

И.А. Макаров

НИУ ВШЭ, Москва

А.В. Чернокульский

Институт физики атмосферы имени А.М. Обухова РАН; НИУ ВШЭ, Москва

Влияние изменения климата на экономику России: рейтинг регионов по необходимости адаптации¹

Аннотация. Изменение климата, на территории России протекающее быстрее, чем в среднем по миру, сопряжено со значительным потенциальным ущербом для населения и экономики. Для минимизации этого ущерба необходима система адаптационных мероприятий. С учетом разнообразия климатических и экономических условий на территории России, а также в условиях ограниченных ресурсов для реализации таких мероприятий важно выстраивать приоритеты, в том числе выявлять те субъекты федерации, которые сталкиваются с наиболее высоким уровнем климатических рисков. В данном исследовании составлен рейтинг регионов по уровню физических рисков изменения климата и необходимости адаптации к ним. Рейтинг построен с использованием аналитической схемы «воздействие – подверженность – уязвимость» и основан на ранжировании регионов с учетом каждого из этих компонентов климатического риска. Рейтинг представлен для четырех ключевых типов воздействия изменения климата: влияния аномально высокой температуры воздуха на здоровье городского населения; влияния засух на сельское хозяйство; учащения лесных пожаров и таяния вечной мерзлоты. Полученные нами результаты представлены отдельно для регионального и федерального уровней целеполагания; они дают объективную основу для расстановки приоритетов финансирования адаптационных мероприятий.

Ключевые слова: *изменение климата, климатические риски, адаптация к изменению климата, региональная экономика.*

Для цитирования: Макаров И.А., Чернокульский А.В. (2023). Влияние изменения климата на экономику России: рейтинг регионов по необходимости адаптации // *Журнал Новой экономической ассоциации*. № 4 (61). С. 145–202.

DOI: 10.31737/22212264_2023_4_145-202

EDN: LQDYUW

1. Введение

В последние десятилетия проблема изменения климата стала одной из центральных тем в международной повестке дня, а экономика изменения климата превратилась в одну из наиболее быстро развивающихся научных дисциплин. Изменение климата проявляется, в том числе, в повышении средней глобальной температуры, подъеме уровня Мирового океана и росте кислотности океана, изменении режима выпадения осадков, таянии ледников и морских льдов, деградации вечной мерзлоты, увеличении числа погодных аномалий и опасных гидрометеорологических явлений (IPCC, 2021; Росгидромет, 2022). Последствия этих процессов провоцируют возникновение так называемых «физических климатических рисков», связанных с воздействием изменений в окружающей среде

¹ Исследование осуществлено в рамках Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ в 2023 году. Авторы выражают благодарность А.К. Соколовой, М.О. Григоряну, К.М. Потеряйко и Е.А. Стариковой за помощь в работе с количественными данными, используемыми в данной статье. Авторы также ценят поддержку Факультета мировой экономики и мировой политики НИУ ВШЭ.

на здоровье человека, сельское хозяйство и землепользование, обеспеченность водными ресурсами, инфраструктуру, городскую среду, туризм и т.д. (IPCC, 2022).

В России средняя приповерхностная температура воздуха повышается в 2,5 раза быстрее, чем в среднем по миру (Росгидромет, 2022). В ближайшие десятилетия изменения климата приведут к серьезным последствиям для населения и экономики (Порфирьев, Данилов-Данильян, 2022). Однако, несмотря на актуальность проблемы, экономические оценки последствий изменения климата в России на данный момент недостаточны и фрагментарны.

Одним из основных способов анализа экономических последствий изменения климата является использование интегрированных оценочных моделей, которые устанавливают взаимосвязи между выбросами парниковых газов в результате хозяйственной деятельности, изменением климатических переменных (например, температура и осадки) и результирующим изменением экономических показателей (выпуск в разных отраслях и благосостояние населения). В большинстве глобальных интегрированных оценочных моделей Россия рассматривается в качестве одного из регионов. Многие из них, в том числе модель DICE/RICE У. Нордхауса, демонстрируют, что Россия является одной из немногих стран, которые могут извлечь выгоду из умеренного изменения климата – например за счет повышения урожайности сельскохозяйственных культур или развития туризма (Nordhaus, 2011; Stern, 2007; Roson, Sartori, 2016). Однако ряд глобальных интегрированных оценочных моделей показывают, что Россия может выиграть только от небольшого повышения температуры, а более агрессивные сценарии потепления приведут к чистым издержкам (Ricke et al., 2018; Khan et al., 2019). Наконец, некоторые исследования приводят и однозначно негативные оценки изменения российского ВВП при любом уровне потепления (Kompas, Pham, Che, 2018).

Ограничения оценок интегрированных оценочных моделей состоят в том, что они всегда даются в агрегированном виде, игнорируя специфические характеристики той или иной территории. Более того, как правило, рассматривается некоторый типовой набор воздействий климатических изменений, характерных для большинства стран: например, влияние на сельское хозяйство, туризм, водное хозяйство, прибрежные территории. Однако одно из важнейших воздействий изменения климата в России, связанное с таянием вечной мерзлоты, в подавляющем большинстве других стран отсутствует. Как следствие, это воздействие недооценивается в анализе с использованием интегрированных оценочных моделей, и оценки влияния изменения климата на экономику, полученные с их помощью для России, как правило, существенно занижены.

Неудивительно, что российские ученые, изучающие последствия изменения климата для России, не разделяют точку зрения о том, что страна станет их бенефициаром. В российской литературе (Катцов, Порфирьев, 2011; Порфирьев, Данилов-Данильян, 2022) экономический ущерб от изменения климата оценивается в пределах в 1–2% ВВП к 2030 г., при этом в некоторых регионах он может составить до 4–5% ВВП. Скудность экономических оценок потенциального ущерба от изменения климата в России обусловлена нехваткой детализированной пространственной экономической статистики: если современные климатические модели позволяют с определенными допущениями оце-

нить количественные изменения ключевых климатических переменных при разных сценариях изменения климата с достаточно высоким пространственным разрешением, то экономическая статистика существует лишь в границах административных единиц, включая такие крупные, как Красноярский край или Якутия, внутри которых разным районам (например, южным и северным) присущи качественно различные климатические риски. При этом корректная оценка климатических рисков необходима для проведения эффективных адаптационных мероприятий (см. (Липка, Романовская, Семенов, 2020) и материалы Росгидромета²).

Принятый в 2019 г. «Национальный план мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 г.» (далее – «План первого этапа») основан на понимании того, что Россия сталкивается как с положительными, так и с отрицательными его последствиями. Подчеркивается, что «отмечаемые в последние годы масштабные социально-экономические последствия температурных и барических контрастов, экстремальных осадков и наводнений доказывают растущую уязвимость населения и экономики к экстремальным погодно-климатическим воздействиям и, соответственно, актуальность и стратегическую значимость планирования мер адаптации»³. В «Плане первого этапа» также упоминаются положительные последствия изменения климата (табл. 1), которыми, однако, невозможно будет воспользоваться в случае отсутствия мер адаптации к климатическим изменениям.

Таблица 1

Положительные и отрицательные последствия изменения климата в России, изложенные в «Национальном плане мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 года»⁴

Отрицательные	Положительные
<ul style="list-style-type: none"> – повышение риска для здоровья населения; – рост повторяемости, интенсивности и продолжительности засух в одних регионах, экстремальных осадков, наводнений и опасного для сельского хозяйства переувлажнения почвы – в других; – повышение пожароопасности в лесных массивах; – деградация вечной мерзлоты в северных регионах с ущербом для строений и коммуникаций; – нарушение экологического равновесия, в том числе вытеснение одних биологических видов другими; – распространение инфекционных и паразитарных заболеваний; – увеличение расхода электроэнергии на кондиционирование воздуха в теплый сезон 	<ul style="list-style-type: none"> – сокращение расходов энергии в отопительный период; – улучшение ледовой обстановки и, соответственно, условий транспортировки грузов в арктических морях, облегчение доступа к континентальному шельфу Российской Федерации в Северном Ледовитом океане; – улучшение структуры и расширение зоны растениеводства, а также повышение эффективности животноводства (при выполнении ряда дополнительных условий и принятии определенных мер); – повышение продуктивности бореальных лесов

² «Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год» (<https://meteoinfo.ru/novosti/16843-doklad-ob-osobennostyakh-klimata-na-territorii-rossijskoj-federatsii-za-2019-god?ysclid=lnlo0lmce6735707032>) и «Доклад о научно-методических основах для разработки стратегий адаптации к изменениям климата в Российской Федерации (в области компетенции Росгидромета)» под ред. В.М. Катцова, Б.Н. Порфирьева. Саратов: Амирит (<http://cc.voeikovmgo.ru/images/dokumenty/2020/dokladRGM.pdf>).

³ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25 декабря 2019 г. № 3183-р «Национальный план мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 года» (<http://government.ru/docs/38739/>).

⁴ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25 декабря 2019 г. № 3183-р (<http://government.ru/docs/38739/>).

В марте 2023 г. принят «Национальный план мероприятий второго этапа адаптации к изменениям климата на период до 2025 года» («План второго этапа»), содержащий перечень мероприятий по организационному, нормативно-правовому, научно-методическому и информационному обеспечению адаптации⁵. Предполагается, что до 2025 г. должен быть разработан национальный план мероприятий третьего этапа адаптации, содержащий конкретные меры, разработка которых продолжается на отраслевом и региональном уровнях.

К этому моменту встанет вопрос о финансировании адаптационных мероприятий. При этом очевидно, что имеющиеся финансовые и кадровые ограничения в реализации действенных программ адаптации к последствиям изменения климата требуют расстановки приоритетов. Мы исходим из того, что приоритет в реализации адаптационных мероприятий должен принадлежать регионам, которые сталкиваются с наибольшим уровнем климатических рисков и, как следствие, — в наибольшей степени нуждаются в адаптации к ним. Необходимость в проведении плановых мероприятий по адаптации в том или ином регионе оценивалась в литературе на основе данных о климатическом воздействии (Гинзбург, Александров, Чернокульский, 2022; Романовская, 2022). Однако добавление в этот анализ экономических показателей, характеризующих подверженность воздействию и уязвимость к нему, позволит получить более комплексную картину необходимости адаптации.

В данном исследовании составлен рейтинг регионов по уровню физических рисков изменения климата и необходимости адаптации к ним на основе аналитической схемы «воздействие — подверженность — уязвимость» для четырех ключевых типов воздействия изменения климата: влияния аномально высокой температуры воздуха на здоровье городского населения, влияния засух на сельское хозяйство, учащения лесных пожаров, таяния вечной мерзлоты.

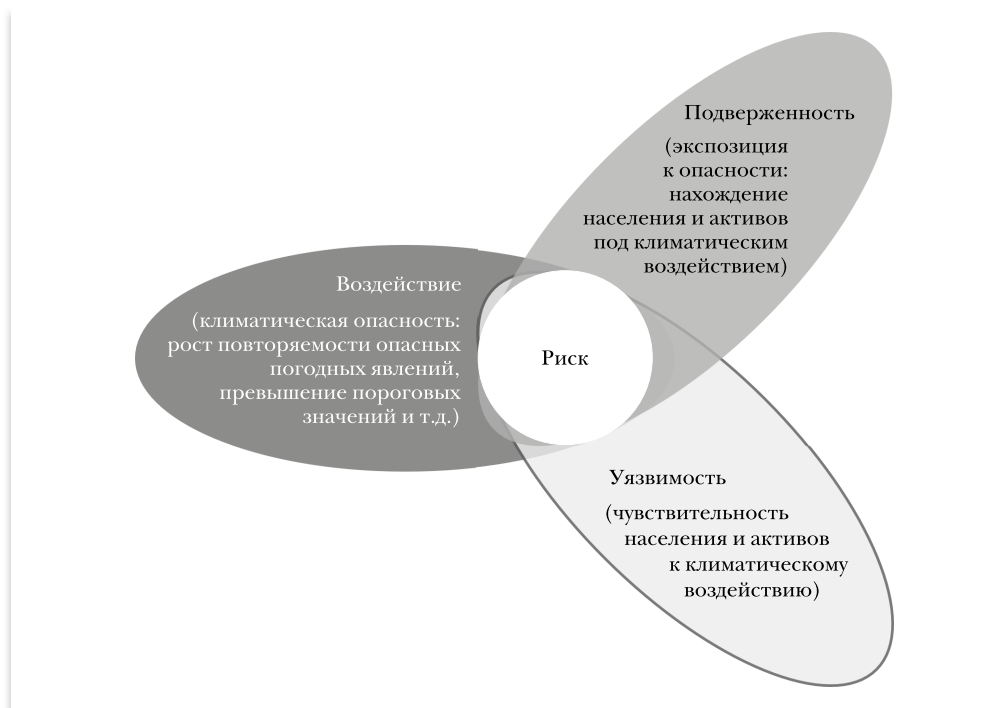
В следующем параграфе описана методология исследования, последующие четыре раскрывают каждый из четырех указанных типов опасных воздействий. За ними следует заключительный параграф с основными выводами и рекомендациями.

2. Методология и используемые данные

Для анализа физических рисков, связанных с изменением климата, в данном исследовании используется последовательная оценка воздействия, подверженности и уязвимости (рис. 1). Такой подход, принятый, в том числе, в докладах Межправительственной группы экспертов по изменению климата (ИПСС, 2022; Инсаров и др., 2020), позволяет рассматривать зависимость вызванного изменением климата потенциального ущерба (размера физического риска) не только от интенсивности самого изменения климата, но и от специфики конкретных регионов и их адаптационного потенциала.

Воздействие (или «опасность») определяется как «потенциальное возникновение природного или антропогенного физического события или тенденции, которые могут привести к гибели людей, травмам или другим негативным последствиям для здоровья, а также к повреждению имущества, инфраструктуры, мест обитания, услуг, экосистем и экологических ресурсов» (ИПСС, 2022).

⁵ Правительство определило меры по адаптации к изменениям климата до 2025 года. 12 марта 2023 г. Распоряжение от 11 марта 2023 года № 559-п (<http://government.ru/docs/47971/>).

**Рис. 1**

Три составляющих риска: воздействие (опасность), подверженность и уязвимость

Источник: составлено авторами на основе IPCC, 2022.

Подверженность определяется как «присутствие людей, мест обитания, биологических видов и экосистем; экологических функций, услуг и ресурсов; инфраструктуры; или – экономических, социальных или культурных активов в местах, которые могут подвергнуться негативному воздействию» (IPCC, 2022). Другими словами, данная категория относится к населению и производственным или природным активам, которые находятся под угрозой в связи с изменением климата (экспонированы климатическому воздействию).

Наконец, уязвимость определяется как «склонность или предрасположенность к неблагоприятному воздействию». По сути, это – внутреннее свойство объекта воздействия, которое определяется множеством факторов, включая восприимчивость к воздействию, наличие или отсутствие адаптационного потенциала, резильентность⁶ и так далее (IPCC, 2022). Данная категория определяется характеристиками населения и экономических активов, подверженных негативному воздействию.

В данном исследовании будут рассмотрены четыре типа воздействия изменения климата, которые являются одними из наиболее значимых для России⁷: волны тепла, обусловленный изменением климата водный стресс, лесные пожары и таяние вечной мерзлоты. Данные типы климатических воздействий затрагивают наибольшее число регионов и уже сейчас серьезно влияют на

⁶ Resilience – гибкость, устойчивость.

⁷ «Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации» под ред. В.М. Катцова. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (РОСГИДРОМЕТ). Климатический центр Росгидромета. Санкт-Петербург, 2017 г. (<https://meteoinfo.ru/images/media/books-docs/klim-riski-2017.pdf?ysclid=lnlnuazlkm568294552>).

население и экономику. Неудивительно, что эти четыре типа воздействий перечислены первыми в «Плане первого этапа» (см. табл. 1)⁸.

