

УДК 330.15:330.131.7

JEL: R13, Q57

DOI 10.24147/1812-3988.2022.20(2).105-118

МНОГОМЕРНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ РЕГИОНОВ РОССИИ ПО УРОВНЮ КЛИМАТИЧЕСКИХ РИСКОВ ЭКОНОМИКИ

А.Ю. Андрухин

Кемеровский государственный медицинский университет (Кемерово, Россия)

Информация о статье

Дата поступления
15 февраля 2022 г.

Дата принятия в печать
2 марта 2022 г.

Тип статьи

Аналитическая статья

Ключевые слова

Климатические риски, региональная экономика, кластерный анализ, парниковые газы, оценка рисков

Аннотация. Рост климатических рисков и их высокая пространственная дифференциация в России определяют целесообразность многомерной классификации регионов по этому признаку. Цель статьи – разработка и апробация методики многомерной классификации регионов по уровню климатических рисков экономики. Методика исследования включала подбор адекватных показателей для определения уровня климатических рисков (7 показателей, отражающих отклонения температуры и объемов осадков в январе и в июле от средних многолетних значений, объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, включая парниковых газов); обработку полученного массива данных с помощью дескриптивной статистики для оценки дифференциации разных рисков; снижение информационной избыточности (исключение показателей, имеющих высокий уровень корреляции с другими). После этого выполнялся кластерный анализ методом «ближнего соседа». В результате выделено 5 кластеров, для каждого из которых определены наиболее важные климатические риски и их влияние на экономическое развитие. В первом кластере основной угрозой являются высокие летние температуры и дефицит осадков, что негативно влияет на сельское хозяйство, энергетику, общественное здоровье и здравоохранение. Второй кластер отличается низким уровнем климатических рисков в целом. В третьем кластере важнейший риск – большой объем эмиссии загрязняющих веществ в атмосферу. Это создает угрозу ограничений и запретов на деятельность, связанную с загрязнением воздуха, а также приводит к оттоку человеческих ресурсов, повышенной заболеваемости и смертности. В четвертом кластере риск связан не только с жарким летом, но и теплой зимой. Частые «переходы через ноль» опасны для сельскохозяйственных культур и ведут к ускоренному износу зданий, сооружений. В пятом кластере сочетаются риски теплой зимы (в части регионов есть вечная мерзлота, может происходить разрушение зданий, сооружений) и высокого уровня загрязнения воздуха.

MULTIDIMENSIONAL CLASSIFICATION OF RUSSIAN REGIONS ACCORDING TO THE LEVEL OF CLIMATE RISKS OF THE ECONOMY

A.Ju. Andruhin

Kemerovo State Medical University (Kemerovo, Russia)

Article info

Received
February 15, 2022

Accepted
March 10, 2022

Type paper

Analytical paper

Abstract. The growth of climate risks and their high spatial differentiation in Russia determine the expediency of multidimensional classification of regions on this basis. The purpose of the article is to develop and test the methodology of multidimensional classification of regions according to the level of climate risks of the economy. The research methodology included the selection of adequate indicators to determine the level of climate risks (7 indicators reflecting deviations of temperature and precipitation in January and July from the long-term average values, the volume of emissions of pollutants into the atmosphere, including greenhouse gases); processing of the obtained data array using descriptive statistics to assess the differentiation of risks; reduction of information redundancy (exclusion of indicators that have a high level of correlation with others). After that, there was performed cluster analysis using the "nearest neighbor" method. As a result, 5 clusters were identified, for each of them the most important climate risks and their impact on economic development were identified. In the first cluster, the main threat is high summer temperatures and lack of precipitation, which negatively affects agriculture, energy, public health and healthcare. The second cluster is characterized by a low level of climate risks in general. In the third cluster, the most important risk is a large volume of emissions of pollutants into the atmosphere. This creates a threat of restric-

Keywords

Climate risks, regional economy, cluster analysis, greenhouse gases, risk assessment

tions and prohibitions on activities related to air pollution, and also leads to an outflow of human resources, increased morbidity and mortality. In the fourth cluster, the risk is associated not only with hot summers, but also with warm winters. Frequent "transitions through zero" are dangerous for crops and lead to accelerated wear of buildings and structures. The fifth cluster combines the risks of a warm winter (in some regions there is permafrost, destruction of buildings and structures may occur) and a high level of air pollution.

1. Введение. Одним из главных трендов, влияющих на экономическое развитие в XXI в., стали климатические риски, уровень которых постоянно нарастет. Так, по данным Всемирной метеорологической ассоциации, в 2010–2019 гг. произошло около 3 200 природных катастроф, причинивших ущерб в размере 1 381 млрд долларов. Еще в 1980–1989 гг. катастроф было зарегистрировано значительно меньше (около 1 400) и они привели к ущербу на сумму менее 290 млрд долларов, а в 1970–1979 гг. произошло около 700 катастроф (ущерб около 175 млрд долларов) [1, с. 199].

Даже с учетом роста национального богатства большинства стран и инфляции доллара, увеличение уровня глобальных климатических рисков не вызывает сомнений. Не случайно Всемирный экономический форум в докладе *The Global Risks Report 2022* («Отчет о глобальных рисках 2022») в очередной раз назвал главным мировым риском климатические изменения¹. Россия не является исключением, за последние 20 лет опасные гидрометеорологические явления стали самыми масштабными по интенсивности и нанесенному ущербу за все годы наблюдений².

Поэтому практически все организации, регионы или страны вынуждены учитывать неблагоприятные воздействия климатических рисков, выделять дополнительные ресурсы на систему риск-менеджмента. В отдельных случаях, впрочем, климатический риск является спекулятивным, а не чистым (в частности, он может обеспечить рост урожайности сельскохозяйственных культур или смягчение погодных условий в регионах с суровыми погодными условиями), однако для большинства экономических акторов он несет только потери.

В России в 2021 г. состоялся запуск масштабной системы мониторинга и управления климатическими рисками, инициированный утверждением Приказом Министерства экономического развития РФ от 13 мая того же года № 267 Методических рекомендаций и показателей по вопросам адаптации к изменениям климата, ориентированных на интеграцию национальных, отраслевых, региональных и кор-

поративных систем управления рисками на основе единой методологии, хотя и остающихся пока рекомендательными.

При этом российские и мировые стандарты, рекомендации, методики по управлению климатическими рисками предполагают единый подход: идентификацию объектов и факторов риска, «инвентаризацию» конкретных рисков с учетом их вероятности и уязвимости объекта управления, расчет потенциального ущерба, выбор защитных мер. Для практики управления на микроуровне это объективно необходимо, однако при решении многих задач возникает необходимость интегральной оценки уровня рисков, ранжирования объектов в соответствии с ним. В России необходимо учитывать серьезную дифференциацию уровня и особенностей климатических рисков в региональном разрезе.

Как полагает автор, в практике региональных исследований и принятия решений была бы полезна обобщенная оценка климатических рисков на субфедеральном уровне, ранжирование субъектов Российской Федерации по степени риска, классификация регионов в зависимости от преобладающих видов риска. Это позволяет обосновать приоритетные сферы для мониторинга угроз, выделения дополнительных ресурсов, определять целесообразность развития того или иного вида деятельности с учетом рисков, получать целостное представление о климатических рисках в пространственном аспекте. Многомерная классификация регионов России по уровню климатических рисков будет способствовать принятию более обоснованных стратегических решений, а также определению приоритетных направлений риск-менеджмента с учетом результатов сравнительного анализа.

