Events for Insurance and Finance*. Berlin, Springer-Verlag. 648 p.
- Embrechts P., McNeil M., Straumann D. (2002) “Correlation and Dependence” in Dempster M. A. H. (ed.) *Risk Management: Properties and Pitfalls. Risk Management: Value at Risk and Beyond*. Cambridge University Press, pp. 176–223.
- Epidemic Models: Their Structure and Relation to Data*. (1994) Ed. by Mollison D. Cambridge University Press, Cambridge. 444 p.
- Faizova A. A. (2018) Reserve under the contract of insurance of loss of income due to total permanent disability. *Aktuarii*, no. 1 (6), pp. 47–49. (In Russian)
- Faizova A. A. (2015) The model of the reserve for long-term personal insurance and the possibility of its application. *Finansy i kredit*, no. 17 (641), pp. 59–66. (In Russian)
- Farr W. (1840). Causes of death in England and Wales. Letter to the Registrar-General from William Farr, Esq. *Second Annual Report of the Registrar-General of Birth, Deaths, and Marriages in England*. Appendix. HMSO, W. Clowes and sons, London, pp. 69–98.
- Feng R., Garrido J. (2011) Actuarial Applications of Epidemiological Models. *North American Actuarial Journal*, vol. 15, iss. 1, pp. 112–136. <https://doi.org/10.1080/10920277.2011.10597612>
- Figuié M. (2014) Towards a global governance of risks: international health organizations and the surveillance of emerging infectious diseases. *Journal of Risk Research*, vol. 17, iss. 4, pp. 469–483. <https://doi.org/10.1080/13669877.2012.761277>
- Frenkel S., Alba D., Zhong R. (2020) Surge of virus misinformation stumps Facebook and Twitter. *New York Times*, March 3. URL: <https://www.nytimes.com/2020/03/08/technology/coronavirus-misinformation-social-media.html>
- Frieden T.R., Henning K.J. (2009) Public health requirements for rapid progress in global health. *Global Public Health*, vol. 4 (4), pp. 323–337. <https://doi.org/10.1080/17441690903089>
- Gibson G. J., Renshaw E. (1998) Estimating parameters in stochastic compartmental models using Markov chain methods. *Mathematical Medicine and Biology: A Journal of the IMA*, vol. 15, iss. 1, pp. 19–40.
- Gorulev D. A. (2019) Risk management and insurance protection in the context of regional insurance market transformations. *Arkhitektura finansov: illiuzii globalnoi stabilizatsii i perspektivy ekonomicheskogo rosta: sbornik materialov VIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Eds I. A. Maksimtsev, V. G. Shubaeva, I. Yu. Evstafyeva. Saint Petersburg State University of Economics Publ., St. Petersburg, pp. 15–20. (In Russian)
- Greenwood M. (1913) “The factors that determine the rise and spread and degree of severity of epidemic diseases” in *The XVIIth International Congress of Medicine (Hygiene and Preventive Medicine)*. Henry Frowde, Oxford University Press, London, pp. 49–80.
- Greenwood M. (1930) The vaccination problem. *Journal of the Royal Statistical Society*, vol. 93 (2), pp. 233–260.
- Haacker M. (2011) Framing AIDS as an Economic Development Challenge. *The Brown Journal of World Affairs*, vol. 17, no. 2, pp. 65–76.
- Haberman S., Pitacco E. (1999) *Actuarial Models for Disability Insurance*. London, Chapman & Hall / CRC Press. 280 p.
- Handbook of Infectious Disease Data Analysis*. (2019) Eds Held L., Hens N., O’Neill, Wallinga J. Taylor and Francis Group. 566 p.
- Hethcote H. W. (2000) The Mathematics of Infectious Diseases. *Society for Industrial and Applied Mathematics Review*, vol. 42, no. 4, pp. 599–653.