Для таяния вечной мерзлоты были выявлены регионы, где вечная мерзлота покрывает значительную долю экономически используемых территорий. Используются данные из работ (Порфирьев, Елисеев, Стрелецкий, 2019; Росгидромет 2022). Для трех других видов воздействий на первом этапе анализа по схеме «воздействие – подверженность – уязвимость» на уровне региона выбираются показатели для количественной оценки интенсивности негативного воздействия, уровня подверженности и уязвимости – соответственно. Перечень таких показателей с обоснованием их выбора и указанием источников данных представлен в соответствующих параграфах. Для оценки показателей подверженности используются данные расчетов с применением 11 климатических моделей, с помощью которых проведены расчеты, согласно протоколам, в рамках шестой фазы Проекта сравнения климатических моделей – Coupled model intercomparison project (CMIP6 (O'Neill et al., 2016)). Исходные данные размещены на климатическом портале Всемирного банка и пересчитаны для субъектов Российской Федерации⁹. Для каждого субъекта анализируется изменение мультимодельного среднего за период 2040–2059 гг. по сравнению с 1995–2014 гг.

Уровень риска, а также необходимость адаптации к нему зависят от сценариев изменения климата, которые, в свою очередь, зависят от «Путей совместного социально-экономического развития», так называемых сценариев Shared-Socioeconomic Pathways (SSP) (Riahi et al., 2017). В данной работе рассматриваются изменения климатического воздействия согласно четырем сценариям: SSP1–2.6, SSP2–4.5, SSP3–7.0 и SSP5–8.5¹⁰. Они соответствуют ожидаемому глобальному потеплению к концу XXI в. (по сравнению с 1850–1900 гг.) на 1,8° С; 2,7° С; 3,6° С и 4,4° С соответственно (IPCC, 2021).

В большинстве случаев регионы с наибольшей необходимостью адаптации схожи во всех сценариях. Значимая разница в климатических переменных между сценариями почти не проявляется до 2030 г., именно поэтому показатели воздействия рассматриваются нами на середину века. Результирующие таблицы, представленные в статье, демонстрируют оценки для сценария SSP1–2.6. Это объясняется стремлением указать на регионы, которые более всего нуждаются в адаптации даже при условии, что изменение климата будет иметь ограниченный характер. Этот же сценарий, демонстрирующий самое скромное изменение климата, наиболее показателен для рассмотрения последствий изменения климата в ближайшие 10–15 лет.

На втором этапе значения выбранных показателей для регионов нормализуются таким образом, чтобы они находились в диапазоне [0, 1]:

$$X_{stand} = (X - \min(X)) / (\max(X) - \min(X)).$$

⁸ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25 декабря 2019 г. № 3183-р «Национальный план мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 года».

⁹ World Bank “Climate change knowledge portal. Russian Federation” (<https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/russian-federation/climate-data-projections>).

¹⁰ Первая цифра в названии сценария соответствует тому или иному ожидаемому «пути совместного социально-экономического развития», отличающемуся по усилиям, необходимым для смягчения изменений климата и адаптации к ним (1 – путь устойчивого развития, 2 – путь полумер и компромиссов, 3 – региональное соперничество, 4 – неравенство, 5 – развитие на основе ископаемого топлива). Вторая и третья цифры в названии сценария соответствуют дополнительному (антропогенному) радиационному воздействию, которое будет оказываться на климат в 2100 г. в Вт/м².

Нормализация в единичный интервал необходима для корректного сравнения различных показателей между собой и предотвращения переоценки какого-либо одного в итоговой оценке размера физического риска. На третьем этапе формируются обобщенные показатели воздействия, подверженности и уязвимости как среднее арифметическое всех показателей, относящихся к той или иной составляющей риска. Наконец, итоговый показатель уровня риска рассчитывается как среднее геометрическое трех обобщенных показателей: $Risk = \sqrt[3]{Hazard \times Exposure \times Vulnerability}$, где *Risk* – показатель уровня физического риска, *Hazard* – показатель уровня воздействия, *Exposure* – уровня подверженности, *Vulnerability* – уровня уязвимости.

Использование среднего геометрического означает, что риск будет ниже для тех регионов, для которых какой-то показатель близок к нулю. Например, если в регионе почти нет лесов (т.е. подверженность лесным пожарам низкая), то необходимость адаптации к данному типу воздействия изменения климата будет крайне низкой, даже если климат меняется в сторону большего благоприятствования лесным пожарам (воздействие растет). Если в регионе много сельскохозяйственных земель (подверженность водному стрессу высокая), но уровень осадков в нем растет (негативное воздействие изменения климата, касающееся водного стресса, отсутствует), регион не может рассматриваться как нуждающийся в адаптации к водному стрессу.

В таблицах будут приведены ранги регионов по каждому из анализируемых типов воздействия. В эти таблицы включены 25 регионов с наибольшим уровнем риска влияния волн тепла, водного стресса и лесных пожаров. Нами также выделены регионы с наибольшей долей экономически используемой территории, покрытой вечной мерзлотой. В последнем параграфе приведена обобщающая таблица для всех субъектов РФ, для которых имелись данные по состоянию на сентябрь 2022 г. При этом регионы ранжируются как на основе относительных значений показателей подверженности (региональный уровень), так и на основе абсолютных значений (национальный уровень).

Данная методология имеет некоторые ограничения.

Во-первых, набор показателей, используемых для измерения уровня воздействия, подверженности и уязвимости, не является исчерпывающим. Его ограничивает нехватка доступных социально-экономических данных, с одной стороны, и трудности агрегирования климатических переменных на уровне регионов – с другой стороны. Набор показателей может быть расширен в рамках будущих исследований. Однако даже в текущем виде он является достаточно наглядным и помогает определить регионы, которые наиболее остро нуждаются в адаптации к тому или иному физическому риску изменения климата.

Во-вторых, если для показателей воздействия используются прогнозные данные, основанные на модельных расчетах ожидаемых изменений климата (для середины XXI в.), то для индикаторов подверженности и уязвимости используются фактические текущие данные без учета ожидаемых изменений.

В-третьих, применяемый в работе подход, базирующийся на анализе в разрезе административных границ, сохраняет высокую неопределенность оценки рисков, обусловленную агрегированием данных для больших по площади субъектов федерации (например, для Красноярского края). Наконец, в данной

работе границы Российской Федерации рассмотрены по состоянию на сентябрь 2022 г. Данные для города федерального значения Севастополь отсутствуют. Кроме того, некоторые неточности при агрегировании климатических данных возможны из-за изменений в границах субъектов федерации в 2000-е годы.

3. Влияние волн тепла на здоровье населения

Изменение климата приводит и будет приводить к росту интенсивности и повторяемости событий с аномально высокой температурой воздуха, так называемых «волн тепла» (Росгидромет, 2022). В частности, с 1960 по 2012 г. частота событий с экстремально высокой дневной и ночной температурой в российских регионах выросла на 5–10 дней, а интенсивность – на 1–2,5°С (Wang et al., 2020). Аномальная жара негативно влияет на здоровье населения – во время волн тепла статистически значимо возрастает смертность населения (Росгидромет, 2022). В данном исследовании в качестве характеристики воздействия используется прогнозируемое изменение числа очень жарких дней и тропических ночей (табл. 2). Два показателя в совокупности достаточно полно отражают уровень воздействия волн тепла в будущем. Впрочем, в дальнейшем выбор показателей может уточняться с учетом региональных особенностей. В частности, могут использоваться региональные пороговые значения (а не единые для всех регионов). Например, для Московского региона и прилегающих областей выявлено резкое (более чем на 5%) увеличение смертности при превышении порогового значения среднесуточной температуры атмосферного воздуха, составляющего 23,6 °С (Росгидромет, 2022).

Волны тепла затрагивают в первую очередь городское население, поскольку в городах они усиливаются за счет эффекта городского «острова тепла» (Росгидромет, 2022). В этой связи городское население рассматривается в качестве показателя подверженности (табл. 2). Однако общая численность городского населения зависит от размера региона. Чтобы устранить эффект зависимости от размера, мы также учитываем долю городского населения в общей численности населения региона.

Влияние волн тепла на городское население крайне неравномерно. К наиболее уязвимым группам относятся пожилые люди; люди, проживающие за чертой бедности, и те, кто страдает хроническими заболеваниями органов дыхания и системы кровообращения (Ревич, Малеев, Смирнова, 2019). Регионы, где эти группы составляют наибольшую долю населения, при прочих равных условиях подвергаются наибольшему риску. Таким образом, мы используем доли этих трех уязвимых групп населения в общей численности городского населения в качестве показателей уязвимости (табл. 2).

Определив показатели, можно ранжировать российские регионы по уровню физического риска, связанного с воздействием волн тепла на здоровье населения (см. Приложение, п. 1 и 2). В табл. 3 перечислены 25 регионов России с самым высоким риском влияния волн тепла на здоровье населения. Рейтинг приведен в двух вариантах: в качестве показателя подверженности берется доля городского населения (левая часть табл. 3) и общая численность городского населения (правая часть табл. 3). Регионы, представленные в левой части таблицы, отличаются более высоким уровнем урбанизации, вследствие чего волны тепла

Таблица 2

Показатели воздействия, подверженности и уязвимости, связанные с риском влияния волн тепла на городское население

Категория риска	Показатель	Единицы измерения	Период	Источник данных
Воздействие	Изменение числа очень жарких дней ($T_{max} > 35\text{ }^{\circ}\text{C}$) (в порядке убывания)	Дни	2040–2059 гг. (по сравнению с 1995–2014 гг.)	СМР6
	Изменение числа тропических ночей ($T_{max} > 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) (в порядке убывания)	Дни	2040–2059 гг. (по сравнению с 1995–2014 гг.)	СМР6
Подверженность	Общая численность городского населения / Доля городского населения в общей численности населения (в порядке убывания)	Человек / %	2020 г.	Росстат
Уязвимость	Доля постоянного городского населения старше 65 лет (в порядке убывания)	%	2020 г.	Росстат
	Доля населения с денежными доходами ниже прожиточного минимума (в порядке убывания)	%	2020 г.	Росстат
	Уровень общей заболеваемости болезнями органов дыхания, системы кровообращения, крови, кроветворных органов и отдельными нарушениями, вовлекающими иммунный механизм (в порядке убывания)	%	2020 г.	Росстат

Источник: составлено авторами.

здесь могут представлять опасность для значительной части населения. Планы адаптации этих регионов должны в максимальной мере учитывать данный риск. Однако с позиций страны в целом, наиболее критичными и заслуживающими внимания с точки зрения разработки планов адаптации на национальном уровне (например, Министерством здравоохранения РФ) являются регионы, где численность городского населения наибольшая в абсолютных значениях. Такие регионы представлены в правой части табл. 3.

Большинство регионов с высоким риском волн тепла для здоровья человека расположены в Поволжье, Центре и Юге европейской части России, а также на юге Урала и юге Западной Сибири. Регионы, представленные в левой части табл. 3, но не представленные в правой, – Республика Калмыкия, Курганская, Тамбовская Рязанская, Орловская области, Еврейская автономная область (АО). Это регионы с высокой долей городского населения, которое подвержено риску волн тепла, но при этом небольшие по размеру. Напротив, регионы, представленные в правой части табл. 3, но отсутствующие в левой, – города федерального значения Москва и Санкт-Петербург, а также Московская и Кемеровская области, Республики Башкортостан и Дагестан. В этих регионах население может быть подвержено относительно меньшему воздействию волн тепла или менее уязвимо к ним, чем во многих других регионах, однако общий уровень риска оказывается здесь высоким из-за высокой численности населения.

Таблица 3

Регионы с наибольшим риском влияния волн тепла на здоровье населения

Регион	Итоговый ранг на региональном уровне анализа (подверженность в долях)				Регион	Итоговый ранг на национальном уровне анализа (подверженность в абсолютных значениях)			
	SSP1–2.6	SSP2–4.5	SSP3–7.0	SSP5–8.5		SSP1–2.6	SSP2–4.5	SSP3–7.0	SSP5–8.5
Волгоградская обл.	1	1	2	2	Ростовская обл.	1	1	1	1
Ростовская обл.	2	2	1	1	Краснодарский край	2	3	2	3
Астраханская обл.	3	3	4	4	Волгоградская обл.	3	4	4	5
Саратовская обл.	4	4	3	3	Москва	4	2	3	2
Самарская обл.	5	5	5	5	Самарская обл.	5	5	5	4
Республика Крым	6	6	6	6	Саратовская обл.	6	6	6	6
Ульяновская обл.	7	7	8	8	Республика Крым	7	8	8	9
Республика Калмыкия	8	10	11	11	Ставропольский край	8	7	7	8
Новосибирская обл.	9	8	7	7	Новосибирская обл.	9	10	9	10
Ставропольский край	10	9	10	10	Московская обл.	10	9	10	7
Оренбургская обл.	11	12	12	13	Республика Татарстан	11	12	11	12
Пензенская обл.	12	11	9	9	Челябинская обл.	12	11	12	11
Краснодарский край	13	18	15	20	Республика Башкортостан	13	13	15	13
Воронежская обл.	14	15	13	16	Оренбургская обл.	14	15	17	17
Курганская обл.	15	14	17	17	Алтайский край	15	14	16	14
Белгородская обл.	16	17	14	14	Воронежская обл.	16	16	13	16
Челябинская обл.	17	16	19	19	Нижегородская обл.	17	17	14	15
Орловская обл.	18	13	18	12	Астраханская обл.	18	18	18	19
Алтайский край	19	19	20	18	Омская обл.	19	24	21	21
Тамбовская обл.	20	21	16	21	Белгородская обл.	20	21	19	22
Рязанская обл.	21	22	23	23	Республика Дагестан	21	22	24	25
Омская обл.	22	26	24	24	Ульяновская обл.	22	25	23	24
Республика Татарстан	23	27	28	30	Пензенская обл.	23	20	20	23
Еврейская АО	24	31	36	28	Санкт-Петербург	24	19	25	18
Нижегородская обл.	25	29	25	25	Кемеровская обл.	25	23	22	20

Источник: составлено авторами.

4. Влияние засух на сельское хозяйство

Изменение климата приводит к изменению режима выпадения осадков в разных регионах. В частности, наблюдается общий рост осадков в центральных и северных регионах России и их снижение в южных районах. Это снижение проявляется главным образом в теплое время года, в частности, в Южном федеральном округе летняя сумма осадков сократилась с 1976 по 2022 г. на 25%¹¹.

¹¹ «Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2022 год» (http://downloads.igce.ru/reports/Doklad_o_klimате_RF_2022_s_podpisiyu_compressed_with_cover.pdf).

В данной работе в качестве ключевого показателя воздействия усиления засушливости климата (усиления водного стресса) принято прогнозируемое процентное изменение летних осадков (табл. 4). Уменьшение количества летних осадков в результате изменения климата подвергает регионы большей опасности нехватки воды. В то же время имеет значение не только общий уровень осадков, но и их распределение в течение года. Кластеризация осадков (их концентрация в отдельные периоды времени), происходящая в связи с изменением климата, также увеличивает риск засух и, следовательно, потерь в сельском хозяйстве. Вследствие этого прогнозируемое изменение максимального числа последовательных сухих дней в году принято в качестве дополнительного показателя воздействия.

Засухи влияют на сельскохозяйственный сектор по нескольким направлениям: во-первых, они снижают стоимость сельскохозяйственных земель; во-вторых, сказываются на доходах населения, занятого сельскохозяйственной деятельностью, и, в-третьих, снижают добавленную стоимость, которая может быть получена в этой отрасли. Этим обусловлен выбор трех показателей подверженности водному стрессу (табл. 4): площадь сельскохозяйственных угодий; чис-

Таблица 4

Показатели воздействия, подверженности и уязвимости, связанные с риском влияния засух на сельское хозяйство

Категория риска	Показатель	Единицы измерения	Период	Источник данных
Воздействие	Изменение уровня летних осадков (в порядке возрастания)	%	2040–2059 гг. (по сравнению с 1995–2014 гг.)	СМР6
	Изменение максимального числа последовательных сухих дней за год (в порядке убывания)	Дни	2040–2059 гг. (по сравнению с 1995–2014 гг.)	СМР6
Подверженность	Общая площадь земель сельскохозяйственного назначения / Доля земель сельскохозяйственного назначения в общей площади (в порядке убывания)	Га / %	2020 г.	Росреестр
	Общая численность сельского населения / Доля сельского населения в общей численности населения (в порядке убывания)	Человек / %	2020 г.	Росстат
	Добавленная стоимость в сельском хозяйстве, лесном хозяйстве, охоте, рыболовстве и рыбоводстве / Доля добавленной стоимости в сельском хозяйстве, лесном хозяйстве, охоте, рыболовстве и рыбоводстве в ВРП (в порядке убывания)	Руб. / %	2019 г.	Росстат
Уязвимость	Отношение водозабора к среднему объему возобновляемых водных ресурсов (в порядке убывания)	%	2019 г.	Рассчитано по данным Росстата и Министерства природных ресурсов и экологии

Источник: составлено авторами.