2. Обзор литературы. Последствия изменения климата для глобальной экономики – одна из центральных тем научного и экспертного дискурса в 2010–2020-х гг. Ожидаемые в долгосрочной перспективе климатические риски, их социально-экономические последствия для разных макрорегионов, отраслей достаточно хорошо изучены. Так, в работе А. Gambhir

с соавторами представлены характеристики краткосрочных (до 2030 г.) и долгосрочных (до 2050 г.) климатических рисков, а также возможный ущерб при повышении среднемировой температуры на 2 и 4 °С [2]. А.К. Magnan с соавторами исследован глобальный климатический риск, сделаны выводы о том, что даже при достижении низкого уровня выбросов к концу XXI в. этот риск удвоится, а при сохранении современных объемов эмиссии парниковых газов – увеличится в 4 раза, хотя при любом сценарии эффективная адаптация экономики и общества снизит потенциальный ущерб на 40 % [3].

Исследование J. Lawrence, P. Blackett, N.A. Cradock-Henry демонстрирует возможности быстрого проявления ряда взаимосвязанных рисков по «принципу домино» и необходимые для предотвращения таких сценариев изменения в системах принятия решений [4]. Вместе с тем признаются особенности климатических рисков (нелинейность, эндогенное происхождение), которые затрудняют применение к ним традиционных методов анализа, принятых в экономике, финансовой сфере [5–7]. Также раскрыто влияние на макроэкономические показатели не только непосредственно изменения среднегодовой температуры, но и трансформации комплекса погодных условий по сезонам года [8].

Оценки и измерения климатических рисков также широко представлены в зарубежных исследованиях, хотя климатическая аналитика является пока развивающейся областью знаний, где не сложилось общепризнанного методического подхода [9]. Наиболее авторитетные оценки, например Международной группы экспертов по изменению климата, не рассматривают потери от климатических рисков в стоимостном выражении, хотя отдельные финансовые организации, такие как страховщики, начинают пересматривать подходы к формированию тарифов, резервов в приморских районах, которые могут пострадать от повышения уровня Мирового океана [10]. Стандартом оценки рисков остается экспертиза с содержательным вербальным описанием климатических рисков и расчетом потенциального ущерба по каждому из них [11].

В ряде стран проведено ранжирование видов экономической деятельности по степени подверженности климатическим рискам. В работе Y.-I. Song и S. Lee на материалах Южной

Кореи показано, что наибольшее влияние они окажут на рыболовство. Причем эффективных мер защиты для данной отрасли практически не существует. Сельское хозяйство также подвержено высоким климатическим рискам, однако всё же может сократить их воздействие за счет ряда способов адаптации [12]. Существует также подход к измерению рисков, в соответствии с которым по уровню угроз и возможного ущерба дифференцируются не отрасли или регионы, а группы людей [13]. Наряду с этим изучаются субъективные оценки риска, основанные на психологическом восприятии степени угрозы различными группами [14].

В России одно из первых исследований влияния климатических рисков на национальную экономику было проведено Б.Н. Порфирьевым и В.М. Катцовым, которые показали, что даже при смягчении сурового климата на значительной части территории нашей страны общие потери от потепления всё равно превысят выгоды [15]. Последующие работы в основном выявляли и описывали климатические риски отдельных отраслей, регионов, а также в некоторой степени прогнозировали их последствия.

Наибольшее внимание закономерно привлекают климатические риски сельского хозяйства [16; 17]. Например, в исследовании В.Н. Павловой и С.Е. Варчевой оценено снижение урожайности пшеницы в Приволжском федеральном округе под влиянием роста степени засушливости климата [17]. Наряду с этим анализируются климатические риски строительства [18], нефтегазовой отрасли [19], хотя об интегральной оценке речи также не идет.

В региональном аспекте проблемы оценки рисков рассматриваются в ограниченном числе работ. Б.Н. Порфирьев и Н.Е. Терентьев систематизировали экологические риски арктической зоны и раскрыли их влияние на развитие Арктики на уровне качественных закономерностей [20]. В.В. Жолудева исследовала воздействие климатических изменений (температуры воздуха и осадков) на урожайность зерновых, картофеля, овощей в Ярославской области (такие изменения объясняют 15–20 % вариации урожайности), а также на заболеваемость (наблюдалась корреляционная связь с болезнями сердечно-сосудистой системы). В то же время изменения климата не повлияли на ВРП региона [21].

Е.Н. Яковлева, Н.Н. Яшалова и В.С. Васильцов, рассматривая климатоёмкость и энер-

гоемкость российской экономики в 2010-х гг., сделали вывод о снижении общего уровня климатических рисков в стране, в том числе благодаря государственной политике. В то же время проблема климатических рисков, высокой энергоемкости ВРП остается чрезвычайно острой для регионов со значительными объемами производства энергии и металлов, поэтому необходим более глубокий анализ в разрезе субъектов Российской Федерации, который, в свою очередь, требует организации сбора статистических данных о выбросах парниковых газов на субфедеральном уровне [22].

Необходимо отметить также исследование В.С. Васильцова с соавторами, где предложена двумерная классификация регионов России по уровню климатических рисков. Для этого использованы два показателя – энергоемкость экономики (в тоннах условного топлива на 10 тыс. руб. ВРП) и выбросы загрязняющих веществ в воздух на душу населения. Это позволило выделить 9 групп регионов. Например, для Москвы, Санкт-Петербурга, Московской, Новосибирской областей и др. климатический риск оценен как минимальный, а для Вологодской, Кемеровской, Липецкой, Мурманской, Свердловской областей и др. – как максимальный [23]. Данная классификация представляется интересной, но она учитывает скорее экологический, а не климатический риск (это взаимосвязанные, но не тождественные виды риска). Представляется, что в оценке региональных климатических рисков должны найти отражения именно изменения температуры, режима увлажнения, загрязнения воздуха.

Таким образом, научные представления об уровне климатических рисков в разных регионах России требуют дальнейшего развития. Необходимо определить общий уровень климатических рисков в субъектах Российской Федерации, дифференцировать их по этому показателю, выполнить многомерную классификацию, демонстрирующую как степень угроз в том или ином регионе, так и преобладающие факторы риска, которые будут отличаться.

Это позволит лицам, принимающим решения (федеральным органам исполнительной власти, администрациям субъектов Российской Федерации, участникам стратегического планирования, инвесторам, финансовым организациям и др.), определить, насколько значимы климатические риски для того или иного региона, где целесообразно реализовывать инве-

стиционные проекты, подверженные данному типу рисков, в каких случаях нужно выделение дополнительных ресурсов для защиты от климатических рисков. Следовательно, цель исследования – разработка и апробация методики многомерной классификации регионов по уровню климатических рисков экономики.

3. Гипотезы и методы исследования. Исследование исходит из двух гипотез. Во-первых, потенциально весьма значительное количество индикаторов климатических рисков требует многомерной классификации регионов по ряду оснований (что может быть реализовано, в частности, на основе кластерного анализа). Одномерная или двумерная классификация (наиболее простая методически и инструментально) не позволяет отразить многообразные характеристики климатических рисков полностью.