- Jia N., Tsui L. (2005) Epidemic Modelling using SARS as a Case Study. *North American Actuarial Journal*, vol. 9, iss. 4, pp. 28–42. <https://doi.org/10.1080/10920277.2005.10596223>
- Kermack W.O., McKendrick A. (1927) A contribution to the mathematical theory of epidemics. *Proceedings of the Royal Society of London A*, vol. 115, no. 834, pp. 700–772.
- Koehn P. (2017) “Pathogens without borders: ERIDs as privilege leveler?” in Koehn P. (ed.) *Transnational Mobility and Global Health Traversing Borders and Boundaries*. Routledge, pp. 171–186.
- Kotlobovsky I. B., Sirichenko N. V. (2017) Innovative information technologies for the insurance industry. *Finansy*, no. 9, pp. 38–44. (In Russian)
- Kudryavtsev A. A., Vdovina A. A. (2010) Modeling the life insurance reserve in the presence of positive feedback. *St Petersburg University Journal of Economic Studies*, no. 3, pp. 57–65. (In Russian)
- Kuznetsova N., Chernova G., Prokopjeva E., Boldyreva N. (2019) Governance of factors for the regional insurance market development (evidence from Russia). *Problems and Perspectives in Management*, vol. 17, iss. 3, pp. 492–507.
- Labana R. (2020) The Public Mental Health While in a Community Quarantine Due to COVID-19 Pandemic: A Scoping Review of Literature Using Google Scholar. *Preprints*, 2020050050. <https://doi.org/10.20944/preprints202005.0050.v1>.
- Lefèvre C., Picard P. (1999) Abel-Gontcharoff Pseudopolynomials and the Exact Final Outcome of SIR Epidemic Models (III). *Advances in Applied Probability*, vol. 31, iss. 2, pp. 532–550.
- Lefèvre C., Picard P. (2015) Risk models in insurance and epidemics: a bridge through randomized polynomials. *Probability in the Engineering and Informational Sciences*, vol. 29, pp. 399–420. <https://doi.org/10.1017/S0269964815000066>.
- Lefèvre C., Picard P., Simon M. (2017) Epidemic Risk and Insurance Coverage. *Journal of Applied Probability*, vol. 54, iss. 1, March, pp. 286–303. <https://doi.org/10.1017/jpr.2016.100>
- Lewis M. (2001) The Economics of Epidemics. *Georgetown Journal of International Affairs*, vol. 2, no. 2, Summer/Fall, pp. 25–31.
- Lynteris C. (2014) Introduction: The Time of Epidemics. *The Cambridge Journal of Anthropology*, vol. 32, no. 1, pp. 24–31.
- Makinen M. (2009) Pandemic. *International Actuarial Association, Task Force on Mortality*. 14 p.
- Maksimov V.P., Shipitsyna S.E., Levushkin V.A. (2010) Application of econometric models to the description of the regional insurance market. *Ekonomika regiona*, no. 4 (24), pp. 153–155. (In Russian)
- McKendrick A. (1926) Application of mathematics to medical problems. *Proceedings of the Edinburg Mathematical Society*, vol. 44 (834), pp. 98–130.
- Models for Infectious Human Diseases: Their Structure and Relation to Data*. (1996) Eds Isham V., Medley G. Cambridge, Cambridge University Press. 516 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511662935>
- Mollison D. (1985) “Sensitivity analysis of simple epidemic models” in Bacon P.J. (ed.) *Population Dynamics of Rabies in Wildlife*. London, Academic Press, pp. 223–234.
- Mollison D., Isham V., Grenfell B. (1994) Epidemics: Models and Data. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (Statistics in Society)*, vol. 157, no. 1, pp. 115–149.
- Myo T. (1993) “The Economic Implications of AIDS in Southeast Asia: Equity Considerations” in Bloom D., Lyons J.V. (eds). *Economic Implications of AIDS in Asia*. Delhi, United Nations Development Programme, pp. 161–181.
- Nebolsina E. (2018) Peculiarities of InsurTech development in the USA, the UK, China and Russia. *Proceedings of the 32nd International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2018 — Vision 2020: Sustainable Economic Development and Application of Innovation Management from Regional Expansion to Global Growth*, pp. 3509–3516.
- Noguchi J. (2006) *The science review article — An opportune genre in the construction of science (Linguistic Insights)*. Bern, Peter Lang, 274 p.
- Orlanyuk-Malitskaya L.A. (2017) Regional insurance: a theoretical aspect. *Strakhovoe delo*, no.9 (294), pp.49–55. (In Russian)
- O’Sullivan T.M. (2018) “Mitigating extreme infectious disease disaster risk” in Bier V. (ed.) *Risk in Extreme Environments. Preparing, Avoiding, Mitigating, and Managing*. Routledge, pp. 162–173.
- Over M. (1992) The Macroeconomic Impact of Aids in Sub-Saharan Africa. *World Bank Research Working Paper*. Washington, D. C. 39 p.
- Pilbeam C., Alvarez G., Wilson H. (2012) The governance of supply networks: A systematic literature review. *Supply Chain Management. An International Journal*, vol. 17, pp. 358–376.
- Resnick S.I. (1997) Discussion of the Danish Data on Large Fire Insurance Losses. *ASTIN Bulletin*, vol. 27, pp. 139–151.