ленность сельского населения и добавленная стоимость; произведенная в секторе сельского хозяйства, лесного хозяйства, охоты, рыболовства и рыбоводства. Данные показатели рассматриваются как в абсолютных, так и в относительных значениях – как доля в общей площади региона, общей численности населения и валового регионального продукта (ВРП) соответственно. Абсолютные значения могут зависеть от размера региона, использование долей помогает устранить данный эффект и продемонстрировать фактическую значимость сельскохозяйственных активов для населения и экономики региона.

Не все сельскохозяйственные активы в одинаковой степени страдают от одинакового по масштабам усиления водного стресса. Наиболее уязвимы те, которые уже страдают от систематической нехватки воды. Для регионов с такими активами дальнейшее усугубление водного стресса будет вести к тому, что сельское хозяйство начнет сжиматься и перестанет генерировать добавленную стоимость и служить источником занятости. Как следствие, нынешний уровень обеспеченности водными ресурсами принят в качестве показателя уязвимости.

Рейтинг регионов по размеру обусловленного изменением климата риска водного стресса для сельского хозяйства представлен в табл. 5 (больше деталей дано в Приложении, п. 3 и 4). При этом левая часть таблицы отражает региональный взгляд: она включает регионы, которые в большей степени зависят от сельского хозяйства, вследствие чего водный стресс может стать значительным риском для их экономики. Планы адаптации этих регионов должны быть максимально сосредоточены на данном физическом риске изменений климата. В то же время, если эти регионы имеют (в силу своего малого размера) относительно небольшие площади сельскохозяйственных земель и небольшое число занятого в этой отрасли населения, объемы сельскохозяйственного производства и число занятых в нем являются незначительными в масштабах всей страны. Относительно высокий риск усугубления водного стресса для сельскохозяйственного сектора в этих регионах менее критичен с общенациональной точки зрения по сравнению с регионами, в которых общий объем сельскохозяйственного производства, общая стоимость сельскохозяйственных активов и численность вовлеченного населения намного больше в абсолютных значениях. Такие регионы представлены в правой части табл. 5 и заслуживают особого внимания при разработке планов адаптации к изменению климата на национальном уровне (например, Министерством сельского хозяйства РФ).

Большая часть представленных в табл. 5 регионов расположены на юге европейской части страны, в Черноземье, на юге Урала и юге Западной Сибири. В отличие от других рассмотренных в статье типов климатических рисков, в случае водного стресса показатели, отражающие каждую из его компонент – воздействие, подверженность и уязвимость – максимальны примерно в одних и тех же регионах. Другими словами, усугубление водного стресса из-за изменения климата будет самым значительным в регионах, которые специализируются на сельском хозяйстве и уже страдают от нехватки воды. Ростовская область, Краснодарский край и Ставропольский край являются регионами-лидерами России по объему сельскохозяйственного производства, они также являются крупнейшими регионами-экспортерами зерна. Данные регионы уже сталкиваются с проблемой

Таблица 5

Регионы с наибольшим риском связанного с изменением климата усугубления водного стресса для сельского хозяйства

Регион	Итоговый ранг на региональном уровне анализа (подверженность в долях)				Регион	Итоговый ранг на национальном уровне анализа (подверженность в абсолютных значениях)			
	SSP1–2.6	SSP2–4.5	SSP3–7.0	SSP5–8.5		SSP1–2.6	SSP2–4.5	SSP3–7.0	SSP5–8.5
Ставропольский край	1	1	1	1	Ставропольский край	1	2	2	2
Карачаево-Черкесская Республика	2	2	3	2	Краснодарский край	2	1	1	1
Республика Калмыкия	3	3	2	3	Республика Дагестан	3	4	3	4
Краснодарский край	4	4	4	4	Ростовская обл.	4	3	4	3
Белгородская обл.	5	6	6	6	Респ. Калмыкия	5	5	5	5
Республика Дагестан	6	5	5	5	Белгородская обл.	6	6	6	6
Северная Осетия – Алания	7	8	8	8	Московская обл.	7	7	8	7
Ростовская обл.	8	7	7	7	Оренбургская обл.	8	9	9	9
Кабардино-Балкарская Республика	9	9	9	10	Челябинская обл.	9	8	7	10
Республика Ингушетия	10	10	13	9	Карачаево-Черкесская Респ.	10	10	10	8
Оренбургская обл.	11	12	12	12	Республика Крым	11	11	11	11
Республика Крым	12	13	11	11	Республика Башкортостан	12	12	12	12
Челябинская обл.	13	11	10	13	Воронежская обл.	13	14	14	14
Московская обл.	14	15	15	14	Курская обл.	14	13	13	13
Курская обл.	15	14	14	15	Республика Северная Осетия – Алания	15	15	18	15
Воронежская обл.	16	18	17	16	Кабардино-Балкарская Республика	16	17	16	16
Тверская обл.	17	16	16	17	Ленинградская обл.	17	18	17	18
Тамбовская обл.	18	19	18	18	Тверская обл.	18	16	15	17
Липецкая обл.	19	20	19	21	Свердловская обл.	19	20	19	19
Пензенская обл.	20	17	20	20	Пензенская обл.	20	19	20	20
Ленинградская обл.	21	22	22	23	Тамбовская обл.	21	21	21	21
Чеченская Республика	22	21	21	19	Кемеровская обл.	22	23	24	22
Тульская обл.	23	26	26	25	Пермский край	23	24	23	26
Республика Башкортостан	24	25	25	26	Липецкая обл.	24	22	22	24
Республика Адыгея	25	23	24	22	Тульская обл.	25	26	26	28

Источник: составлено авторами.

нехватки воды, и именно они будут подвержены самому серьезному негативному воздействию изменения режима выпадения осадков в будущем.

В несколько меньшей степени это относится и к Черноземью: Воронежская, Белгородская, Тамбовская, Курская и Липецкая области в значительной степени зависят от сельского хозяйства, уже сейчас испытывают дефицит воды и, вероятно, столкнутся с ухудшением водных условий в будущем. Некоторые республики Северного Кавказа (Республики Дагестан, Карачаево-Черкесия, Кабардино-Балкария, Чечня, Ингушетия, Адыгея) сталкиваются с аналогичной опасностью, но основной отраслью сельского хозяйства здесь является животноводство, а не производство зерна, что делает их потенциально более адаптивными к растущему водному стрессу. Однако это не относится к югу Урала (Курганская, Оренбургская и Челябинская области, Республика Башкортостан), где на производство зерна приходится значительная доля сельскохозяйственного сектора, и к югу Западной Сибири (Новосибирская область и Алтайский край), которые чрезвычайно богаты сельскохозяйственными угодьями и нередко рассматриваются как будущие крупные российские центры производства зерна для азиатских рынков.

5. Учащение лесных пожаров

Увеличение биомассы вследствие роста поглощения углерода лесными экосистемами, изменение режима осадков и рост молниевой активности приводят к учащению и интенсификации лесных пожаров в России (Елисеев, Васильева, 2020; Kharuk et al., 2021; Leskinen et al., 2020). Резкое увеличение площади лесов, потерянных в результате лесных пожаров, также частично связано с общим ухудшением качества управления лесами и недостаточным финансированием мероприятий, направленных на предотвращение пожаров (Leskinen et al., 2020). Лесные пожары являются одним из наиболее частых экстремальных погодных явлений в стране, затрагивающих большую часть ее территории. Так, только в Сибири в 1999–2019 гг. более 325 тысяч пожаров привели к выгоранию более 200 млн га природных территорий (Kharuk et al., 2021). Пожары не только приводят к потере лесов, но также влияют на аэрозольное загрязнение городов, приводя к росту показателей смертности населения (Ревич, Малеев, Смирнова, 2019). Лесные пожары также приводят к росту выбросов CO₂ в атмосферу, что ставит под угрозу реализацию стратегии долгосрочного социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов, которая предполагает существенное повышение поглощающей способности лесов¹². В частности, летом 2021 г. мощные лесные пожары в бореальных лесах Евразии привели к выбросам в атмосферу около 700 млн т CO₂ (Zheng et al., 2023).

В системе Росгидромета опасность появления и распространения лесных пожаров в зависимости от погодных-климатических условий описывается с помощью индекса Нестерова, представляющего собой сумму произведений температуры воздуха на дефицит точки росы для последовательных сухих дней (Нестеров, 1949). В отсутствие прогнозных значений индекса Нестерова в используемых нами данных¹³ в качестве показателя воздействия нами были приняты два пока-

¹² Распоряжение Правительства РФ от 29 октября 2021 г. № 3052-р «Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года» (<http://static.government.ru/media/files/ADKkCzр3fWO32e2yA0BhtIpyzWfHaiUa.pdf>).

¹³ World Bank “Climate change knowledge portal. Russian Federation” (<https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/russian-federation/climate-data-projections>).

Таблица 6

Показатели воздействия, подверженности и уязвимости, связанные с риском учащения лесных пожаров

Категория риска	Показатель	Единицы измерения	Период	Источник данных
Воздействие	Изменение числа жарких дней ($T_{max} > 25\text{ }^{\circ}\text{C}$) в марте–ноябре (в порядке убывания)	Дни	2040–2059 гг. (по сравнению с 1995–2014 гг.)	СМИР6
	Изменение максимального числа последовательных сухих дней в марте–ноябре (в порядке убывания)	Дни	2040–2059 гг. (по сравнению с 1995–2014 гг.)	СМИР6
Подверженность	Общая площадь лесов / Доля площади лесов в общей площади (в порядке убывания)	Га / %	2020 г.	ЕМИСС ¹⁴
Уязвимость	Средняя за год доля общей площади лесов региона, охваченной лесными пожарами в 2000–2019 гг. (в порядке убывания)	%	Среднее за 2000–2019 г.	Рассчитано по данным ЕМИСС

Источник: составлено авторами.

зателя, близкие к тем, из которых складывается данный индекс: число жарких дней ($T_{max} > 25\text{ }^{\circ}\text{C}$) и максимальное число последовательных сухих дней весной, летом и осенью (табл. 6). Рассматриваемые в совокупности, данные показатели позволяют достаточно полно оценить уровень опасности, связанной с лесными пожарами, обусловленный изменением климата.

Объем активов, подверженных воздействию лесных пожаров, зависит, в первую очередь, от общей площади лесов в регионе. Однако в значительной степени площадь лесов определяется общей площадью региона. Площадь лесов может быть также рассмотрена как доля в общей площади субъекта федерации с целью устранения зависимости от размера и выявления значимости активов для населения, экономики и экосистем конкретного региона.

Помимо воздействия и подверженности, уровень риска зависит также от уязвимости. Регион может быть покрыт лесами, но по некоторым причинам эти леса могут быть менее уязвимы для лесных пожаров: например из-за условий ветрового режима, древесного состава, свойств почвы или из-за эффективности политики, направленной на предотвращение лесных пожаров. В качестве обобщающего показателя, охватывающего все эти и другие переменные, нами принята средняя доля лесных площадей, ежегодно охватываемых лесными пожарами за последние два десятилетия (в 2000–2019 гг.).

В табл. 7 представлено ранжирование регионов по уровню риска учащения лесных пожаров (детали представлены в Приложении, п. 5 и 6). Регионы, перечисленные в левой части табл. 7, в большей степени покрыты лесами, и для них, учитывая относительно высокий уровень воздействия и уязвимости, лесные пожары могут представлять системный риск. В планах адаптации этих регионов следует уделять большое внимание именно этому риску изменения климата. В то же время среди этих регионов встречаются небольшие по площади регионы (как, например, Республика Марий Эл). С общенациональной точки зрения относительно высокий риск лесных пожаров, связанных с изменением климата, в этих регионах менее критический, чем в более крупных субъектах федерации,

¹⁴ Единая межведомственная информационно-статистическая система.

Таблица 7

Регионы с наибольшим риском связанного с изменением климата учащения лесных пожаров

Регион	Итоговый ранг на региональном уровне анализа (подверженность в долях)				Регион	Итоговый ранг на национальном уровне анализа (подверженность в абсолютных значениях)			
	SSP1–2.6	SSP2–4.5	SSP3–7.0	SSP5–8.5		SSP1–2.6	SSP2–4.5	SSP3–7.0	SSP5–8.5
Еврейская АО	1	1	1	1	Красноярский край	1	1	1	1
Амурская обл.	2	2	2	2	Амурская обл.	2	2	3	3
Забайкальский край	3	3	3	3	Иркутская обл.	3	3	2	2
Рязанская обл.	4	5	4	4	Забайкальский край	4	4	4	4
Иркутская обл.	5	4	6	5	Республика Саха (Якутия)	5	5	6	5
Республика Марий Эл	6	7	5	6	Республика Бурятия	6	6	5	6
Республика Бурятия	7	6	7	7	Хабаровский край	7	7	7	7
Нижегородская обл.	8	9	8	8	Приморский край	8	8	8	8
Приморский край	9	8	9	9	Свердловская обл.	9	10	9	10
Республика Мордовия	10	10	10	10	Еврейская АО	10	9	10	9
Челябинская обл.	11	12	12	11	Томская обл.	11	12	13	11
Свердловская обл.	12	13	11	14	Республика Тыва	12	11	11	12
Курганская обл.	13	14	13	13	Нижегородская обл.	13	14	14	13
Респ. Тыва	14	11	15	15	Ханты-Мансийский АО	14	13	12	14
Владимирская обл.	15	16	14	12	Омская обл.	15	15	17	16
Красноярский край	16	15	16	16	Ямало-Ненецкий АО	16	18	15	17
Омская обл.	17	18	18	18	Рязанская обл.	17	16	16	15
Ивановская обл.	18	17	17	17	Челябинская обл.	18	17	18	18
Томская обл.	19	20	21	19	Курганская обл.	19	19	19	19
Хабаровский край	20	19	20	20	Республика Марий Эл	20	21	20	21
Чувашская Республика	21	22	19	21	Республика Коми	21	23	21	22
Республика Хакасия	22	21	23	22	Тюменская обл.	22	22	23	23
Воронежская обл.	23	23	24	24	Архангельская обл.	23	24	22	24
Московская обл.	24	24	22	23	Республика Мордовия	24	25	25	25
Липецкая обл.	25	25	25	25	Владимирская обл.	25	27	26	26

Источник: составлено авторами.

где общая площадь лесов намного больше. Такие регионы перечислены в правой части табл. 7, и они заслуживают наибольшего внимания при планировании общенациональных мер адаптации (например, на уровне Рослесхоза).

Регионы с высоким риском лесных пожаров расположены вдоль лесного пояса, простирающегося от центра европейской части России до юга Дальнего Востока через центр Урала и Сибири. В левой части табл. 7 представлены некото-

рые относительно небольшие регионы (Курганская, Воронежская, Московская, Липецкая области, Республики Чувашия и Хакасия). В правой части присутствуют такие регионы с наибольшей абсолютной площадью лесов, как Республика Саха (Якутия), Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий автономные округа, Тюменская и Архангельская области и Республика Коми. Для некоторых из них изменение климата может даже снизить риск лесных пожаров: например, в Республике Саха (Якутия) ожидается рост осадков и уменьшение продолжительности бездождевого периода. Однако относительно меньшая опасность компенсируется значительными уровнями воздействия и уязвимости, вследствие чего данный регион включен в список.

6. Деграция вечной мерзлоты

Повышение температуры в приполярных широтах приводит к изменениям в состоянии криосферы, в частности к таянию вечной мерзлоты (Anisimov, Zimov, 2020; Росгидромет, 2022). Таяние вечной мерзлоты потенциально представляет собой системный макроэкономический риск для значительной части российской экономики. Она покрывает 65% территории России, на которой проживает 2,5 млн человек (1,7% общей численности населения). На ней расположены важнейшие объекты производственной инфраструктуры, включая трубопроводы, и нескольких крупных промышленных центров. Ожидаемые изменения несущей способности вечномерзлых грунтов представляют опасность для жилых, промышленных и инфраструктурных объектов, построенных на вечной мерзлоте. Росгидромет (Росгидромет, 2022) оценивает соответствующие потери в среднем в 20,71 млрд долл. для жилой инфраструктуры, 16,69 млрд долл. — для промышленной и в 67,67 млн долл. — для транспортной. Максимальный ущерб в абсолютных величинах ожидается в Ямало-Ненецком автономном округе, Республике Саха (Якутия) и Красноярском крае, а в процентах ВВП — в Ненецком (5% от ВРП), Чукотском (4,2%) и Ямало-Ненецком (4%) автономных округах.