Во-вторых, учитывая долгосрочный характер климатических рисков, классификация должна опираться не на стоимостные показатели. Как справедливо отмечают в связи с этим В.И. Данилов-Данильян, В.М. Катцов и Б.Н. Порфирьев, временные рамки стоимостных оценок и прогнозов изменения климата несопоставимы: «Если временной горизонт климатологических моделей исчисляется несколькими десятками, а зачастую и сотнями лет, то экономические модели за пределами 20–25-летнего горизонта перестают быть экономическими, потому что весь инструментарий, прежде всего финансовый, в силу разных причин теряет смысл» [24, с. 918].

На первом этапе исследования, учитывая наличие и доступность информации, был проведен отбор показателей, которые могут использоваться при разработке многомерной классификации регионов по уровню климатических рисков. Мы исходили из того, что наиболее важные индикаторы – это непосредственно отклонения температуры воздуха и объемов атмосферных осадков от средних многолетних значений. Поэтому были сформированы ряды данных по 79 регионам России (автономные округа рассматривались в составе соответствующих субъектов Российской Федерации, данные по Москве и Московской области, Санкт-Петербургу и Ленинградской области, Севастополю и Республике Крым публикуются совместно), включающие четыре ключевых показателя:

– отклонение фактической средней месячной температуры воздуха от нормы в январе (ΔT_{jan}), °С;

– отклонение фактической средней месячной температуры воздуха от нормы в июле (ΔT_{jul}), °C;

– отношение количества осадков к норме в январе (DP_{jan}), %;

– отношение количества осадков к норме в июле (DP_{jul}), %.

Наряду с этим проводился анализ и подбор других показателей, которые могут характеризовать климатические риски в более широком контексте. Они могут быть связаны с неблагоприятными природными явлениями, вплоть до катастроф, а также с негативным воздействием на окружающую среду, влекущим дальнейшее изменение климата. Существенным ограничением исследования в связи с этим является отсутствие данных об эмиссии парниковых газов по регионам. Поэтому в работе в качестве показателей климатических рисков, обусловленных выбросами загрязняющих веществ в атмосферу, использованы следующие значения:

– объем выбросов загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных и передвижных источников, на душу населения (AE_{pc}), т;

– объем выбросов оксидов азота на душу населения (AEN_{pc}), т;

– объем выбросов оксидов углерода на душу населения (AEC_{pc}), т.

Эти показатели позволяют получить как общую характеристику выбросов загрязняющих веществ (среди которых широко представлены различные газы, обуславливающие парниковый эффект), так и, дополнительно, воз-

можность проанализировать эмиссию наиболее важных парниковых газов – оксидов углерода и азота.

Данные для расчета показателей климатического риска были получены из официальных публикаций Федеральной службы государственной статистики РФ (Росстата)³. Оценка климатических рисков и классификация регионов охватывает 2020 г. (позднейший год, по которому доступны данные).

На втором этапе исследования после формирования массива данных проводилась его обработка с использованием методов дескриптивной статистики для оценки степени межрегиональной вариации и характера распределения исследуемых показателей (нормальное или другое). Затем для исключения информационной избыточности строилась матрица парных коэффициентов корреляции. Из дальнейшего анализа выводились показатели, имеющие высокую корреляцию с другими.

На третьем этапе исследования проводилась многомерная классификация регионов России по уровню климатических рисков с использованием кластерного анализа, определялись наиболее важные риски для каждого кластера, формулировались содержательные выводы.

4. Результаты исследования. Используемые в исследовании 7 показателей по 79 регионам (не приводятся в статье в силу большого объема и громоздкости) были обработаны в программе SPSS 19.0 для получения основных характеристик дескриптивной статистики. Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1. Дескриптивная статистика показателей климатического риска регионов России
Table 1. Descriptive statistics of climate risk indicators of Russian regions

Показатель	ΔT_{jan}	ΔT_{jul}	DP_{jan}	DP_{jul}	AE_{pc}	AEN_{pc}	AEC_{pc}
Минимум	1,3	-0,4	40	15	0,003	0,000	0,000
Максимум	10,7	3,8	209	225	0,888	0,068	0,239
Размах вариации	9,4	4,2	169	210	0,885	0,068	0,239
Среднее арифметическое	6,86	1,69	113,1	92,52	0,121	0,013	0,036
Медиана	7,60	1,70	113,0	89	0,076	0,010	0,019
Модальное значение	8,80	–	–	–	–	–	0,010
Дисперсия (исправленная)	7,77	1,17	1515,63	2068,36	0,022	0,001	0,002
Среднее квадратическое отклонение	2,77	1,08	36,68	45,19	0,147	0,012	0,047
Относительное линейное отклонение, %	35,43	54,46	28,24	38,03	79,03	69,3	90,74
Коэффициент вариации, %	40,39	63,59	34,20	48,84	121,5	94,28	130,45
Уровень вариации	Умеренная				Сильная		
Асимметрия	Несущественная				Существенная, правосторонняя		
Экссесс	-1,15	-0,98	-0,66	0,04	9,85	4,11	5,35
Тип распределения	Нормальное				Близко к распределению Пуассона		

Данные табл. 1 обнаруживают значительные различия в вариации исследуемых показателей. Индикаторы, связанные с отклонениями температуры воздуха и количества осадков от средних многолетних норм, ожидаемо распределены по нормальному закону, что характерно для природных явлений. Степень асимметрии несущественная, на что указывают значение эксцесса, а также близость средних и медианных величин. Вариация показателей ΔT_{jan} , ΔT_{jul} , DP_{jan} , DP_{jul} является невысокой (коэффициент вариации не превышает 70 %). Следовательно, большая часть регионов России отличается умеренным уровнем климатических рисков по параметрам отклонений температуры и осадков от нормы. Экстремально высокий уровень рисков встречается достаточно редко.

Так, у показателя ΔT_{jan} среднее арифметическое значение составляет около 6,9 °С, медианное – около 7,6 °С. Зима во всех регионах России стала теплее, причем в большинстве из них – значительно. Это обуславливает проявление климатических рисков, реализующихся, в частности, при разрушении вечной мерзлоты и построек на ней, а также нанесении ущерба объектам промышленности и инфраструктуры вследствие зимних оттепелей с последующим возвратом температуры в зону отрицательных значений. Топливо-энергетический комплекс также сталкивается с определенными рисками, поскольку теплые зимы снижают потребность в топливе и энергии.

В то же время в наибольшей степени эти риски характерны для европейской части России, в Сибири и на Дальнем Востоке смягчение морозов не столь явно выражено. В целом можно говорить о сопоставимом уровне рисков экономики, связанных с повышением зимних температур в большинстве регионов России (хотя умеренная дифференциация, безусловно, существует). Это подтверждают приведенные в табл. 1 значения дисперсии, среднего квадратического отклонения ΔT_{jan} .