- Rootzen H., Tajvidi N. (1997) Extreme Value Statistics and Windstorm Losses: A Case Study. *Scandinavian Actuarial Journal*, vol. 1, pp. 70–94.
- Shipitsyna S. E. (2010) Modeling and forecasting of the regional insurance market. *Ekonomika regiona*, no. 2, pp. 212–216. (In Russian)
- Spivak S., Abdysheva S. (2007) Inverse problems for Markov models. *Aktuarii*, no. 1, pp. 41–46. (In Russian)
- Spivak S. I., Abdysheva S. R. (2012) Inverse problems for Markov models. *Automation and Remote Control*, vol. 73, iss. 11, pp. 1929–1936.
- Sokolovska O. (2017) Trade credit insurance and asymmetric information problem. *Scientific Annals of Economics and Business*, vol. 64, iss. 1, pp. 123–137.
- Stracke A., Heinen W. (2006) Influenza Pandemic: The Impact on an Insured Lives Life Insurance Portfolio. *Actuary Magazine*, vol. 3 (3), pp. 22–26.
- Tarasova Yu. A., Voskovskaya E. S., Yarusova K. V. (2018) Assessment of regional insurance markets and their impact on the Russian insurance market. *Strakhovoe delo*, no. 10 (307), pp. 36–53. (In Russian)
- Tsakaev A. Kh., Yuldashev R. T. (2019) Possible growth points of the Russian insurance market and their key risks. *Strakhovoe delo*, no. 7 (316), pp. 46–53. (In Russian)
- Tsyganov A. A., Bryzgalov D. V. (2018) Digitalization of the insurance market: tasks, problems and prospects. *Ekonomika. Nalogi. Pravo*, no. 2, pp. 111–120. (In Russian)
- Tsyganov A. A., Kirillova N. V. (2018) Insurance market of the Russian Federation: regional aspect. *Ekonomika regiona*, vol. 4, iss. 4, pp. 1270–1281. (In Russian)
- Van Aardt C. (2002) The impact of HIV/AIDS on the South African labor market from a critical perspective. *Southern African Journal of Demography*, vol. 8, no. 1, pp. 47–59.
- Van Leeuwen J. A., Waltner-Toews D., Abernathy T., Smit B. (1999) Evolving Models of Human Health towards an Ecosystem Context. *Ecosystem Health*, vol. 5, pp. 204–219.
- Wagner J. (2020) *Streamlining Medicaid Enrollment during COVID-19 Public Health Emergency*. Center on Budget and Policy Priorities, Washington, DC. 8 p.
- Wang S. (1998) Aggregation of Correlated Risk Portfolios: Models and Algorithms. *Proceedings of the Casualty Actuarial Society*, LXXXV, pp. 848–939.
- Wang S., Dhaene J. (1998) Comonotonicity, Correlation Order and Premium Principles. *Insurance: Mathematics & Economics*, vol. 22, pp. 235–242.
- Wong C. M. L., Jensen O. (2020) The paradox of trust: perceived risk and public compliance during the COVID-19 pandemic in Singapore. *Journal of Risk Research*, vol. 23, iss. 7–8, pp. 1021–1030. <https://doi.org/10.1080/13669877.2020.1756386>
- Yan T. C., Schulte P., Lee Kuo Chuen D. (2017) “InsurTech and FinTech: Banking and Insurance Enablement” in Lee Kuo Chuen D., Deng R. (eds) *Handbook of Blockchain, Digital Finance, and Inclusion, Volume 1: Cryptocurrency, FinTech, InsurTech, and Regulation*. Elsevier, pp. 249–281.
- Yazykov A. D., Tsyganov A. A., Kirillova N. V., Yanenko E. A. (2019) General indicators of the OSAGO market 2015–2018. *Strakhovoe delo*, no. 4 (313), pp. 32–44. (In Russian)
- Znamensky A. B., Bogoyavlensky S. B. (2018) InsurTech: application areas, first results and implementation prospects. *Finansy*, no. 2, pp. 34–39. (In Russian)

Received: 03.07.2020

Accepted: 30.03.2021

Authors' information:

Sergey A. Belozyorov — Dr. Sci. in Economics, Professor; s.belozerov@spbu.ru

Elena V. Sokolovskaya — PhD in Economics, Senior Researcher, Associate Professor; e.sokolovskaya@spbu.ru

Anna A. Faizova — PhD in Economics, Associate Professor; a.faizova@spbu.ru