Потенциальные потери от таяния вечной мерзлоты различаются в зависимости от возможных сценариев роста температуры. В исследовании (Streletskiy et al., 2019) произведена оценка общей стоимости инфраструктуры, подверженной негативным последствиям таяния вечной мерзлоты. Согласно этим оценкам в сценарии RCP8.5¹⁵ затраты могут достичь 105 млрд долл. к середине XXI в., в то время как общая стоимость подверженных активов, расположенных на протаивающей вечной мерзлоте, составляет 301,1 млрд долл. Стоимость этих активов включает общую стоимость недвижимого имущества, включая жилые здания, общественные учреждения (больницы, школы, университеты, аэропорты и т.д.), критически важную инфраструктуру (дороги, мосты, трубопроводы и т.д.). Авторы предполагают необходимость замены 53,8% жилых зданий, 19,7% социальных учреждений и 18,8% объектов инфраструктуры, расположенных на вечной мерзлоте (Streletskiy et al., 2019). Наибольшие затраты предполагаются в Ямало-Ненецком автономном округе и Республике Саха — 52,3 млрд долл. и 21,3 млрд долл. соответственно. Кроме того, затраты будут высокими в Республике Коми, Ненецком автономном округе и Красноярском крае — от 8,5 до 10 млрд долл. (Streletskiy et al., 2019).

¹⁵ RCP (Representative Concentration Pathways) — семейство сценариев, используемое в Пятом оценочном докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата. Сценарий RCP8.5 близок по основным характеристикам сценарию SSP5–8.5, используемому в данной работе.

Транспортная инфраструктура, расположенная в Арктике, также подвержена значительным рискам: в исследовании (Порфирьев, Елисеев, Стрелецкий, 2019) необходимые затраты на поддержание сети дорожной инфраструктуры в период 2020–2050 гг., оцениваются суммой от 422,68 млрд до 864,81 млрд руб. в год. Отмечено, что наибольшие затраты потребуются в Чукотском автономном округе, Республике Саха и Магаданской области. Вместе с тем изменение климата в Арктике будет способствовать и некоторому улучшению транспортной связанности — через открытие ото льда Северного морского пути.

Деградация вечной мерзлоты и сокращение продолжительности холодного сезона влияют на состояние материковой транспортной инфраструктуры в Арктике. Большая часть перевозок в регионе осуществляется по зимним дорогам («зимникам») или ледовым дорогам (по замерзшим рекам или озерам). При этом число дней, когда такая перевозка возможна, сократится на 10–15% к середине XXI в. (Gädeke et al., 2021). К концу столетия снижение может быть более существенным (до 40% по сравнению с сегодняшним днем) в сценарии RCP8.5.

Таяние вечной мерзлоты может быть источником не только долгосрочных «хронических» рисков, но и краткосрочных «острых» рисков. Так, на фоне рекордно теплого 2020 г. (самого жаркого в России за всю историю метеорологических наблюдений по состоянию на конец 2022 г.) и длительной 6-месячной положительной аномалии температуры в Сибири, ставшей следствием современного потепления (Ciavarella et al., 2021), в Норильске случилась авария на ТЭЦ-3, спровоцированная растеплением грунта и частичным разрушением несущих опор, вследствие чего более 21 тыс. т дизельного топлива разлилось в реки Амбарная, Далдыкан и их притоки¹⁶. По оценкам Росприроднадзора, ущерб составил 148 млрд руб.¹⁷ Аналогичным образом, таяние вечной мерзлоты создает риск деформации трубопроводов с соответствующими рисками утечки нефти и с катастрофическими последствиями для окружающей среды.

Территории, покрытые вечной мерзлотой, расположены в 28 субъектах федерации, однако лишь в девяти регионах (Республика Коми, Республика Саха (Якутия), Ненецкий, Ямало-Ненецкий, Ханты-Мансийский, Чукотский автономные округа, Красноярский край, Магаданская область, Камчатский край) вечная мерзлота охватывает значительную часть используемой экономически территории (Порфирьев, Елисеев, Стрелецкий, 2019; Росгидромет, 2022). Именно эти регионы включены в рейтинг в числе наиболее нуждающихся в адаптации к рискам, связанным с таянием вечной мерзлоты.

7. Основные выводы

Территория России крайне разнородна с точки зрения видов физических рисков, которые несет изменение климата. С одной стороны, это разнообразие определяется географическими особенностями страны, охватывающей регионы от субтропиков до полярных областей. С другой стороны — различиями в экономических и социальных системах и диспропорциями экономического развития. Большая часть глобальных интегрированных оценочных моделей рассматривают Россию как отдельный регион — условную точку, для которой характерен

¹⁶ В «Норникеле» назвали возможную причину аварии на ТЭЦ-3 // РБК. 04.06.2020 (<https://www.rbc.ru/rbcfreenews/5ed9328d9a7947c090e0c247?ysclid=ln50016ki690446368>).

¹⁷ «Росприроднадзор произвел расчет ущерба экологии, нанесенный аварией в Норильске». Росприроднадзор, 06.07.2020 (https://rpn.gov.ru/news/rosprirrodnadzor_proizvel_raschet_ushcherba_ekologii_nanesenny_avariey_v_norilске/).

единый показатель наносимого ущерба. Такой подход может быть оправдан для межстрановых сравнений, однако он не имеет смысла для планирования мер адаптации к последствиям изменений климата внутри страны с учетом огромных различий, наблюдаемых между ее частями.

В условиях ограниченности ресурсов (и времени) для осуществления комплексных адаптационных мероприятий, которые дали бы России возможность обеспечить устойчивое к изменению климата развитие на всех частях своей обширной территории, необходимо определить приоритеты в проведении адаптационных мероприятий. Для этого целесообразно выявить регионы, для которых меры, направленные на адаптацию к конкретным рискам, наиболее актуальны, с целью дальнейшей концентрации усилий на планировании и проведении этих мер именно на данных территориях.

В представленном исследовании для составления рейтинга регионов по необходимости адаптации к физическим рискам изменения климата оценены все три составляющие климатического риска – воздействие, подверженность и уязвимость. Проанализированы риски, связанные с четырьмя типами климатического воздействия: рост событий с аномально высокой температурой воздуха (волн тепла), усугубление водного стресса, интенсификация лесных пожаров и таяние вечной мерзлоты. Хотя это – далеко не все климатические риски, влияющие на российскую экономику, они, вероятно, могут иметь наиболее значительное влияние на наибольшее число регионов. Для оценки последствий таяния вечной мерзлоты выделены регионы, где вечная мерзлота покрывает значительную часть используемой экономически территории. Для других трех типов климатических рисков регионы были ранжированы в соответствии с региональными уровнями воздействия, подверженности и уязвимости. Обобщающие результаты представлены в табл. 8. В ней отмечены регионы, входящие в число 25 лидеров

Таблица 8

Распределение регионов России по необходимости адаптации к различным типам физических рисков изменения климата

Субъект федерации	Волны тепла	Водный стресс	Лесные пожары	Таяние вечной мерзлоты	Субъект федерации	Волны тепла	Водный стресс	Лесные пожары	Таяние вечной мерзлоты
Центральный федеральный округ					Приволжский федеральный округ				
Белгородская область	★	★			Республика Башкортостан	+	★		
Брянская область					Республика Марий Эл			★	
Владимирская область			★		Республика Мордовия			★	
Воронежская область	★	★	×		Республика Татарстан	★			
Ивановская область			×		Удмуртская Республика				

Продолжение таблицы 8

Субъект федерации	Волны тепла	Водный стресс	Лесные пожары	Таяние вечной мерзлоты	Субъект федерации	Волны тепла	Водный стресс	Лесные пожары	Таяние вечной мерзлоты
Калужская область					Чувашская Республика			⊗	
Костромская область					Кировская область				
Курская область		★			Нижегородская область	★		★	
Липецкая область		★	⊗		Оренбургская область	★	★		
Московская область	+	★	⊗		Пензенская область	★	★		
Орловская область	⊗				Пермский край		+		
Рязанская область	⊗		★		Самарская область	★			
Смоленская область					Саратовская область	★			
Тамбовская область	⊗	★			Ульяновская область	★			
Тверская область		★			Уральский федеральный округ				
Тульская область		★			Курганская область	⊗		★	
Ярославская область					Свердловская область		+	★	
г. Москва	+				Тюменская область			+	
Северо-Западный федеральный округ					Челябинская область	★	★	★	
Республика Карелия					Ханты-Мансийский АО			+	★
Республика Коми			+	★	Ямало-Ненецкий АО			+	★
Архангельская область			+		Сибирский федеральный округ				
Вологодская область					Республика Алтай				
Калининградская область					Республика Бурятия			★	
Ленинградская область		★			Республика Тыва			★	
Мурманская область					Республика Хакасия			⊗	
Новгородская область					Алтайский край	★			
Псковская область					Забайкальский край			★	
Ненецкий АО				★	Красноярский край			★	★
г. Санкт-Петербург	+				Иркутская область			★	
Южный федеральный округ					Кемеровская область	+	+		
Республика Адыгея		⊗			Новосибирская область	★			

Окончание таблицы 8

Субъект федерации	Волны тепла	Водный стресс	Лесные пожары	Таяние вечной мерзлоты	Субъект федерации	Волны тепла	Водный стресс	Лесные пожары	Таяние вечной мерзлоты
Республика Калмыкия	✖	★			Омская область	★		★	
Краснодарский край	★	★			Томская область			★	
Астраханская область	★				Дальневосточный федеральный округ				
Волгоградская область	★				Республика Саха (Якутия)			+	★
Ростовская область	★	★			Камчатский край				★
Республика Крым	★	★			Приморский край			★	
Северо-Кавказский федеральный округ					Хабаровский край			★	
Республика Дагестан	+	★			Амурская область			★	
Республика Ингушетия		✖			Магаданская область				★
Кабардино-Балкарская Республика		★			Сахалинская область				
Карачаево-Черкесская Республика		★			Еврейская автономная область	✖		★	
Республика Северная Осетия – Алания		★			Чукотский автономный округ				★
Чеченская Республика		✖							
Ставропольский край	★	★							

Примечание. Символами «+» отмечены области с существенным риском при оценке подверженности в относительных единицах; «✖» – существенный риск при оценке подверженности в абсолютных единицах; «★» – существенный риск при оценке подверженности в относительных и абсолютных единицах; пустые ячейки – риск несущественный.

Источник: составлено авторами.

по необходимости адаптации к трем из рассматриваемых видов воздействия (риск таяния вечной мерзлоты указан в качестве значимого в 10 регионах).

Представленный перечень отражает два разных взгляда на физические риски изменения климата и адаптацию к ним – региональный и национальный. Основное различие заключается в форме представления показателей подверженности. Они могут быть рассчитаны в виде относительных значений, например доля городского населения в общей численности населения региона, или доля лесных площадей в общей площади, или доля сельского хозяйства в ВРП. В этом случае регионы обозначаются как регионы с высоким риском, если анализируемые климатические воздействия имеют принципиальное значение для их развития (даже в случае если площади этих регионов невелики, а подверженные воздействию население или активы незначительны в масштабе всей страны).

Другими словами, в таких регионах анализируемые климатические риски являются более актуальными, чем для других территорий, а меры адаптации более неотложны для региональных администраций. Данные результаты наиболее актуальны для выработки мероприятий адаптации на уровне региональных органов исполнительной власти.

В то же время ранжирование регионов может осуществляться исходя из показателей подверженности, выраженных в абсолютных значениях (например, общая численность городского населения, общая площадь лесов или общая добавленная стоимость, произведенная в сельском хозяйстве). Более крупные регионы имеют больше шансов попасть в такой рейтинг. Даже если в данных регионах воздействие относительно слабее, а подверженное риску население и активы менее уязвимы, большая численность населения и относительно высокая общая стоимость активов, подверженных риску, являются факторами, обуславливающими необходимость принимать именно в этих регионах наиболее серьезные меры с целью смягчения последствий проявления данного риска. Таким регионам необходимо наибольшее внимание в рамках разработки национальных мер адаптации к последствиям изменений климата. Данные результаты наиболее актуальны для выработки мероприятий адаптации на уровне федеральных органов исполнительной власти.

Анализируемые типы воздействий изменения климата распределены по всей территории России, но каждый из них наиболее характерен для конкретных регионов. Например, таяние вечной мерзлоты является наиболее актуальным климатическим риском в северо-восточных регионах. Лесные пожары характерны для лесного пояса, простирающегося от центра европейской части страны до Центральной Сибири и юга Дальнего Востока России. Аномально жаркие периоды наиболее опасны для населенных урбанизированных территорий центра европейской части России, но также и для юга европейской части страны, юга Урала и юга Западной Сибири. Обусловленное климатическими изменениями усиление водного стресса является ключевой опасностью для юга европейской части, Черноземья, юга Урала и юга Западной Сибири.

Во многих регионах может возникать синергетический эффект, – когда риски усиливают друг друга. Например, совместное воздействие аномальной жары и задымления вследствие лесных пожаров на здоровье населения больше, чем простая сумма воздействий только жары или только задымления (Ревич, Малеев, Смирнова, 2019). Воронежская, Московская и Челябинская области являются тремя регионами с высоким риском в отношении одновременно трех типов связанных с изменением климата опасностей: аномальной жары, водного стресса и лесных пожаров. Весьма вероятно, что если адаптационные меры не будут реализованы, то именно в этих регионах изменение климата принесет наибольшие потери населению и экономике, воздействуя соответственно на здоровье населения, сельское и лесное хозяйство.

Для обусловленного изменением климата усугубления водного стресса характерно наибольшее совпадение регионов, для которых показатели воздействия, подверженности и уязвимости одновременно являются самыми высокими. Это означает, что будущее изменение климата, вероятно, чревато для этих регионов крайне серьезными последствиями. Так, Ростовская область,

Краснодарский и Ставропольский края являются крупнейшими производителями зерна в стране. Они уже страдают от нехватки воды, и будущее изменение климата, вероятно, приведет к дальнейшему снижению доступности пресной воды. Игнорирование связанных с изменением климата рисков в этом случае опасно для большого населения и многочисленных компаний и может представлять угрозу для продовольственной безопасности страны в целом.