Риски, связанные с повышением летних температур, принято считать еще более серьезными, поскольку они провоцируют дефицит водных ресурсов, повышение пожарной опасности, увеличенный расход электрической энергии, выход из строя оборудования (например, линий электропередач) в сильную жару, возникновение опасных природных явлений. Кроме того, длительные периоды с сохранени-

ем высокой температуры воздуха влекут опасность для здоровья больших групп людей⁴.

При этом значения ΔT_{jul} указывают на умеренное повышение летних температур (среднее арифметическое и медиана составляют около 1,7 °С). Повышение более акцентированно в южных регионах России, а также в Поволжье. На северо-западе страны, в ряде регионов Сибири лето оказалось даже несколько холоднее средних значений. Летние температуры по сравнению с зимними увеличились не столь значительно, что говорит о вполне умеренном уровне соответствующих климатических рисков в большинстве регионов. Судя по показателям дисперсии, среднего квадратического отклонения, ситуация в разных регионах по уровню рисков вследствие повышения летних температур имеет умеренную степень дифференциации.

В то же время относительные показатели вариации ΔT_{jul} выше, чем ΔT_{jan} , вследствие того, что летние температуры в ряде случаев оказались даже ниже средних многолетних значений. Полученные оценки коррелируют с известными в литературе выводами о том, что для России в целом и для большинства регионов климатический риск находится на более низком уровне, чем в среднем в мире, а в ряде случаев повышение температуры может дать нашей стране определенные экономические и социальные преимущества.

Что касается изменения объемов атмосферных осадков, то из данных табл. 1 видно, что в большинстве регионов зимы стали более снежными, а летние периоды – более засушливыми. У показателей DP_{jan} и DP_{jul} медианные и средние значения очень близки, можно сказать, что для большинства российских регионов характерно превышение средних многолетних значений по январским осадкам на 13 % и сокращение летних на 8–10 %. Если относительные показатели отклонений сравнительно невелики, то абсолютные – весьма значительно, что объясняется размерностью показателей (десятки и сотни единиц). Следует отметить, что дефицит зимних осадков более характерен для южных регионов страны и Дальнего Востока. При этом общий риск, связанный с изменением объемов осадков, также не должен радикально отличаться по регионам страны.

Показатели, связанные с загрязнением атмосферы, в частности выбросами важнейших парниковых газов, имеют другой тип распределения, поскольку их значения обусловлены

экономическими, а не природными процессами. Их вариация значительно выше, распределение кардинально отличается от нормального и довольно близко к пуассоновскому. Существенная правосторонняя асимметрия указывает на наличие ограниченного числа регионов с наиболее высокими климатическими рисками вследствие выбросов в атмосферу загрязняющих веществ, в частности оксидов углерода и азота.

Если в наиболее проблемном регионе в атмосферу выбрасывается 888 кг загрязняющих веществ на душу населения, то в самом благополучном – около 3 кг. В максимальной

степени регионы дифференцированы по выбросам оксидов углерода – ключевого фактора дальнейшего нарастания климатических рисков. Таким образом, по климатическим рискам, связанным непосредственно с изменением температуры и объема осадков, регионы России отличаются значительно меньше, чем по рискам, обусловленным непосредственно эмиссией парниковых газов.

Для диагностики потенциальной информационной избыточности и поиска показателей, связанных высоким уровнем зависимости, была рассчитана матрица парных коэффициентов корреляции (табл. 2).

Таблица 2. Матрица парных коэффициентов корреляции между показателями климатического риска регионов России

Table 2. Matrix of paired correlation coefficients between indicators of climate risk in Russian regions

	ΔT_{jan}	ΔT_{jul}	DP_{jan}	DP_{jul}	AE_{pc}	AEN_{pc}	AEC_{pc}
ΔT_{jan}	1	-0,1900	0,2729	0,1137	-0,0118	-0,1172	0,0133
ΔT_{jul}	–	1	-0,0169	-0,4714	-0,1806	-0,1201	-0,1536
DP_{jan}	–	–	1	0,0265	0,1801	0,0790	0,1485
DP_{jul}	–	–	–	1	0,0652	-0,0111	0,0447
AE_{pc}	–	–	–	–	1	0,7863	0,7813
AEN_{pc}	–	–	–	–	–	1	0,7946
AEC_{pc}	–	–	–	–	–	–	1

Поскольку в исследовании рассматриваются данные по 79 регионам, то точное число степеней свободы $d.f.$ составляет 77. Однако в статистических таблицах, которые используются для оценки значимости коэффициента корреляции, при числе наблюдений более 50 принято указывать его критические значения только для целых десятков (70, 80, 90 и т. д.). Поэтому автор использовал критическое значение коэффициента корреляции для числа степеней свободы 80. На уровне значимости $\alpha = 0,05$ оно составляет 0,2172, на уровне значимости $\alpha = 0,01$ – 0,2830. В табл. 2 коэффициенты корреляции, отражающие статистически значимые связи между показателями, выделены заливкой.

Как видно из приведенных данных, наблюдается очень высокая (более 0,7813) корреляция между выбросами в атмосферу загрязняющих веществ в целом, оксидов углерода и азота. Это объясняется тем, что на оксиды углерода и азота приходится существенная доля общего загрязнения атмосферы, а структура выбросов не имеет существенных межрегиональных различий. При таком уровне корреляции использование сразу трех показателей практически

не повысит точности исследования, а лишь сделает анализ более громоздким. Поэтому в дальнейшем для многомерной классификации регионов по уровню климатических рисков будет использоваться только показатель AE_{pc} .

Среди других показателей можно отметить обратную зависимость отклонений температуры и объема осадков в июле (коэффициент корреляции -0,4714). Это также легко объяснимо: чем жарче летний период, тем меньше выпадает осадков вследствие большего числа солнечных дней. Поэтому автор считает возможным без потери информационной ценности исключить из дальнейшего рассмотрения также показатель DP_{jul} , оставив только ΔT_{jul} .

Наряду с этим на уровне значимости $\alpha = 0,05$ наблюдается статистическая связь между показателями отклонений температуры воздуха и атмосферных осадков от средних многолетних значений также в январе (коэффициент корреляции 0,2729). Зимой наиболее морозные дни обычно являются солнечными, поэтому повышение температуры января приводит к большей продолжительности облачной и снежной погоды. Исходя из этого, в дальней-

шем исследовании достаточно использовать только показатель ΔT_{jan} .

Следует отметить также, что связи между отклонениями январских и июльских температур в регионах России нет. Коэффициент корреляции по модулю статистически незначим и даже имеет отрицательный знак. Следовательно, риски, связанные с потеплением климата, реализуются в разных регионах по преимуществу в разные сезоны. Одновременное повышение температуры, как зимой, так и летом, не очень характерно для большинства субъектов Российской Федерации, что несколько увеличивает устойчивость их экономик.

Таким образом, для многомерной классификации российских регионов по уровню климатических рисков будут использованы три показателя из проанализированных семи: ΔT_{jan} , ΔT_{jul} и AE_{pc} . В работе проведен кластерный анализ с использованием метода «ближнего соседа», наилучшие результаты были показаны при выделении 5 групп регионов по уровню климатических рисков. В табл. 3 представлена многомерная классификация регионов России по уровню климатических рисков на основе кластерного анализа.