Совместный учет различных рисков дает основания поднять вопрос об агрегировании полученных оценок по всем факторам риска и составлении сводного рейтинга регионов по необходимости адаптации к изменению климата. Мы не делаем этого в данной работе, так как, во-первых, четыре рассмотренных риска являются пусть и наиболее значимыми, но далеко не всеми, а во-вторых, отсутствие сопоставимых оценок экономического ущерба от каждого из видов риска не позволяет определить веса для объединения полученных нами «частных» рейтингов. Таким образом, идея составления агрегированного рейтинга регионов может быть воплощена в будущем, если аналогичные рейтинги будут составлены для других видов риска, а ущерб от данных рисков будет оценен в национальном масштабе.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица А1

Обобщенные нормализованные показатели воздействия, подверженности и уязвимости и итоговый нормализованный показатель физического риска воздействия волн тепла на здоровье городского населения для регионов России

Регион	Нормализованный показатель физического риска (подверженность в долях)				Нормализованный показатель физического риска (подверженность в абсолютных значениях)				Обобщенный нормализованный показатель воздействия				Обобщенный нормализованный показатель уязвимости		
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5		Обобщенный нормализованный показатель (в долях)	Обобщенный нормализованный показатель (в абсолютных значениях)
Алтайский край	0,42	0,44	0,43	0,46	0,27	0,28	0,28	0,29	0,37	0,41	0,40	0,46	0,40	0,10	0,52
Амурская область	0,21	0,22	0,22	0,24	0,09	0,09	0,09	0,10	0,04	0,05	0,05	0,07	0,55	0,04	0,40
Архангельская область	0,17	0,17	0,17	0,22	0,08	0,08	0,08	0,10	0,02	0,02	0,02	0,03	0,70	0,07	0,43
Астраханская область	0,58	0,58	0,58	0,57	0,27	0,26	0,27	0,26	0,94	0,92	0,93	0,90	0,53	0,05	0,39
Белгородская область	0,44	0,44	0,46	0,46	0,23	0,23	0,24	0,25	0,51	0,53	0,58	0,61	0,54	0,08	0,30
Брянская область	0,40	0,44	0,43	0,46	0,19	0,21	0,21	0,22	0,26	0,33	0,32	0,39	0,58	0,06	0,43
Владимирская область	0,40	0,42	0,43	0,45	0,20	0,21	0,21	0,22	0,18	0,20	0,22	0,25	0,69	0,08	0,52
Волгоградская область	0,59	0,59	0,59	0,60	0,36	0,36	0,36	0,36	0,80	0,77	0,80	0,80	0,68	0,15	0,39
Вологодская область	0,23	0,23	0,23	0,27	0,11	0,11	0,11	0,13	0,04	0,04	0,04	0,07	0,61	0,07	0,47
Воронежская область	0,44	0,44	0,46	0,46	0,27	0,27	0,28	0,28	0,55	0,56	0,65	0,62	0,55	0,12	0,28
Еврейская автономная область	0,41	0,40	0,38	0,43	0,09	0,09	0,08	0,10	0,26	0,24	0,20	0,31	0,55	0,01	0,48
Забайкальский край	0,21	0,23	0,21	0,22	0,10	0,11	0,10	0,10	0,04	0,05	0,04	0,04	0,55	0,06	0,46
Ивановская область	0,37	0,39	0,40	0,42	0,16	0,17	0,17	0,18	0,15	0,17	0,18	0,22	0,74	0,06	0,46
Иркутская область	0,18	0,18	0,18	0,20	0,10	0,11	0,11	0,12	0,02	0,02	0,02	0,02	0,69	0,15	0,48
Кабардино-Балкарская Республика	0,09	0,10	0,10	0,11	0,04	0,05	0,05	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,32	0,03	0,39

Продолжение таблицы А1

Регион	Нормализованный показатель физического риска (в долях)				Нормализованный показатель физического риска (подверженность в абсолютных значениях)				Обобщенный нормализованный показатель воздействия				Обобщенный нормализованный показатель уязвимости		
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5		Обобщенный нормализованный показатель (в долях)	Обобщенный нормализованный показатель (в абсолютных значениях)
Калининградская область	0,27	0,30	0,32	0,31	0,12	0,14	0,14	0,14	0,08	0,11	0,12	0,11	0,69	0,06	0,39
Калужская область	0,38	0,40	0,40	0,43	0,17	0,18	0,18	0,19	0,19	0,22	0,22	0,26	0,66	0,06	0,45
Камчатский край	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	0,02	0,32
Карачаево-Черкесская Республика	0,22	0,23	0,24	0,25	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,12	0,13	0,15	0,19	0,01	0,53
Кемеровская область	0,36	0,38	0,39	0,41	0,22	0,23	0,24	0,25	0,16	0,19	0,19	0,23	0,80	0,18	0,38
Кировская область	0,32	0,32	0,33	0,35	0,15	0,16	0,16	0,17	0,11	0,11	0,12	0,14	0,69	0,08	0,44
Костромская область	0,29	0,30	0,30	0,33	0,11	0,11	0,11	0,13	0,10	0,10	0,10	0,14	0,62	0,03	0,41
Краснодарский край	0,44	0,44	0,45	0,45	0,39	0,38	0,40	0,39	0,68	0,66	0,73	0,71	0,37	0,25	0,34
Красноярский край	0,23	0,24	0,25	0,28	0,15	0,15	0,16	0,18	0,05	0,05	0,06	0,08	0,68	0,18	0,40
Курганская область	0,44	0,45	0,45	0,46	0,19	0,19	0,20	0,20	0,35	0,36	0,37	0,39	0,47	0,04	0,53
Курская область	0,40	0,41	0,42	0,43	0,19	0,19	0,20	0,20	0,37	0,41	0,44	0,48	0,56	0,06	0,30
Ленинградская область	0,21	0,23	0,22	0,25	0,12	0,13	0,13	0,14	0,05	0,06	0,06	0,08	0,54	0,10	0,36
Липецкая область	0,38	0,40	0,40	0,41	0,18	0,19	0,19	0,20	0,36	0,40	0,42	0,44	0,50	0,06	0,31
Магаданская область	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,94	0,01	0,27
Москва	0,36	0,40	0,37	0,42	0,36	0,40	0,37	0,42	0,17	0,23	0,19	0,27	0,98	1,00	0,28
Московская область	0,33	0,36	0,35	0,38	0,29	0,31	0,30	0,34	0,16	0,20	0,18	0,24	0,74	0,50	0,32
Мурманская область	0,07	0,09	0,09	0,11	0,03	0,04	0,03	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,89	0,05	0,34

Продолжение таблицы А1

Регион	Нормализованный показатель физического риска (в долях)				Нормализованный показатель физического риска (подверженность в абсолютных значениях)				Обобщенный нормализованный показатель воздействия				Обобщенный нормализованный показатель уязвимости		
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5		Обобщенный нормализованный показатель (в долях)	Обобщенный нормализованный показатель (в абсолютных значениях)
Ненецкий автономный округ	0,06	0,07	0,07	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64	0,00	0,43
Нижегородская область	0,41	0,41	0,42	0,44	0,27	0,27	0,28	0,29	0,21	0,22	0,24	0,26	0,71	0,20	0,45
Новгородская область	0,24	0,27	0,26	0,30	0,09	0,10	0,10	0,11	0,05	0,07	0,07	0,09	0,60	0,03	0,45
Новосибирская область	0,48	0,48	0,49	0,50	0,30	0,30	0,31	0,32	0,36	0,38	0,40	0,43	0,71	0,18	0,42
Омская область	0,42	0,41	0,43	0,44	0,23	0,23	0,24	0,25	0,30	0,29	0,32	0,35	0,62	0,11	0,39
Оренбургская область	0,46	0,46	0,47	0,47	0,27	0,27	0,28	0,28	0,54	0,54	0,56	0,58	0,45	0,09	0,40
Орловская область	0,43	0,45	0,44	0,47	0,17	0,18	0,18	0,19	0,27	0,32	0,30	0,37	0,53	0,04	0,55
Пензенская область	0,46	0,47	0,48	0,49	0,23	0,23	0,24	0,24	0,38	0,42	0,45	0,46	0,56	0,07	0,44
Пермский край	0,29	0,29	0,29	0,31	0,18	0,18	0,18	0,19	0,08	0,08	0,08	0,10	0,66	0,16	0,45
Приморский край	0,39	0,38	0,36	0,39	0,22	0,21	0,20	0,22	0,23	0,20	0,17	0,23	0,68	0,12	0,38
Псковская область	0,26	0,28	0,29	0,30	0,10	0,11	0,11	0,12	0,06	0,09	0,09	0,10	0,59	0,03	0,44
Республика Адыгея	0,32	0,32	0,33	0,33	0,12	0,13	0,13	0,13	0,40	0,41	0,45	0,44	0,25	0,01	0,32
Республика Алтай	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,48
Республика Башкортостан	0,37	0,38	0,37	0,39	0,28	0,28	0,28	0,29	0,26	0,28	0,26	0,31	0,47	0,20	0,40
Республика Бурятия	0,16	0,18	0,17	0,17	0,07	0,08	0,08	0,08	0,02	0,03	0,03	0,03	0,42	0,04	0,40
Республика Дагестан	0,29	0,30	0,29	0,30	0,23	0,23	0,23	0,24	0,42	0,44	0,43	0,45	0,23	0,11	0,26
Республика Ингушетия	0,19	0,21	0,20	0,22	0,07	0,08	0,08	0,08	0,04	0,06	0,06	0,07	0,37	0,02	0,40
Республика Калмыкия	0,48	0,47	0,48	0,48	0,15	0,15	0,15	0,15	0,94	0,91	0,93	0,93	0,24	0,01	0,49

Продолжение таблицы А1

Регион	Нормализованный показатель физического риска (в долях)				Нормализованный показатель физического риска (подверженность в абсолютных значениях)				Обобщенный нормализованный показатель воздействия				Обобщенный нормализованный показатель уязвимости		
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5		Обобщенный нормализованный показатель (в долях)	Обобщенный нормализованный показатель (в абсолютных значениях)
Республика Карелия	0,20	0,21	0,20	0,26	0,07	0,08	0,07	0,10	0,02	0,02	0,02	0,05	0,73	0,04	0,53
Республика Коми	0,17	0,17	0,18	0,20	0,07	0,07	0,07	0,08	0,02	0,02	0,02	0,03	0,69	0,05	0,45
Республика Крым	0,51	0,50	0,51	0,50	0,32	0,32	0,32	0,32	0,56	0,56	0,57	0,56	0,44	0,11	0,53
Республика Марий Эл	0,40	0,39	0,41	0,42	0,16	0,16	0,16	0,17	0,22	0,21	0,24	0,25	0,54	0,03	0,53
Республика Мордовия	0,40	0,41	0,42	0,43	0,17	0,18	0,18	0,18	0,30	0,33	0,34	0,37	0,49	0,04	0,44
Республика Саха (Якутия)	0,09	0,09	0,09	0,11	0,04	0,04	0,04	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,52	0,05	0,44
Республика Северная Осетия – Алания	0,19	0,22	0,22	0,23	0,08	0,09	0,09	0,09	0,04	0,06	0,07	0,07	0,50	0,03	0,34
Республика Татарстан	0,41	0,41	0,42	0,43	0,29	0,29	0,29	0,30	0,31	0,31	0,32	0,35	0,67	0,24	0,34
Республика Тыва	0,11	0,11	0,12	0,12	0,03	0,04	0,04	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,35	0,01	0,43
Республика Хакасия	0,17	0,19	0,19	0,20	0,06	0,07	0,07	0,07	0,02	0,03	0,03	0,03	0,58	0,03	0,45
Ростовская область	0,58	0,58	0,60	0,60	0,44	0,43	0,45	0,45	0,88	0,87	0,95	0,94	0,55	0,23	0,41
Рязанская область	0,42	0,43	0,43	0,44	0,20	0,20	0,20	0,20	0,30	0,31	0,32	0,34	0,61	0,06	0,41
Самарская область	0,55	0,54	0,55	0,56	0,36	0,35	0,36	0,37	0,52	0,50	0,53	0,56	0,71	0,20	0,44
Санкт-Петербург	0,29	0,32	0,30	0,35	0,22	0,24	0,23	0,26	0,06	0,08	0,07	0,11	1,00	0,43	0,40
Саратовская область	0,57	0,57	0,58	0,58	0,34	0,34	0,35	0,35	0,64	0,62	0,67	0,66	0,66	0,14	0,44
Сахалинская область	0,15	0,15	0,14	0,19	0,05	0,05	0,05	0,06	0,02	0,02	0,01	0,04	0,75	0,03	0,25
Свердловская область	0,30	0,29	0,30	0,32	0,21	0,21	0,21	0,23	0,09	0,09	0,09	0,11	0,79	0,29	0,37

Окончание таблицы А1

Регион	Нормализованный показатель физического риска (подверженность в долях)				Нормализованный показатель физического риска (подверженность в абсолютных значениях)				Обобщенный нормализованный показатель воздействия				Обобщенный нормализованный показатель уязвимости		
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP3-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP3-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP3-8.5		Обобщенный нормализованный показатель (в долях)	Обобщенный нормализованный показатель (в абсолютных значениях)
Смоленская область	0,34	0,35	0,37	0,39	0,15	0,15	0,16	0,17	0,15	0,16	0,19	0,22	0,60	0,05	0,44
Ставропольский край	0,47	0,48	0,48	0,48	0,32	0,32	0,32	0,32	0,60	0,63	0,64	0,64	0,42	0,13	0,41
Тамбовская область	0,42	0,43	0,45	0,45	0,20	0,20	0,21	0,21	0,42	0,45	0,50	0,50	0,46	0,05	0,39
Тверская область	0,28	0,29	0,30	0,33	0,13	0,14	0,14	0,16	0,08	0,09	0,09	0,12	0,67	0,07	0,42
Томская область	0,30	0,30	0,30	0,34	0,14	0,14	0,14	0,16	0,12	0,13	0,13	0,18	0,61	0,06	0,36
Тульская область	0,39	0,41	0,40	0,43	0,20	0,21	0,20	0,22	0,23	0,26	0,23	0,30	0,64	0,09	0,42
Томенская область	0,31	0,31	0,32	0,33	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17	0,19	0,21	0,55	0,08	0,32
Удмуртская Республика	0,33	0,33	0,34	0,36	0,17	0,18	0,18	0,19	0,17	0,17	0,19	0,21	0,52	0,08	0,41
Ульяновская область	0,48	0,48	0,49	0,50	0,23	0,23	0,23	0,24	0,39	0,40	0,41	0,44	0,66	0,07	0,43
Хабаровский край	0,22	0,22	0,21	0,24	0,10	0,11	0,10	0,12	0,04	0,04	0,03	0,05	0,75	0,08	0,37
Ханты-Мансийский автономный округ	0,20	0,21	0,21	0,24	0,10	0,11	0,11	0,12	0,03	0,04	0,04	0,06	0,90	0,12	0,27
Челябинская область	0,43	0,44	0,44	0,45	0,29	0,30	0,29	0,30	0,24	0,26	0,25	0,28	0,76	0,23	0,44
Чеченская Республика	0,12	0,13	0,13	0,13	0,08	0,09	0,09	0,09	0,08	0,09	0,09	0,10	0,12	0,04	0,19
Чувашская Республика	0,39	0,39	0,40	0,41	0,20	0,19	0,20	0,20	0,28	0,27	0,29	0,31	0,49	0,06	0,45
Чукотский автономный округ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,59	0,00	0,41
Ямало-Ненецкий автономный округ	0,16	0,17	0,18	0,20	0,06	0,06	0,07	0,07	0,02	0,02	0,03	0,03	0,77	0,03	0,32
Ярославская область	0,31	0,33	0,33	0,37	0,15	0,16	0,16	0,17	0,09	0,12	0,12	0,16	0,74	0,08	0,42

Источники: составлено авторами.