Таблица 3. Многомерная классификация регионов России по уровню климатических рисков на основе кластерного анализа

Table 3. Multidimensional classification of Russian regions by the level of climate risks based on cluster analysis

Кластер	Регионы	Число наблюдений
1	Мурманская область; Республика Адыгея; Краснодарский край; Республика Крым вместе с г. Севастополем; Республика Дагестан; Кабардино-Балкарская Республика; Карачаево-Черкесская Республика; Республика Северная Осетия-Алания; Чеченская Республика; Ставропольский край; Республика Бурятия; Забайкальский край; Амурская область; Чукотский автономный округ	14
2	Республика Ингушетия; Республика Алтай; Республика Тыва; Республика Хакасия; Камчатский край; Приморский край; Хабаровский край; Магаданская область; Сахалинская область; Еврейская автономная область	10
3	Белгородская область; Курская область; Республика Коми; Архангельская область, включая Ненецкий автономный округ; Калининградская область; Республика Калмыкия; Астраханская область; Ростовская область; Курганская область; Свердловская область; Тюменская область, включая Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий автономные округа; Алтайский край; Иркутская область; Кемеровская область; Новосибирская область; Омская область; Республика Саха (Якутия)	17
4	Воронежская область; Тамбовская область; Волгоградская область; Республика Башкортостан; Республика Татарстан; Удмуртская Республика; Чувашская Республика; Пермский край; Кировская область; Нижегородская область; Оренбургская область; Пензенская область; Самарская область; Саратовская область; Ульяновская область; Челябинская область	16
5	Брянская область; Владимирская область; Ивановская область; Калужская область; Костромская область; Липецкая область; Московская область вместе с г. Москвой; Орловская область; Рязанская область; Смоленская область; Тверская область; Тульская область; Ярославская область; Республика Карелия; Вологодская область; Ленинградская область вместе с г. Санкт-Петербургом; Новгородская область; Псковская область; Республика Марий Эл; Республика Мордовия; Красноярский край; Томская область	22

В большинстве случаев выделенные кластеры связаны с традиционными представлениями о географическом районировании России по комплексу природных и социально-экономических признаков. Так, в первом кластере выражено представительство регионов Северо-Кавказского, Южного, а также Дальневосточ-

ного федеральных округов. По преимуществу эти субъекты Российской Федерации можно охарактеризовать как приморские и (или) южные. Еще одна черта сходства – для большинства регионов второго кластера нехарактерен высокий уровень развития добычи полезных ископаемых и в целом тяжелой промышленности.

Во второй кластер попали преимущественно дальневосточные и сибирские регионы, в большинстве своем с весьма суровыми климатическими условиями, но, по преимуществу, с умеренной или низкой индустриальной нагрузкой на экологию. Третий кластер также объединяет в основном регионы Сибирского и Уральского федеральных округов, но практически для всех представителей этого кластера характерен высокий уровень развития тяжелой промышленности, часто – ресурсный характер экономики. В четвертом кластере находятся регионы, по большей части, Центрального и Приволжского федеральных округов, которые, как правило, отличаются достаточно высоким уровнем диверсификации экономики и умеренным климатом.

Наибольшим по количеству наблюдений (22 субъекта Российской Федерации) оказался пятый кластер. Сюда, в частности, попали крупнейшие по численности населения регионы страны (Московская область вместе с г. Москвой и Ленинградская область вместе с г. Санкт-Петербургом). С точки зрения географии, основная часть наблюдений относится к Центральному федеральному округу, а уровень экономического развития находится на среднем уровне и выше.

Климатические риски экономического развития каждого кластера, безусловно, в существенной мере отличаются. В табл. 4 представлены значения конечных центров кластеров, позволяющие определить различия между ними и судить об уровне проявления разных климатических рисков.

Таблица 4. Значения конечных центров кластеров при многомерной классификации регионов России по уровню климатических рисков

Table 4. Values of the end centers of clusters in the multidimensional classification of Russian regions by the level of climate risks

Показатель	Кластер				
	1	2	3	4	5
ΔT_{jan}	2,81	3,43	6,85	9,12	9,35
ΔT_{jul}	2,59	0,91	1,89	2,60	0,65
AE_{pc}	0,0877	0,1087	0,1843	0,0768	0,1295

Первый кластер отличается минимальным уровнем повышения январских температур воздуха по сравнению с многолетними значениями, тогда как повышение июльских температур является практически максимальным среди всех кластеров (формально оно всё же несколько ниже, чем в третьем кластере, – 2,59 против 2,60 °С). При этом для регионов первого кластера нехарактерна значительная эмиссия парниковых газов. Следовательно, основные климатические риски экономического и социального развития в регионах первого кластера связаны с более жарким летом. К ним относятся:

- для сельского хозяйства – снижение урожайности, гибель посевов вследствие засухливой погоды, дефицита водных ресурсов;
- для энергетики, объектов инфраструктуры – снижение эффективности передачи электроэнергии, выход из строя оборудования вследствие повышенных нагрузок;
- для большинства видов экономической деятельности – рост затрат на кондициониро-

вание и охлаждение воздуха (например, дата-центры могут столкнуться с резким повышением расходов электроэнергии для поддержания приемлемой температуры в рабочих залах), учащение и удлинение перерывов в электроснабжении, а также повышение степени пожарной опасности;

– для социальной сферы и публичной власти – рост нагрузки на систему здравоохранения вследствие роста заболеваемости (как неинфекционными, так и инфекционными болезнями).

Следует отметить, что климатические риски от повышения летних температур актуальны для регионов не только Северного Кавказа, но и Сибири (Забайкальский край, Республика Бурятия), где в силу континентального климата и так характерна летняя жара.

Второй кластер может считаться самым благополучным с точки зрения климатических рисков, они в наименьшей степени ограничивают экономическое развитие. По уровню повышения зимних и летних температур регио-

ны кластера занимают достаточно низкие позиции, сравнительно невысока также эмиссия загрязняющих веществ в атмосферу.

Для регионов третьего кластера характерен наиболее высокий уровень загрязнения атмосферы, что можно считать основным климатическим риском. По уровню повышения температур, как зимних, так и летних, входящие в третий кластер субъекты Российской Федерации занимают срединные позиции. Рост температур января и июля, периоды экстремальной жары, дефицит водных ресурсов не являются главными климатическими рисками в этих регионах. Основные угрозы связаны с высоким уровнем загрязнения атмосферы, что обуславливает следующие риски экономического развития:

– для промышленных потребителей – высокая вероятность ограничений и запретов на экономическую деятельность, связанную с загрязнением атмосферного воздуха, введения новых требований к технологическим процессам (например, обязательное использование наилучших доступных технологий);

– для коммерческих организаций и региона в целом – миграционный отток, обусловленный, в том числе, недовольством загрязнением воздуха, который приводит к сокращению человеческих ресурсов, рабочей силы, численности потенциальных потребителей (так, входящие в третий кластер Кемеровская, Омская области и др. являются в последние годы «антилидерами» внутренней миграции);

– для туризма, индустрии развлечений, креативных индустрий – ухудшение условий работы из-за визуального и физического загрязнения городской среды, природных ландшафтов;

– для социальной сферы и публичной власти – рост заболеваемости и смертности.