Таблица А2
Детализированный рейтинг регионов России по необходимости адаптации к воздействию волн тепла на здоровье городского населения

Регион	Рейтинг регионов по уровню физического риска (подверженность в долях)				Рейтинг регионов по уровню физического риска (подверженность в абсолютных значениях)				Рейтинг регионов по уровню воздействия				Рейтинг регионов по уровню подверженности (в долях)	Рейтинг регионов по уровню подверженности (в абсолютных значениях)	Рейтинг регионов по уровню уязвимости
	SSP1-2.6	SSP2.4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2.4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2.4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5			
Алтайский край	19	19	20	18	15	14	16	14	18	18	21	15	74	26	8
Амурская область	63	64	62	62	65	64	65	63	64	64	63	64	54	60	49
Архангельская область	69	73	72	67	67	71	70	65	72	75	74	71	19	40	36
Астраханская область	3	3	4	4	18	18	18	19	1	1	2	3	60	54	54
Белгородская область	16	17	14	14	20	21	19	22	12	11	9	9	56	32	77
Брянская область	27	20	21	15	33	28	29	28	31	23	24	23	46	42	35
Владимирская область	29	23	22	22	30	30	27	29	38	38	35	38	22	31	7
Волгоградская область	1	1	2	2	3	4	4	5	4	4	4	4	27	16	59
Вологодская область	58	60	59	58	56	57	56	55	63	65	64	63	39	41	13
Воронежская область	14	15	13	16	16	16	13	16	9	8	7	8	53	20	78
Еврейская автономная область	24	31	36	28	63	67	67	66	30	33	37	31	50	81	12
Забайкальский край	62	58	63	66	61	58	60	62	65	63	65	68	50	51	15
Ивановская область	36	36	34	32	43	42	42	41	45	44	43	43	12	43	14
Иркутская область	68	69	70	72	57	56	58	58	74	73	73	75	24	17	11
Кабардино-Балкарская Республика	78	77	77	79	77	76	76	76	78	78	78	78	78	68	57

Продолжение таблицы А2

Регион	Рейтинг регионов по уровню физического риска (подверженность в долях)				Рейтинг регионов по уровню физического риска (подверженность в абсолютных значениях)				Рейтинг регионов по уровню воздействия по уровню воздействия				Рейтинг регионов по уровню подверженности (в долях)	Рейтинг регионов по уровню подверженности (в абсолютных значениях)	Рейтинг регионов по уровню уязвимости
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5			
Калининградская область	54	48	46	52	53	52	50	53	53	50	48	52	25	45	58
Калужская область	35	30	31	31	41	38	40	39	37	35	36	35	33	48	20
Камчатский край	81	81	81	81	81	81	81	81	82	82	82	82	20	75	73
Карачаево-Черкесская Республика	59	59	58	61	64	63	63	64	48	47	46	48	82	77	3
Кемеровская область	38	37	35	35	25	23	22	20	42	41	39	40	6	12	61
Кировская область	43	44	44	44	45	46	47	47	47	49	49	49	22	36	28
Костромская область	50	51	50	49	55	55	55	56	49	51	51	50	37	65	44
Краснодарский край	13	18	15	20	2	3	2	3	5	5	5	5	76	5	66
Красноярский край	57	57	57	57	48	48	45	43	60	62	60	60	26	13	52
Курганская область	15	14	17	17	34	33	35	35	22	22	22	22	68	61	6
Курская область	30	28	26	26	35	35	32	33	19	16	16	14	49	49	76
Ленинградская область	61	61	61	60	54	53	54	52	59	61	62	59	58	27	64
Липецкая область	34	32	30	36	36	36	36	36	21	19	18	19	63	50	75
Магаданская область	81	81	81	81	81	81	81	81	82	82	82	82	3	79	81
Москва	39	33	37	34	4	2	3	2	40	34	42	34	2	1	79
Московская область	41	40	41	41	10	9	10	7	43	40	44	39	13	2	74
Мурманская область	79	79	79	77	79	79	79	78	80	80	80	80	5	52	67

Продолжение таблицы А2

Регион	Рейтинг регионов по уровню физического риска (подверженность в долях)				Рейтинг регионов по уровню физического риска (подверженность в абсолютных значениях)				Рейтинг регионов по уровню воздействия по уровню воздействия				Рейтинг регионов по уровню подверженности (в долях)	Рейтинг регионов по уровню подверженности (в абсолютных значениях)	Рейтинг регионов по уровню уязвимости
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5			
Ненецкий автономный округ	80	80	80	80	81	81	81	81	81	81	81	81	36	84	32
Нижегородская область	25	29	25	25	17	17	14	15	36	36	33	36	16	9	19
Новгородская область	56	56	56	56	62	62	62	61	58	58	59	58	43	71	16
Новосибирская область	9	8	7	7	9	10	9	10	20	21	20	21	18	14	38
Омская область	22	26	24	24	19	24	21	21	26	28	26	26	38	25	56
Оренбургская область	11	12	12	13	14	15	17	17	10	10	11	10	70	28	48
Орловская область	18	13	18	12	38	37	38	37	28	25	28	24	59	64	1
Пензенская область	12	11	9	9	23	20	20	23	17	15	15	16	48	39	26
Пермский край	52	54	54	53	37	41	39	38	52	57	56	56	32	15	18
Приморский край	33	39	40	38	26	29	34	30	33	39	45	41	27	22	60
Псковская область	55	55	55	54	60	59	57	60	56	55	54	55	45	70	27
Республика Адыгея	44	45	45	48	52	54	53	54	15	17	14	18	79	76	70
Республика Алтай	81	81	81	81	80	80	80	80	76	76	76	76	84	82	10
Республика Башкортостан	37	38	38	39	13	13	15	13	29	29	30	29	67	11	47
Республика Бурятия	73	70	73	74	69	68	68	72	68	68	68	73	73	58	53
Республика Дагестан	51	50	53	55	21	22	24	25	14	14	17	17	81	24	82
Республика Ингушетия	67	65	66	68	72	69	69	71	61	60	61	62	75	74	51
Республика Калмыкия	8	10	11	11	46	49	49	51	2	2	3	2	80	80	9

Продолжение таблицы А2

Регион	Рейтинг регионов по уровню физического риска (подверженность в долях)				Рейтинг регионов по уровню физического риска (подверженность в абсолютных значениях)				Рейтинг регионов по уровню воздействия по уровню воздействия				Рейтинг регионов по уровню подверженности (в долях)	Рейтинг регионов по уровню подверженности (в абсолютных значениях)	Рейтинг регионов по уровню уязвимости
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5			
Республика Карелия	64	67	67	59	70	70	72	67	69	70	71	67	15	63	4
Республика Коми	70	71	71	70	71	72	71	70	73	74	72	74	21	56	21
Республика Крым	6	6	6	6	7	8	8	9	8	9	10	11	71	23	5
Республика Марий Эл	28	34	29	33	44	45	44	48	35	37	32	37	57	67	2
Республика Мордовия	26	24	27	29	40	39	41	42	24	24	23	25	65	62	25
Республика Саха (Якутия)	77	78	78	78	76	77	77	77	79	79	79	79	61	55	30
Республика Северная Осетия – Алания	66	62	60	65	68	66	64	68	62	59	58	61	64	69	68
Республика Татарстан	23	27	28	30	11	12	11	12	23	27	27	27	29	6	69
Республика Тыва	76	76	76	76	78	78	78	79	77	77	77	77	77	78	33
Республика Хакасия	71	68	68	71	73	73	73	73	71	69	69	72	47	73	22
Ростовская область	2	2	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	52	8	42
Рязанская область	21	22	23	23	31	32	31	32	25	26	25	28	40	44	46
Самарская область	5	5	5	5	5	5	5	4	11	12	12	12	17	10	29
Санкт-Петербург	49	46	48	45	24	19	25	18	57	56	57	54	1	3	50
Саратовская область	4	4	3	3	6	6	6	6	6	7	6	6	34	18	24
Сахалинская область	74	74	74	73	75	75	75	75	70	71	75	69	10	72	83
Свердловская область	48	53	51	51	27	27	26	26	51	54	53	53	7	4	63

Окончание таблицы А2

Регион	Рейтинг регионов по уровню физического риска (подверженность в долях)				Рейтинг регионов по уровню физического риска (подверженность в абсолютных значениях)				Рейтинг регионов по уровню воздействия по уровню воздействия				Рейтинг регионов по уровню подверженности (в долях)	Рейтинг регионов по уровню подверженности (в абсолютных значениях)	Рейтинг регионов по уровню уязвимости
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5			
Смоленская область	40	41	39	40	47	47	46	46	44	45	40	42	42	53	31
Ставропольский край	10	9	10	10	8	7	7	8	7	6	8	7	72	19	43
Тамбовская область	20	21	16	21	29	31	28	31	13	13	13	13	69	57	55
Тверская область	53	52	52	50	51	50	51	50	55	53	52	51	30	37	39
Томская область	47	49	49	46	50	51	52	49	46	46	47	46	41	46	65
Тульская область	31	25	33	27	28	26	30	27	34	31	34	32	35	29	40
Тюменская область	45	47	47	47	42	43	43	44	39	43	38	44	54	33	72
Удмуртская Республика	42	42	42	43	39	40	37	40	41	42	41	45	62	35	41
Ульяновская область	7	7	8	8	22	25	23	24	16	20	19	20	31	38	34
Хабаровский край	60	63	65	63	58	61	61	59	66	66	67	66	11	30	62
Ханты-Мансийский автономный округ	65	66	64	64	59	60	59	57	67	67	66	65	4	21	80
Челябинская область	17	16	19	19	12	11	12	11	32	32	31	33	9	7	23
Чеченская Республика	75	75	75	75	66	65	66	69	54	52	55	57	83	59	84
Чувашская Республика	32	35	32	37	32	34	33	34	27	30	29	30	66	47	17
Чукотский автономный округ	81	81	81	81	81	81	81	81	82	82	82	82	44	83	45
Ямало-Ненецкий автономный округ	72	72	69	69	74	74	74	74	75	72	70	70	8	66	71
Ярославская область	46	43	43	42	49	44	48	45	50	48	50	47	14	34	37

Источник: составлено авторами.

Таблица А3
Обобщенные нормализованные показатели воздействия, подверженности и уязвимости и итоговый нормализованный показатель физического риска связанного с изменением климата усугубления водного стресса в сельском хозяйстве для регионов России

Регион	Нормализованный показатель физического риска (подверженности в долях)				Нормализованный показатель физического риска (подверженности в абсолютных значениях)				Обобщенный нормализованный показатель воздействия				Обобщенный нормализованный показатель уязвимости		
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5		Обобщенный нормализованный показатель подверженности (в долях)	Обобщенный нормализованный показатель подверженности (в абсолютных значениях)
Алтайский край	0,15	0,14	0,16	0,14	0,15	0,14	0,15	0,14	0,47	0,41	0,52	0,40	0,61	0,58	0,01
Амурская область	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,39	0,41	0,50	0,39	0,23	0,14	0,00
Архангельская область	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,49	0,44	0,48	0,40	0,17	0,10	0,00
Астраханская область	0,10	0,10	0,12	0,11	0,07	0,08	0,09	0,08	0,40	0,48	0,65	0,49	0,47	0,19	0,01
Белгородская область	0,47	0,47	0,49	0,47	0,39	0,39	0,41	0,39	0,45	0,45	0,53	0,45	0,66	0,37	0,35
Брянская область	0,15	0,17	0,19	0,17	0,11	0,12	0,14	0,12	0,26	0,35	0,51	0,37	0,57	0,21	0,02
Владимирская область	0,10	0,09	0,09	0,09	0,07	0,06	0,07	0,06	0,42	0,35	0,40	0,34	0,27	0,09	0,01
Волгоградская область	0,12	0,12	0,13	0,12	0,11	0,12	0,13	0,12	0,42	0,48	0,57	0,51	0,54	0,50	0,01
Вологодская область	0,10	0,10	0,10	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,47	0,42	0,48	0,37	0,21	0,12	0,01
Воронежская область	0,26	0,25	0,27	0,25	0,23	0,22	0,23	0,22	0,49	0,48	0,56	0,44	0,60	0,40	0,06
Еврейская автономная область	0,03	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,62	0,60	0,60	0,63	0,24	0,02	0,00
Забайкальский край	0,09	0,09	0,10	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09	0,36	0,39	0,46	0,38	0,27	0,30	0,01
Ивановская область	0,07	0,07	0,07	0,07	0,04	0,04	0,04	0,04	0,49	0,45	0,48	0,37	0,26	0,06	0,00
Иркутская область	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,28	0,34	0,41	0,33	0,17	0,25	0,01

Продолжение таблицы А3

Регион	Нормализованный показатель физического риска (подверженность в долях)				Нормализованный показатель физического риска (подверженность в абсолютных значениях)				Обобщенный нормализованный показатель воздействия				Обобщенный нормализованный показатель подверженности (в долях)	Обобщенный нормализованный показатель подверженности (в абсолютных значениях)	Обобщенный нормализованный показатель уязвимости
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5			
Кабардино-Балкарская Республика	0,37	0,36	0,39	0,36	0,21	0,20	0,22	0,20	0,44	0,40	0,51	0,40	0,65	0,12	0,18
Калининградская область	0,11	0,12	0,13	0,12	0,07	0,08	0,08	0,07	0,35	0,36	0,49	0,36	0,38	0,10	0,01
Калужская область	0,13	0,14	0,15	0,14	0,09	0,10	0,10	0,10	0,32	0,38	0,43	0,38	0,36	0,12	0,02
Камчатский край	0,06	0,06	0,07	0,06	0,04	0,04	0,05	0,04	0,46	0,47	0,64	0,49	0,44	0,13	0,00
Карачаево-Черкесская Республика	0,62	0,63	0,65	0,66	0,30	0,31	0,32	0,32	0,43	0,47	0,51	0,52	0,67	0,08	0,82
Кемеровская область	0,18	0,18	0,19	0,17	0,17	0,17	0,18	0,16	0,37	0,38	0,45	0,35	0,20	0,16	0,08
Кировская область	0,10	0,11	0,11	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08	0,43	0,49	0,59	0,37	0,29	0,17	0,01
Костромская область	0,19	0,19	0,20	0,18	0,12	0,12	0,13	0,12	0,47	0,46	0,51	0,37	0,27	0,07	0,06
Краснодарский край	0,52	0,53	0,58	0,55	0,59	0,60	0,66	0,63	0,47	0,51	0,65	0,57	0,55	0,81	0,53
Красноярский край	0,06	0,06	0,07	0,06	0,08	0,08	0,09	0,08	0,37	0,39	0,50	0,33	0,14	0,34	0,00
Курганская область	0,19	0,18	0,20	0,19	0,14	0,13	0,15	0,14	0,39	0,37	0,51	0,39	0,55	0,21	0,03
Курская область	0,29	0,31	0,34	0,31	0,21	0,22	0,24	0,22	0,35	0,43	0,52	0,40	0,66	0,24	0,11
Ленинградская область	0,23	0,22	0,23	0,21	0,21	0,20	0,21	0,19	0,49	0,45	0,52	0,37	0,24	0,18	0,10
Липецкая область	0,23	0,24	0,26	0,23	0,16	0,17	0,18	0,16	0,38	0,42	0,52	0,35	0,62	0,21	0,05
Магаданская область	0,03	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,33	0,42	0,57	0,40	0,09	0,02	0,00
Москва	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,32	0,31	0,34	0,08	0,05	0,00

Продолжение таблицы А3

Регион	Нормализованный показатель физического риска (подверженность в долях)				Нормализованный показатель физического риска (подверженность в абсолютных значениях)				Обобщенный нормализованный показатель воздействия				Обобщенный нормализованный показатель подверженности (в долях)	Обобщенный нормализованный показатель подверженности (в абсолютных значениях)	Обобщенный нормализованный показатель уязвимости	
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5				
Московская область	0,31	0,31	0,31	0,31	0,35	0,35	0,35	0,35	0,33	0,33	0,34	0,34	0,25	0,36	0,36	0,36
Мурманская область	0,15	0,15	0,16	0,15	0,13	0,13	0,14	0,13	0,46	0,41	0,56	0,40	0,19	0,12	0,12	0,04
Ненецкий автономный округ	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,36	0,40	0,47	0,35	0,12	0,00	0,00	0,00
Нижегородская область	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,12	0,11	0,44	0,44	0,50	0,38	0,28	0,25	0,25	0,01
Новгородская область	0,09	0,10	0,11	0,09	0,06	0,06	0,07	0,06	0,29	0,37	0,49	0,28	0,28	0,08	0,08	0,01
Новосибирская область	0,13	0,13	0,15	0,13	0,14	0,14	0,16	0,14	0,39	0,38	0,54	0,39	0,32	0,41	0,41	0,02
Омская область	0,12	0,11	0,13	0,11	0,11	0,11	0,12	0,11	0,42	0,38	0,57	0,35	0,41	0,36	0,36	0,01
Оренбургская область	0,35	0,33	0,36	0,32	0,33	0,32	0,35	0,31	0,53	0,46	0,61	0,43	0,60	0,54	0,54	0,13
Орловская область	0,20	0,21	0,23	0,20	0,12	0,13	0,14	0,13	0,35	0,43	0,54	0,37	0,71	0,17	0,17	0,03
Пензенская область	0,23	0,25	0,26	0,23	0,17	0,19	0,19	0,17	0,33	0,45	0,46	0,34	0,60	0,24	0,24	0,06
Пермский край	0,16	0,16	0,18	0,15	0,16	0,16	0,18	0,15	0,51	0,46	0,68	0,40	0,20	0,20	0,20	0,04
Приморский край	0,15	0,14	0,16	0,15	0,15	0,14	0,16	0,15	0,64	0,59	0,78	0,66	0,23	0,22	0,22	0,02
Псковская область	0,10	0,11	0,12	0,10	0,06	0,07	0,08	0,06	0,21	0,28	0,39	0,22	0,38	0,10	0,10	0,01
Республика Адыгея	0,21	0,22	0,23	0,22	0,10	0,11	0,11	0,11	0,50	0,59	0,66	0,60	0,57	0,06	0,06	0,03
Республика Алтай	0,04	0,04	0,05	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02	0,34	0,28	0,45	0,35	0,53	0,08	0,08	0,00
Республика Башкортостан	0,21	0,21	0,23	0,20	0,23	0,23	0,25	0,22	0,51	0,51	0,63	0,45	0,44	0,56	0,56	0,04
Республика Бурятия	0,09	0,09	0,10	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08	0,27	0,28	0,34	0,33	0,28	0,17	0,17	0,01