В регионах четвертого кластера ситуация с загрязнением воздуха наиболее благополучная, однако они лидируют по уровню повышения летних температур и очень близки к лидирующей позиции по повышению зимней. Следовательно, для них актуальны все риски, названные ранее для первого кластера. Кроме того, негативные последствия может вызвать значительное отклонение зимних температур от нормальных значений. Хотя в регионах четвертого кластера и не наблюдается вечной мерзлоты, учащение «переходов через ноль» в течение зимнего периода влечет угрозу выхода из строя объектов инфраструктуры, создает повышенную нагрузку на городское хозяйство.

Кроме того, зимние оттепели создают дополнительные риски для сельского хозяйства.

Для регионов пятого кластера ключевые климатические риски связаны с наиболее высокими положительными отклонениями январских температур от средних многолетних значений. Характер рисков в связи с этим будет совпадать с аналогичными рисками в четвертом кластере, но они будут более интенсивно проявлять себя. В частности, большинство эксплуатантов зданий и сооружений столкнутся с их ускоренным старением из-за роста количества циклов «промерзание – размораживание» в течение года.

Специфические риски будут актуальны для тех регионов кластера, где существует вечная мерзлота (Красноярский край, Томская область). Во-первых, будут происходить непосредственные деформации и разрушения зданий и сооружений. Во-вторых, таяние вечной мерзлоты скажется на возможностях добычи углеводородов вследствие его влияния на нефте- и газоотдачу пластов. Наряду с этим для регионов пятого кластера актуальны риски, связанные с загрязнением атмосферного воздуха, хотя они в целом менее остры по сравнению с третьим кластером.

5. Заключение. Постоянный рост климатических рисков экономического развития, а также дифференциация природно-климатических условий, экологической обстановки в региональном разрезе обуславливает целесообразность многомерной классификации субъектов Российской Федерации по этому параметру. Проведенное исследование показало, что климатические риски для экономики существенно различаются по разным кластерам регионов. Показатели, связанные с отклонениями температуры и объема осадков от средних многолетних значений, имеют умеренную межрегиональную вариацию и распределены по нормальному закону.

Показатели выбросов загрязняющих веществ в атмосферу распределены не по нормальному закону, имеют высокую вариацию, в ряду распределения наблюдается правосторонняя асимметрия. Следовательно, риски, связанные с изменением климата вследствие загрязнения атмосферы, эмиссии парниковых газов, очень существенно отличаются в межрегиональном аспекте, причем существует группа субъектов Российской Федерации, где ситуация наиболее сложная.

Достаточно полная оценка климатических рисков экономики по регионам России может быть получена при использовании 3 ключевых показателей, с которыми коррелируют остальные: отклонения фактической средней месячной температуры воздуха от нормы в январе и июле, выбросы загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных и передвижных источников, на душу населения. По результатам кластерного анализа получена многомерная классификация регионов, включающая 5 кластеров. Регионы каждого кластера сходны по природно-климатическим условиям, особенностям социально-экономического развития, а также существенно отличаются по климатическим рискам.

Для первого кластера наиболее характерно значительное повышение летних температур (при стабильности зимних), что может негативно сказаться на сельском хозяйстве, энергетике, общественном здоровье и здравоохранении, а также вызвать рост затрат на кондиционирование и охлаждение производственных помещений. Второй кластер характеризуется умеренными климатическими рисками, они в наименьшей степени выступают лимитирующими факторами экономического развития.

Для третьего кластера не характерны резкие отклонения температуры января и июля от средних многолетних значений, наиболее существенные климатические риски создает загрязнение воздуха. Это может приводить к дальнейшему изменению климата, а также утрате населения (человеческих ресурсов и рабочей силы), введению ограничений на экономическую деятельность, связанную с загрязнением воздуха, непривлекательности региона из-за визуального и физического загрязнения.

Четвертый кластер отличается высоким климатическим риском вследствие повышения как летних (в данном случае угрозы совпадают с рисками первого кластера), так и зимних температур, которые могут приводить к гибели сельскохозяйственных культур, ускоренному старению зданий и сооружений (вследствие учащения «переходов через ноль» в зим-

ний период). В регионах с вечной мерзлотой возможно физическое разрушение зданий и сооружений.

В пятом кластере наблюдается сочетание рисков, вызванных теплыми зимами и загрязнением атмосферного воздуха.

Проведенное исследование может представлять интерес для федеральных и региональных органов власти при принятии решений о развитии системы риск-менеджмента, выделении ресурсов, определении сильных и слабых сторон региона. Также оно может быть полезно инвесторам с точки зрения оценки преобладающих климатических рисков при выборе того или иного региона для реализации инвестиционных проектов. Выводы и рекомендации данного исследования в перспективе могут быть значительно расширены при условии сбора и публикаций статистических данных о региональной эмиссии парниковых газов в России.

Примечания

¹ The Global Risks Report 2022: Insight report / World Economic Forum. 17th Ed. URL: https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2022.pdf (дата обращения: 05.02.2022).

² Влияние климатических рисков и устойчивое развитие финансового сектора Российской Федерации: докл. для обществ. консультаций / Банк России. Май 2020. URL: https://www.cbr.ru/Content/Document/File/108263/Consultation_Paper_200608.pdf (дата обращения: 05.02.2022).

³ Средняя месячная температура воздуха в 2020 г. / Росстат. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/83ccpBmE/kl-8.xlsx> (дата обращения: 05.02.2022); Количество осадков в 2020 г. / Росстат. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/TQN9Lemw/kl-9.xlsx> (дата обращения: 05.02.2022); Основные показатели охраны окружающей среды: стат. бюл. М.: Росстат, 2021. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/oxr_bul_2021.pdf (дата обращения: 05.02.2022); Регионы России. Социально-экономические показатели. 2021: стат. сб. М.: Росстат, 2021. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region_Pokaz_2021.pdf (дата обращения: 05.02.2022).

⁴ Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). СПб., 2017. URL: <https://meteoinfo.ru/images/media/books-docs/klim-riski-2017.pdf> (дата обращения: 05.02.2022).

Литература

1. Лукьянец А. С., Брагин А. Д. Оценка масштабов и перспектив влияния климатических рисков на социально-экономическое развитие России // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2021. – Т. 14. – № 6. – С. 197–209. – DOI: 10.15838/esc.2021.6.78.11.
2. Gambhir A., George M., McJeon H., Arnell N. W., Bernie D., Mittal S., Köberle A. C., Lowe J., Rogelj J., Monteith S. Nearterm transition and longer-term physical climate risks of greenhouse gas emis-

sions pathways // *Nature Climate Change*. – 2022. – Vol. 12, iss. 1. – P. 88–96. – DOI: 10.1038/s41558-021-01236-x.

3. Magnan A. K., Pörtner H.-O., Duvat V., Garschagen M., Guinder V. A., Zommers Z., Hoegh-Guldberg O., Gattuso J.-P. Estimating the global risk of anthropogenic climate change // *Nature Climate Change*. – 2021. – Vol. 11, iss. 10. – P. 879–885. – DOI: 10.1038/s41558-021-01156-w.

4. Lawrence J., Blackett P., Cradock-Henry N. A. Cascading climate change impacts and implications // *Climate Risk Management*. – 2020. – Vol. 29. – Art. 100234. – DOI: 10.1016/j.crm.2020.100234.