Продолжение таблицы А3

Регион	Нормализованный показатель физического риска (подверженность в долях)				Нормализованный показатель физического риска (подверженность в абсолютных значениях)				Обобщенный нормализованный показатель воздействия				Обобщенный нормализованный показатель подверженности (в абсолютных значениях)	Обобщенный нормализованный показатель подверженности (в долях)	Обобщенный нормализованный показатель уязвимости
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5			
Республика Дагестан	0,46	0,48	0,51	0,47	0,40	0,42	0,45	0,42	0,43	0,49	0,60	0,48	0,71	0,50	0,31
Республика Ингушетия	0,35	0,36	0,36	0,37	0,15	0,15	0,16	0,16	0,37	0,40	0,41	0,43	0,57	0,05	0,20
Республика Калмыкия	0,60	0,61	0,66	0,60	0,39	0,40	0,43	0,39	0,48	0,51	0,65	0,49	0,85	0,24	0,52
Республика Карелия	0,08	0,08	0,08	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,42	0,41	0,51	0,36	0,16	0,05	0,01
Республика Коми	0,07	0,07	0,07	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,55	0,52	0,60	0,47	0,12	0,05	0,01
Республика Крым	0,34	0,33	0,36	0,35	0,26	0,25	0,28	0,27	0,56	0,48	0,66	0,59	0,51	0,23	0,14
Республика Марий Эл	0,06	0,07	0,07	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,41	0,50	0,51	0,38	0,50	0,11	0,00
Республика Мордовия	0,15	0,17	0,17	0,15	0,09	0,11	0,11	0,10	0,25	0,41	0,44	0,30	0,59	0,14	0,02
Республика Саха (Якутия)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,24	0,27	0,35	0,27	0,18	0,12	0,00
Республика Северная Осетия – Алания	0,40	0,40	0,39	0,40	0,21	0,21	0,21	0,21	0,42	0,42	0,41	0,43	0,52	0,08	0,28
Республика Татарстан	0,10	0,11	0,11	0,10	0,11	0,11	0,12	0,11	0,45	0,52	0,58	0,44	0,43	0,48	0,01
Республика Тыва	0,06	0,06	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,28	0,26	0,38	0,27	0,36	0,14	0,00
Республика Хакасия	0,06	0,06	0,07	0,06	0,04	0,04	0,05	0,04	0,32	0,29	0,50	0,34	0,29	0,09	0,00
Ростовская область	0,38	0,41	0,43	0,41	0,40	0,43	0,45	0,43	0,42	0,53	0,60	0,54	0,60	0,69	0,22
Рязанская область	0,12	0,13	0,14	0,12	0,09	0,09	0,10	0,09	0,31	0,36	0,43	0,32	0,47	0,17	0,01
Самарская область	0,10	0,11	0,11	0,10	0,09	0,10	0,10	0,09	0,45	0,50	0,61	0,43	0,42	0,30	0,01

Продолжение таблицы А3

Регион	Нормализованный показатель физического риска (подверженность в долях)				Нормализованный показатель физического риска (подверженность в абсолютных значениях)				Обобщенный нормализованный показатель воздействия				Обобщенный нормализованный показатель подверженности (в долях)	Обобщенный нормализованный показатель подверженности (в абсолютных значениях)	Обобщенный нормализованный показатель уязвимости
	SPP1-2.6	SPP2-4.5	SPP3-7.0	SPP5-8.5	SPP1-2.6	SPP2-4.5	SPP3-7.0	SPP5-8.5	SPP1-2.6	SPP2-4.5	SPP3-7.0	SPP5-8.5			
Санкт-Петербург	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,48	0,55	0,39	0,06	0,01	0,00
Саратовская область	0,12	0,13	0,14	0,13	0,12	0,12	0,13	0,12	0,41	0,50	0,59	0,49	0,56	0,46	0,01
Сахалинская область	0,06	0,07	0,07	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,36	0,46	0,52	0,47	0,13	0,07	0,01
Свердловская область	0,15	0,15	0,17	0,15	0,18	0,18	0,21	0,18	0,42	0,40	0,59	0,37	0,15	0,25	0,06
Смоленская область	0,13	0,15	0,15	0,14	0,09	0,10	0,11	0,10	0,26	0,35	0,41	0,31	0,35	0,12	0,03
Ставропольский край	0,66	0,67	0,72	0,67	0,59	0,59	0,64	0,60	0,43	0,44	0,55	0,45	0,68	0,48	1,00
Тамбовская область	0,24	0,25	0,26	0,24	0,17	0,17	0,18	0,16	0,38	0,43	0,49	0,35	0,80	0,27	0,05
Тверская область	0,25	0,26	0,28	0,25	0,20	0,21	0,23	0,20	0,31	0,33	0,42	0,29	0,30	0,16	0,17
Томская область	0,07	0,07	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,40	0,43	0,55	0,33	0,19	0,11	0,00
Тульская область	0,22	0,21	0,23	0,20	0,15	0,15	0,16	0,15	0,40	0,37	0,46	0,34	0,50	0,18	0,05
Тюменская область	0,11	0,11	0,12	0,10	0,10	0,10	0,12	0,10	0,36	0,37	0,59	0,33	0,27	0,23	0,01
Удмуртская Республика	0,11	0,11	0,12	0,11	0,09	0,09	0,10	0,09	0,40	0,44	0,56	0,40	0,40	0,18	0,01
Ульяновская область	0,06	0,06	0,06	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,36	0,47	0,51	0,40	0,40	0,14	0,00
Хабаровский край	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,50	0,48	0,65	0,53	0,16	0,12	0,00
Ханты-Мансийский автономный округ	0,07	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,44	0,46	0,54	0,37	0,04	0,05	0,02
Челябинская область	0,34	0,33	0,37	0,32	0,33	0,33	0,36	0,31	0,49	0,47	0,63	0,40	0,36	0,35	0,22
Чеченская Республика	0,22	0,22	0,25	0,24	0,15	0,15	0,16	0,16	0,39	0,40	0,54	0,47	0,65	0,19	0,04

Окончание таблицы А3

Регион	Нормализованный показатель физического риска (подверженность в долях)				Нормализованный показатель физического риска (подверженность в абсолютных значениях)				Обобщенный нормализованный показатель воздействия				Обобщенный нормализованный показатель подверженности (в абсолютных значениях)		Обобщенный нормализованный показатель подверженности (в долях)		Обобщенный нормализованный показатель уязвимости			
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	0,13	0,00	0,00	0,01
Чувашская Республика	0,07	0,07	0,08	0,07	0,05	0,05	0,05	0,04	0,41	0,47	0,52	0,38	0,49	0,13	0,00					
Чукотский автономный округ	0,03	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,34	0,42	0,50	0,35	0,18	0,01	0,00					
Ямало-Ненецкий автономный округ	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,43	0,46	0,56	0,42	0,08	0,02	0,00					
Ярославская область	0,09	0,10	0,10	0,10	0,07	0,07	0,07	0,07	0,31	0,38	0,39	0,34	0,25	0,09	0,01					

Источник: составлено авторами.

Таблица А4

Детализированный рейтинг регионов России по необходимости адаптации к связанному с изменением климата усугублению водного стресса в сельском хозяйстве

Регион	Ранг по уровню физического риска (подверженность в долях)				Ранг по уровню физического риска (подверженность в абсолютных значениях)				Ранг по уровню воздействия				Ранг регионов по уровню подверженности (в долях)		Ранг регионов по уровню подверженности (в абсолютных значениях)		Ранг регионов по уровню уязвимости			
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	3	43	47	75
Алтайский край	34	37	36	36	27	28	30	30	20	52	39	37	12	3	43					
Амурская область	75	75	75	75	74	73	74	74	51	51	56	39	63	47	75					

Продолжение таблицы А4

Регион	Ранг по уровню физического риска (подверженность в долях)				Ранг по уровню физического риска (подверженность в абсолютных значениях)				Ранг по уровню воздействия				Ранг регионов по уровню подверженности (в долях)	Ранг регионов по уровню подверженности (в абсолютных значениях)	Ранг регионов по уровню уязвимости
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5			
Архангельская область	66	69	72	70	63	65	66	65	13	38	60	36	71	62	66
Астраханская область	52	52	49	47	56	55	52	53	44	18	8	10	31	34	63
Белгородская область	5	6	6	6	6	6	6	6	25	34	37	20	7	13	6
Брянская область	32	30	29	29	39	36	34	34	81	72	45	54	18	30	34
Владимирская область	54	58	58	57	58	60	61	60	40	74	77	68	53	63	54
Волгоградская область	42	42	42	41	36	37	37	36	36	15	24	9	24	6	55
Вологодская область	50	54	54	55	51	51	54	54	18	46	62	52	64	51	46
Воронежская область	16	18	17	16	13	14	14	14	11	20	28	21	15	12	22
Еврейская автономная область	78	78	78	78	83	83	83	83	2	1	15	2	60	74	81
Забайкальский край	58	57	57	56	83	83	83	83	61	60	65	44	54	82	56
Ивановская область	60	61	64	64	80	80	80	80	15	33	61	53	57	79	67
Иркутская область	64	63	62	60	47	47	47	46	77	75	76	76	72	18	58
Кабардино-Балкарская Республика	9	9	9	10	70	70	72	72	28	55	46	30	10	73	12
Калининградская область	45	43	44	43	54	53	53	52	64	62	57	56	40	21	45
Калужская область	39	38	39	38	16	17	16	16	72	56	70	43	43	56	37
Камчатский край	70	71	69	69	55	56	56	56	21	25	9	12	33	61	76
Карачаево-Черкесская Республика	2	2	3	2	45	45	46	44	30	23	51	8	6	54	2

Продолжение таблицы А4

Регион	Ранг по уровню физического риска (подверженность в долях)				Ранг по уровню физического риска (подверженность в абсолютных значениях)				Ранг по уровню воздействия				Ранг регионов по уровню подверженности (в долях)	Ранг регионов по уровню подверженности (в абсолютных значениях)	Ранг регионов по уровню уязвимости
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5			
Кемеровская область	29	29	30	30	71	72	71	70	56	66	67	63	66	49	18
Кировская область	51	51	52	53	10	10	10	8	29	14	18	51	49	67	52
Костромская область	27	27	28	28	22	23	24	22	19	30	44	50	56	43	21
Краснодарский край	4	4	4	4	49	49	50	51	17	7	5	5	22	39	3
Красноярский край	72	72	71	73	33	34	36	37	55	61	55	74	76	71	65
Курганская область	28	28	27	27	52	52	51	55	50	67	47	40	23	17	32
Курская область	15	14	14	15	11	11	11	11	62	40	38	29	8	27	16
Ленинградская область	21	22	22	23	31	31	31	31	12	32	43	47	61	31	17
Липецкая область	19	20	19	21	14	13	13	13	53	47	41	62	11	26	23
Магаданская область	77	77	77	77	17	18	17	18	69	45	25	32	80	36	72
Москва	83	83	83	83	24	22	22	24	67	78	84	71	81	32	83
Московская область	14	15	15	14	78	77	78	78	68	77	82	70	58	81	5
Мурманская область	33	34	34	35	7	7	8	7	22	49	26	34	67	15	29
Ненецкий автономный округ	82	82	82	82	32	33	33	33	59	57	63	64	78	52	82
Нижегородская область	43	44	47	44	82	82	82	82	27	39	54	46	51	84	40
Новгородская область	57	55	53	58	38	39	41	41	76	70	58	81	52	23	50
Новосибирская область	38	40	38	39	61	61	60	61	49	65	33	38	46	69	38
Омская область	44	46	43	45	30	29	27	29	38	63	23	59	37	11	49
Оренбургская область	11	12	12	12	37	40	38	40	6	27	12	25	14	14	15

Продолжение таблицы А4

Регион	Ранг по уровню физического риска (подверженности в долях)				Ранг по уровню физического риска (подверженности в абсолютных значениях)				Ранг по уровню воздействия				Ранг регионов по уровню подверженности (в долях)	Ранг регионов по уровню подверженности (в абсолютных значениях)	Ранг регионов по уровню уязвимости
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5			
Орловская область	26	24	23	24	8	9	9	9	63	42	35	48	4	5	31
Пензенская область	20	17	20	20	34	32	32	32	70	35	64	67	16	40	19
Пермский край	30	32	31	32	20	19	20	20	7	28	2	31	65	24	28
Приморский край	35	36	35	33	23	24	23	26	1	2	1	1	62	33	35
Псковская область	53	48	48	51	29	30	29	27	84	81	78	84	41	29	44
Республика Адыгея	25	23	24	22	60	59	57	59	9	3	4	3	20	60	30
Республика Алтай	76	76	76	76	41	41	42	38	66	80	68	61	25	72	78
Республика Башкортостан	24	25	25	26	76	78	77	77	8	8	10	18	34	66	26
Республика Бурятия	56	56	56	52	12	12	12	12	79	82	83	73	50	4	48
Республика Дагестан	6	5	5	5	53	54	55	50	32	13	16	14	3	42	7
Республика Ингушетия	10	10	13	9	3	4	3	4	54	58	73	23	19	7	11
Республика Калмыкия	3	3	2	3	26	25	28	23	16	9	6	13	1	78	4
Республика Карелия	59	59	59	59	5	5	5	5	37	50	48	57	73	25	57
Республика Коми	61	62	63	63	66	66	65	66	4	5	17	17	79	77	61
Республика Крым	12	13	11	11	2	1	1	1	3	17	3	4	27	1	14
Республика Марий Эл	69	67	70	71	64	64	64	64	41	12	50	42	29	75	74
Республика Мордовия	36	31	32	31	75	74	75	75	82	53	69	79	17	59	36
Республика Саха (Якутия)	80	80	79	79	46	42	43	45	83	83	81	83	69	45	79

Продолжение таблицы А4

Регион	Ранг по уровню физического риска (подверженности в долях)				Ранг по уровню физического риска (подверженности в абсолютных значениях)				Ранг по уровню воздействия				Ранг регионов по уровню подверженности (в долях)	Ранг регионов по уровню подверженности (в абсолютных значениях)	Ранг регионов по уровню уязвимости
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5			
Республика Северная Осетия – Алания	7	8	8	8	77	76	76	76	39	44	75	24	26	57	8
Республика Татарстан	48	47	51	49	15	15	18	15	23	6	22	22	35	68	60
Республика Тыва	67	68	65	66	40	38	39	39	78	84	80	82	42	8	68
Республика Хакасия	71	73	68	68	67	68	67	67	71	79	52	65	48	46	69
Ростовская область	8	7	7	7	72	75	70	71	35	4	14	6	13	65	9
Рязанская область	41	41	41	42	4	3	4	3	74	71	71	77	32	2	41
Самарская область	49	49	50	50	48	48	48	48	24	10	13	26	36	41	59
Санкт-Петербург	83	83	83	83	44	46	45	47	5	16	30	41	83	19	83
Саратовская область	40	39	40	40	35	35	35	35	42	11	19	11	21	10	53
Сахалинская область	68	65	66	62	65	63	63	62	60	26	40	16	77	70	62
Свердловская область	31	33	33	34	19	20	19	19	34	54	20	55	75	22	20
Смоленская область	37	35	37	37	43	43	44	42	80	73	74	78	45	53	33
Ставропольский край	1	1	1	1	1	2	2	2	33	36	31	19	5	9	1
Тамбовская область	18	19	18	18	21	21	21	21	52	43	59	60	2	20	25
Тверская область	17	16	16	17	18	16	15	17	73	76	72	80	47	44	13
Томская область	63	64	61	65	62	62	62	63	45	41	32	75	68	58	64
Тульская область	23	26	26	25	25	26	26	28	47	69	66	66	28	38	24
Тюменская область	47	50	45	48	42	44	40	43	58	68	21	72	55	28	42

Окончание таблицы А4

Регион	Ранг по уровню физического риска (подверженности в долях)				Ранг по уровню физического риска (подверженности в абсолютных значениях)				Ранг по уровню воздействия				Ранг регионов по уровню подверженности (в долях)	Ранг регионов по уровню подверженности (в абсолютных значениях)	Ранг регионов по уровню уязвимости
	SSP1-2,6	SSP2-4,5	SSP3-7,0	SSP5-8,5	SSP1-2,6	SSP2-4,5	SSP3-7,0	SSP5-8,5	SSP1-2,6	SSP2-4,5	SSP3-7,0	SSP5-8,5			
Удмуртская Республика	46	45	46	46	50	50	49	49	46	37	29	35	39	37	51
Ульяновская область	73	70	73	72	73	71	73	73	57	24	49	33	38	48	73
Хабаровский край	74	74	74	74	69	69	68	68	10	19	7	7	74	55	71
Ханты-Мансийский автономный округ	65	66	67	67	57	58	58	58	26	29	34	49	84	76	39
Челябинская область	13	11	10	13	9	8	7	10	14	22	11	28	44	16	10
Чеченская Республика	22	21	21	19	28	27	25	25	48	59	36	15	9	35	27
Чувашская Республика	62	60	60	61	68	67	69	69	43	21	42	45	30	50	70
Чукотский автономный округ	81	81	81	81	81	81	81	81	65	48	53	58	70	83	80
Ямало-Ненецкий автономный округ	79	79	80	80	79	79	79	79	31	31	27	27	82	80	77
Ярославская область	55	53	55	54	59	57	59	57	75	64	79	69	59	64	47

Источник: составлено авторами.