5. Battiston S., Dafermos Y., Monasterolo I. Climate risks and financial stability // *Journal of Financial Stability*. – 2021. – Vol. 54. – No. 6. – Art. 100867. – DOI: 10.1016/j.jfs.2021.100867.

6. Ramos L., Gallagher K. P., Stephenson C., Monasterolo I. Climate risk and IMF surveillance policy: a baseline analysis // *Climate Policy*. – 2021. – Vol. 21, iss. 3. – P. 371–388. – DOI: 10.1080/14693062.2021.2016363.

7. Li H.-M., Wang X.-C., Zhao F., Qi Y. Understanding systemic risk induced by climate change // *Advances in Climate Change Research*. – 2021. – Vol. 12. – No. 3. – P. 384–394. – DOI: 10.1016/j.accr.2021.05.006.

8. Stan K., Watt G. A., Sanchez-Azofeifa A. Financial stability in response to climate change in a northern temperate economy // *Nature Communications*. – 2021. – Vol. 12. – Art. 7161. – DOI: 10.1038/s41467-021-27490-3.

9. Fiedler T., Pitman A. J., Mackenzie K., Wood N., Jakob C., Perkins-Kirkpatrick S. E. Business risk and the emergence of climate analytics // *Nature Climate Change*. – 2021. – Vol. 11. – P. 87–94. – DOI: 10.1038/s41558-020-00984-6.

10. Simpson N. P., Mach K. J., Constable A., Hess J., Hogarth R., Howden M., Lawrence J., Lempert R. J., Muccione V., Mackey B., New M. G., O'Neill B., Otto F., Pörtner H.-O., Reisinger A., Roberts D., Schmidt D. N., Seneviratne S., Strongin S., van Aalst M., Totin E., Trisos Ch. H. A framework for complex climate change risk assessment // *One Earth*. – 2021. – Vol. 4, iss. 4. – P. 489–501. – DOI: 10.1016/j.oneear.2021.03.005.

11. Armstrong C. W., Vondolia G. K., Foley N. S., Henry L. A., Needham K., Ressurreição A. Expert assessment of risks posed by climate change and anthropogenic activities to ecosystem services in the deep North Atlantic // *Frontiers in Marine Science*. – 2019. – Vol. 6. – Art. 158. – DOI: 10.3389/fmars.2019.00158.

12. Song Y. I., Lee S. Climate change risk assessment for the Republic of Korea: developing a systematic assessment methodology // *Landscape and Ecological Engineering*. – 2021. – Vol. 18, iss. 2. – P. 191–202. – DOI: 10.1007/s11355-021-00491-6.

13. Harrington L. J., Schleussner C. F., Otto F. E. Quantifying uncertainty in aggregated climate change risk assessments // *Nature Communications*. – 2021. – Vol. 12. – Art. 7140. – DOI: 10.1038/s41467-021-27491-2.

14. Faisala M., Sahab M., Sattarb A., Biswasb A., Hossain A. Evaluation of climate induced hazards risk for coastal Bangladesh: a participatory approach-based assessment // *Geomatics, Natural Hazards and Risk*. – 2021. – Vol. 12. – No. 1. – P. 2477–2499. – DOI: 10.1080/19475705.2021.1967203.

15. Порфирьев Б. Н., Катцов В. М. Последствия изменений климата в России и адаптация к ним // *Вопросы экономики*. – 2011. – № 11. – С. 94–108. – DOI: 10.32609/0042-8736-2011-11-94-108.

16. Кочугова Е. А. Оценка климатических рисков в целях устойчивого развития сибирского региона // *География и природные ресурсы*. – 2020. – Т. 41. – № S5. – С. 52–59. – DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2020-5(52-59).

17. Павлова В. Н., Варчева С. Е. Оценка климатических рисков при производстве зерновых культур в Приволжском федеральном округе // *Агрофизика*. – 2017. – № 2. – С. 1–8.

18. Порфирьев Б. Н., Хлебникова Е. И. Строительство в условиях изменений климата в Арктике: риски и возможности их снижения // *Экономика строительства*. – 2015. – № 6. – С. 4–15.

19. Михеев П. Н. О подходах к учету рисков изменения климатических условий при планировании реализации нефтегазовых проектов // *Проблемы анализа риска*. – 2021. – Т. 18. – № 1. – С. 52–65. – DOI: 10.32686/1812-5220-2021-18-1-52-65.

20. Порфирьев Б. Н., Терентьев Н. Е. Эколого-климатические риски социально-экономического развития Арктической зоны Российской Федерации // *Экологический вестник России*. – 2016. – № 1. – С. 32–39.

21. Жолудева В. В. Статистическая оценка влияния изменений климата на социально-демографические процессы // Статистика и экономика. – 2019. – Т. 16. – № 6. – С. 57–66. – DOI: 10.21686/2500-3925-2019-6-57-66.
22. Яковлева Е. Н., Яшалова Н. Н., Васильцов В. С. Климатическая безопасность Российской Федерации: статистика, факты, анализ // Вопросы статистики. – 2020. – Т. 27. – № 2. – С. 74–84. – DOI: 10.34023/2313-6383-2020-27-2-74-84.
23. Васильцов В. С., Яшалова Н. Н., Яковлева Е. Н., Харламов А. В. Национальная климатическая политика: концептуальные основы и проблемы адаптации // Экономика региона. – 2021. – Т. 17. – Вып. 4. – С. 1123–1136. – DOI: 10.17059/ekon.reg.2021-4-6.
24. Данилов-Данильян В. И., Катцов В. М., Порфирьев Б. Н. Проблема климатических изменений – поле сближения и взаимодействия естественных и социогуманитарных наук // Вестник Российской академии наук. – 2020. – Т. 90. – № 10. – С. 914–925. – DOI: 10.31857/S0869587320100035.

References

1. Luk'yanets A.S., Bragin A.D. Assessing the scale and prospects of the impact of climate-related risks on Russia's socio-economic development. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 2021, Vol. 14, no. 6, pp. 197-209. DOI: 10.15838/esc.2021.6.78.11. (in Russian).
2. Gambhir A., George M., McJeon H., Arnell N.W., Bernie D., Mittal S., Köberle A.C., Lowe J., Rogelj J., Monteith S. Nearterm transition and longer-term physical climate risks of greenhouse gas emissions pathways. *Nature Climate Change*, 2022, Vol. 12, iss. 1, pp. 88-96. DOI: 10.1038/s41558-021-01236-x.
3. Magnan A.K., Pörtner H.-O., Duvat V., Garschagen M., Guinder V.A., Zommers Z., Hoegh-Guldberg O., Gattuso J.-P. Estimating the global risk of anthropogenic climate change. *Nature Climate Change*, 2021, Vol. 11, iss. 10, pp. 879-885. DOI: 10.1038/s41558-021-01156-w.
4. Lawrence J., Blackett P., Cradock-Henry N.A. Cascading climate change impacts and implications. *Climate Risk Management*, 2020, Vol. 29, art. 100234. DOI: 10.1016/j.crm.2020.100234.
5. Battiston S., Dafermos Y., Monasterolo I. Climate risks and financial stability. *Journal of Financial Stability*, 2021, Vol. 54, no. 6, art. 100867. DOI: 10.1016/j.jfs.2021.100867.
6. Ramos L., Gallagher K.P., Stephenson C., Monasterolo I. Climate risk and IMF surveillance policy: a baseline analysis. *Climate Policy*, 2021, Vol. 21, iss. 3, pp. 371-388. DOI: 10.1080/14693062.2021.2016363.
7. Li H.-M., Wang X.-C., Zhao F., Qi Y. Understanding systemic risk induced by climate change. *Advances in Climate Change Research*, 2021, Vol. 12, no. 3, pp. 384-394. DOI: 10.1016/j.accre.2021.05.006.
8. Stan K., Watt G.A., Sanchez-Azofeifa A. Financial stability in response to climate change in a northern temperate economy. *Nature Communications*, 2021, Vol. 12, art. 7161. DOI: 10.1038/s41467-021-27490-3.
9. Fiedler T., Pitman A.J., Mackenzie K., Wood N., Jakob C., Perkins-Kirkpatrick S.E. Business risk and the emergence of climate analytics. *Nature Climate Change*, 2021, Vol. 11, pp. 87-94. DOI: 10.1038/s41558-020-00984-6.
10. Simpson N.P., Mach K.J., Constable A., Hess J., Hogarth R., Howden M., Lawrence J., Lempert R.J., Muccione V., Mackey B., New M.G., O'Neill B., Otto F., Pörtner H.-O., Reisinger A., Roberts D., Schmidt D.N., Seneviratne S., Strongin S., van Aalst M., Totin E., Trisos Ch.H. A framework for complex climate change risk assessment. *One Earth*, 2021, Vol. 4, iss. 4, pp. 489-501. DOI: 10.1016/j.oneear.2021.03.005.
11. Armstrong C.W., Vondolia G.K., Foley N.S., Henry L.A., Needham K., Ressurreição A. Expert assessment of risks posed by climate change and anthropogenic activities to ecosystem services in the deep North Atlantic. *Frontiers in Marine Science*, 2019, Vol. 6, art. 158. DOI: 10.3389/fmars.2019.00158.
12. Song Y.I., Lee S. Climate change risk assessment for the Republic of Korea: developing a systematic assessment methodology. *Landscape and Ecological Engineering*, 2021, Vol. 18, iss. 2, pp. 191-202. DOI: 10.1007/s11355-021-00491-6.
13. Harrington L.J., Schleussner C.F., Otto F.E. Quantifying uncertainty in aggregated climate change risk assessments. *Nature Communications*, 2021, Vol. 12, art. 7140. DOI: 10.1038/s41467-021-27491-2.

14. Faisala M., Sahab M., Sattar A., Biswas A., Hossain A. Evaluation of climate induced hazards risk for coastal Bangladesh: a participatory approach-based assessment. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 2021, Vol. 12, no. 1, pp. 2477-2499. DOI: 10.1080/19475705.2021.1967203.

15. Porfiriev B., Kattsov V. Implications of and adaptation to climate change in Russia: assessment and forecast. *Voprosy ekonomiki*, 2011, no. 11, pp. 94-108. DOI: 10.32609/0042-8736-2011-11-94-108. (in Russian).

16. Kochugova E.A. Assessing climatic risks for the purpose of sustainable development of the Siberian region. *Geography and Natural Resources*, 2020, Vol. 41, no. 5, pp. 52-59. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2020-5(52-59). (in Russian).

17. Pavlova V.N., Varcheva S.E. Estimation of climatic risks at the production of grain crops in the Volga Federal District. *Agrophysica*, 2017, no. 2, pp. 1-8. (in Russian).

18. Porfiriev B.N., Khlebnikova E.I. Construction in conditions of climate change in the Arctic region: risks and opportunities to reduce them. *Construction Economy*, 2015, no. 6, pp. 4-15. (in Russian).

19. Mikheev P.N. On approaches to taking into account the risks of changing climatic conditions when planning and implementing oil and gas projects. *Issues of Risk Analysis*, Vol. 18, no. 1, pp. 52-65. DOI: 10.32686/1812-5220-2021-18-1-52-65. (in Russian).

20. Porfiriev B.N., Terentiev N.E. Ekologo-klimaticheskie riski sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Arkticheskoi zony Rossiiskoi Federatsii [Ecological and climatic risks of socio-economic development of the Arctic zone of the Russian Federation]. *Ekologicheskii vestnik Rossii*, 2016, no. 1, pp. 32-39. (in Russian).

21. Zholudeva V.V. Statistical assessment of the impact of climate change on social and demographic processes (on the example of the Yaroslavl region). *Statistics and Economics*, 2019, Vol. 16, no. 6, pp. 57-66. DOI: 10.21686/2500-3925-2019-6-57-66. (in Russian).

22. Yakovleva E.N., Yashalova N.N., Vasil'tsov V.S. Klimaticheskaya bezopasnost' Rossiiskoi Federatsii: statistika, fakty, analiz [Climate security of the Russian Federation: statistics, facts, analysis]. *Voprosy statistiki*, 2020, Vol. 27, no. 2, pp. 74-84. DOI: 10.34023/2313-6383-2020-27-2-74-84. (in Russian).

23. Vasil'tsov V.S., Yashalova N.N., Yakovleva E.N., Kharlamov A.V. National Climate Policy: Conceptual Framework and Adaptation Problems. *Economy of regions*, 2021, Vol. 17, no. 4, pp. 1123-1136. DOI: 10.17059/ekon.reg.2021-4-6. (in Russian).

24. Danilov-Danil'yan V.I., Kattsov V.M., Porfirev B.N. Problema klimaticheskikh izmenenii – pole sbliuzheniya i vzaimodeistviya estestvennykh i sotsiogumanitarnykh nauk [The problem of climate change is a field of rapprochement and interaction between natural sciences and socio-humanitarian sciences]. *Vestnik Rossiiskoi akademii nauk*, 2020, Vol. 90, no. 10, pp. 914-925. DOI: 10.31857/S0869587320100035. (in Russian).

Сведения об авторе

Андрюхин Александр Юрьевич – канд. экон. наук, преподаватель кафедры общественного здоровья, организации и экономики здравоохранения
Адрес для корреспонденции: 650056, Россия, Кемерово, ул. Ворошилова, 22а
E-mail: sandryuhin@mail.ru
РИНЦ AuthorID: 187493

About the author

Alexander Ju. Andriuhin – PhD in Economic Sciences, lecturer of the Department of Public Health, Organization and Economics of Health Care
Postal address: 22a, Voroshilova ul., Kemerovo, 650056, Russia
E-mail: sandryuhin@mail.ru
RSCI AuthorID: 187493

Для цитирования

Андрюхин А. Ю. Многомерная классификация регионов России по уровню климатических рисков экономики // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». – 2022. – Т. 20, № 2. – С. 105–118. – DOI: 10.24147/1812-3988.2022.20(2).105-118.

For citations

Andriuhin A.Ju. Multidimensional classification of Russian regions according to the level of climate risks of the economy. *Herald of Omsk University. Series "Economics"*, 2022, Vol. 20, no. 2, pp. 105-118. DOI: 10.24147/1812-3988.2022.20(2).105-118. (in Russian).