Таблица А5
Обобщенные нормализованные показатели воздействия, подверженности и уязвимости и итоговый нормализованный показатель физического риска связанных с изменением климата лесных пожаров для регионов России

Регион	Нормализованный показатель физического риска (подверженность в долях)				Нормализованный показатель физического риска (подверженность в абсолютных значениях)				Обобщенный нормализованный показатель воздействия				Обобщенный нормализованный показатель уязвимости		
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5		Обобщенный нормализованный показатель подверженности (в долях)	Обобщенный нормализованный показатель подверженности (в абсолютных значениях)
Алтайский край	0,17	0,17	0,17	0,17	0,08	0,08	0,08	0,08	0,72	0,68	0,69	0,68	0,28	0,03	0,03
Амурская область	0,64	0,65	0,62	0,64	0,37	0,37	0,36	0,37	0,46	0,46	0,42	0,46	0,79	0,15	0,73
Архангельская область	0,17	0,17	0,18	0,17	0,10	0,10	0,11	0,11	0,37	0,36	0,48	0,41	0,65	0,14	0,02
Астраханская область	0,05	0,05	0,05	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,61	0,62	0,70	0,71	0,02	0,00	0,01
Белгородская область	0,10	0,10	0,11	0,11	0,03	0,03	0,03	0,03	0,72	0,75	0,79	0,80	0,10	0,00	0,01
Брянская область	0,17	0,18	0,19	0,19	0,05	0,05	0,05	0,05	0,65	0,74	0,83	0,91	0,40	0,01	0,02
Владимирская область	0,36	0,36	0,38	0,38	0,09	0,09	0,09	0,09	0,67	0,64	0,76	0,76	0,62	0,01	0,11
Волгоградская область	0,14	0,14	0,14	0,14	0,05	0,06	0,05	0,05	0,73	0,79	0,76	0,77	0,05	0,00	0,07
Вологодская область	0,07	0,07	0,07	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,45	0,44	0,62	0,53	0,83	0,06	0,00
Воронежская область	0,27	0,26	0,26	0,27	0,08	0,08	0,08	0,08	0,82	0,79	0,78	0,85	0,10	0,00	0,24
Еврейская автономная область	0,66	0,67	0,67	0,66	0,18	0,18	0,18	0,18	0,52	0,55	0,55	0,53	0,54	0,01	1,00
Забайкальский край	0,58	0,59	0,57	0,58	0,36	0,36	0,35	0,36	0,44	0,46	0,43	0,45	0,83	0,19	0,53
Ивановская область	0,33	0,33	0,36	0,36	0,08	0,08	0,08	0,08	0,58	0,58	0,72	0,71	0,56	0,01	0,11
Иркутская область	0,49	0,50	0,50	0,50	0,37	0,37	0,37	0,37	0,38	0,38	0,39	0,40	1,00	0,41	0,32
Кабардино-Балкарская Республика	0,09	0,09	0,09	0,09	0,02	0,02	0,02	0,02	0,82	0,75	0,74	0,81	0,18	0,00	0,01
Калининградская область	0,09	0,10	0,11	0,10	0,02	0,02	0,02	0,02	0,46	0,51	0,73	0,62	0,23	0,00	0,01

Продолжение таблицы А5

Регион	Нормализованный показатель физического риска (подверженности в долях)				Нормализованный показатель физического риска (подверженности в абсолютных значениях)				Обобщенный нормализованный показатель воздействия				Обобщенный нормализованный показатель уязвимости		
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5			
Калужская область	0,14	0,14	0,15	0,15	0,03	0,03	0,04	0,04	0,64	0,65	0,77	0,82	0,55	0,01	0,01
Камчатский край	0,10	0,11	0,10	0,10	0,06	0,07	0,07	0,06	0,17	0,20	0,19	0,17	0,52	0,13	0,01
Карачаево-Черкесская Республика	0,15	0,15	0,14	0,15	0,03	0,03	0,03	0,03	0,89	0,89	0,82	0,96	0,36	0,00	0,01
Кемеровская область	0,13	0,12	0,12	0,13	0,05	0,05	0,04	0,05	0,68	0,63	0,59	0,68	0,73	0,04	0,00
Кировская область	0,12	0,12	0,13	0,13	0,05	0,05	0,05	0,05	0,51	0,51	0,62	0,57	0,76	0,05	0,00
Костромская область	0,08	0,08	0,09	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,49	0,50	0,66	0,61	0,89	0,03	0,00
Краснодарский край	0,17	0,17	0,18	0,17	0,06	0,06	0,06	0,06	0,87	0,89	0,91	0,90	0,24	0,01	0,02
Красноярский край	0,36	0,36	0,36	0,36	0,39	0,39	0,39	0,39	0,42	0,41	0,43	0,44	0,55	0,69	0,20
Курганская область	0,37	0,36	0,38	0,38	0,13	0,12	0,13	0,13	0,68	0,61	0,72	0,70	0,27	0,01	0,28
Курская область	0,06	0,06	0,07	0,07	0,02	0,02	0,02	0,02	0,64	0,74	0,82	0,86	0,10	0,00	0,00
Ленинградская область	0,10	0,10	0,12	0,11	0,04	0,04	0,04	0,04	0,46	0,49	0,67	0,57	0,70	0,03	0,00
Липецкая область	0,25	0,25	0,26	0,27	0,06	0,06	0,06	0,06	0,66	0,69	0,76	0,81	0,10	0,00	0,23
Магаданская область	0,12	0,19	0,17	0,19	0,07	0,12	0,11	0,12	0,02	0,08	0,06	0,09	0,45	0,11	0,18
Москва	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,56	0,63	0,81	0,69	0,01	0,00	0,00
Московская область	0,26	0,26	0,28	0,28	0,07	0,07	0,08	0,08	0,59	0,61	0,79	0,73	0,51	0,01	0,06
Мурманская область	0,11	0,12	0,12	0,11	0,05	0,05	0,05	0,05	0,25	0,26	0,29	0,24	0,45	0,04	0,01
Ненецкий автономный округ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,12	0,15	0,13	0,22	0,02	0,00
Нижегородская область	0,45	0,44	0,47	0,47	0,16	0,15	0,16	0,16	0,67	0,62	0,73	0,73	0,58	0,02	0,24

Продолжение таблицы А5

Регион	Нормализованный показатель физического риска (подверженность в долях)				Нормализованный показатель физического риска (подверженность в абсолютных значениях)				Обобщенный нормализованный показатель воздействия				Обобщенный нормализованный показатель уязвимости		
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5			
Новгородская область	0,08	0,08	0,09	0,08	0,02	0,02	0,03	0,03	0,50	0,54	0,76	0,64	0,78	0,02	0,00
Новосибирская область	0,16	0,16	0,16	0,17	0,07	0,07	0,07	0,08	0,64	0,60	0,60	0,67	0,33	0,03	0,02
Омская область	0,34	0,33	0,34	0,34	0,14	0,14	0,14	0,14	0,66	0,63	0,64	0,66	0,39	0,03	0,15
Оренбургская область	0,17	0,16	0,17	0,17	0,07	0,07	0,07	0,07	0,72	0,66	0,70	0,70	0,05	0,00	0,12
Орловская область	0,05	0,05	0,05	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,63	0,68	0,78	0,86	0,09	0,00	0,00
Пензенская область	0,19	0,18	0,19	0,19	0,05	0,05	0,05	0,05	0,75	0,70	0,78	0,79	0,25	0,01	0,03
Пермский край	0,18	0,17	0,18	0,18	0,08	0,08	0,08	0,08	0,56	0,50	0,61	0,56	0,87	0,07	0,01
Приморский край	0,45	0,45	0,46	0,46	0,20	0,20	0,20	0,20	0,56	0,57	0,61	0,61	0,94	0,08	0,17
Псковская область	0,12	0,12	0,13	0,13	0,04	0,04	0,04	0,04	0,54	0,55	0,76	0,68	0,47	0,01	0,01
Республика Адыгея	0,11	0,11	0,11	0,11	0,02	0,02	0,02	0,02	0,90	0,92	0,92	0,94	0,44	0,00	0,00
Республика Алтай	0,18	0,19	0,19	0,19	0,07	0,07	0,07	0,07	0,47	0,50	0,49	0,52	0,54	0,03	0,02
Республика Башкортостан	0,17	0,16	0,17	0,17	0,07	0,07	0,07	0,07	0,79	0,69	0,75	0,73	0,48	0,04	0,01
Республика Бурятия	0,47	0,48	0,48	0,48	0,27	0,27	0,27	0,28	0,39	0,41	0,41	0,42	0,77	0,15	0,35
Республика Дагестан	0,08	0,08	0,08	0,08	0,02	0,02	0,02	0,02	0,75	0,81	0,86	0,83	0,09	0,00	0,01
Республика Ингушетия	0,11	0,12	0,12	0,12	0,01	0,01	0,01	0,01	0,85	0,91	0,89	0,94	0,26	0,00	0,01
Республика Калмыкия	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,67	0,73	0,80	0,74	0,00	0,00	0,05
Республика Карелия	0,15	0,15	0,16	0,15	0,07	0,07	0,07	0,07	0,36	0,36	0,48	0,39	0,64	0,06	0,01
Республика Коми	0,18	0,17	0,19	0,18	0,11	0,10	0,11	0,11	0,37	0,32	0,42	0,37	0,88	0,20	0,02
Республика Крым	0,21	0,20	0,21	0,21	0,05	0,05	0,05	0,05	1,00	0,82	0,95	0,95	0,16	0,00	0,06

Продолжение таблицы А5

Регион	Нормализованный показатель физического риска (подверженности в долях)				Нормализованный показатель физического риска (подверженности в абсолютных значениях)				Обобщенный нормализованный показатель воздействия				Обобщенный нормализованный показатель уязвимости		
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5			
Республика Марий Эл	0,48	0,47	0,51	0,49	0,11	0,11	0,12	0,11	0,63	0,60	0,73	0,66	0,68	0,01	0,26
Республика Мордовия	0,42	0,40	0,42	0,42	0,10	0,10	0,10	0,10	0,80	0,69	0,82	0,81	0,33	0,00	0,28
Республика Саха (Якутия)	0,24	0,25	0,23	0,26	0,28	0,30	0,27	0,31	0,08	0,10	0,07	0,11	0,61	1,00	0,28
Республика Северная Осетия – Алания	0,18	0,19	0,18	0,19	0,03	0,03	0,03	0,03	0,81	0,88	0,85	0,92	0,29	0,00	0,02
Республика Татарстан	0,06	0,06	0,06	0,06	0,02	0,02	0,02	0,02	0,75	0,71	0,78	0,72	0,21	0,01	0,00
Республика Тыва	0,37	0,37	0,36	0,37	0,17	0,17	0,16	0,17	0,47	0,49	0,46	0,49	0,60	0,05	0,18
Республика Хакасия	0,28	0,28	0,28	0,28	0,09	0,09	0,09	0,09	0,52	0,53	0,52	0,55	0,60	0,02	0,07
Ростовская область	0,16	0,16	0,16	0,16	0,06	0,06	0,06	0,06	0,78	0,78	0,79	0,78	0,03	0,00	0,21
Рязанская область	0,50	0,49	0,53	0,53	0,14	0,14	0,15	0,15	0,71	0,67	0,81	0,85	0,30	0,01	0,59
Самарская область	0,17	0,17	0,17	0,17	0,05	0,05	0,05	0,05	0,72	0,72	0,77	0,72	0,15	0,00	0,04
Санкт-Петербург	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,56	0,74	0,60	0,16	0,00	0,00
Саратовская область	0,16	0,16	0,16	0,16	0,06	0,06	0,06	0,06	0,68	0,72	0,75	0,77	0,07	0,00	0,08
Сахалинская область	0,15	0,15	0,15	0,15	0,05	0,05	0,06	0,06	0,30	0,31	0,34	0,35	0,82	0,04	0,01
Свердловская область	0,38	0,37	0,39	0,38	0,18	0,17	0,18	0,18	0,54	0,51	0,61	0,53	0,83	0,09	0,12
Смоленская область	0,08	0,08	0,09	0,09	0,02	0,02	0,03	0,03	0,60	0,60	0,76	0,77	0,51	0,01	0,00
Ставропольский край	0,07	0,07	0,07	0,07	0,02	0,02	0,02	0,02	0,81	0,80	0,86	0,81	0,02	0,00	0,02
Тамбовская область	0,25	0,24	0,25	0,26	0,07	0,06	0,07	0,07	0,77	0,71	0,82	0,86	0,13	0,00	0,16
Тверская область	0,12	0,11	0,13	0,12	0,04	0,04	0,05	0,04	0,56	0,53	0,73	0,68	0,66	0,03	0,00

Окончание таблицы А5

Регион	Нормализованный показатель физического риска (подверженность в долях)				Нормализованный показатель физического риска (подверженность в абсолютных значениях)				Обобщенный нормализованный показатель воздействия				Обобщенный нормализованный показатель подверженности (в долях)	Обобщенный нормализованный показатель подверженности (в абсолютных значениях)	Обобщенный нормализованный показатель подверженности (в долях)	Обобщенный нормализованный показатель подверженности (в абсолютных значениях)	Обобщенный нормализованный показатель подверженности (в долях)	Обобщенный нормализованный показатель подверженности (в абсолютных значениях)	
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5							
Томская область	0,30	0,30	0,29	0,30	0,17	0,16	0,16	0,17	0,53	0,50	0,49	0,54	0,74	0,12	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Тульская область	0,07	0,07	0,07	0,07	0,02	0,02	0,02	0,02	0,69	0,69	0,79	0,83	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Туменская область	0,24	0,24	0,25	0,24	0,10	0,10	0,11	0,11	0,54	0,53	0,61	0,54	0,53	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Удмуртская Республика	0,07	0,07	0,07	0,07	0,02	0,02	0,02	0,02	0,66	0,60	0,68	0,65	0,56	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ульяновская область	0,23	0,23	0,23	0,23	0,06	0,06	0,06	0,06	0,74	0,75	0,76	0,74	0,32	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Хабаровский край	0,30	0,30	0,29	0,30	0,22	0,23	0,22	0,23	0,34	0,35	0,33	0,35	0,81	0,34	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Ханты-Мансийский автономный округ	0,23	0,23	0,25	0,24	0,15	0,15	0,16	0,16	0,35	0,35	0,42	0,38	0,65	0,19	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Челябинская область	0,38	0,37	0,38	0,38	0,14	0,13	0,14	0,14	0,72	0,67	0,74	0,72	0,36	0,02	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Чеченская Республика	0,13	0,13	0,13	0,13	0,03	0,03	0,03	0,03	0,83	0,87	0,90	0,87	0,24	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Чувашская Республика	0,29	0,28	0,29	0,28	0,06	0,06	0,06	0,06	0,76	0,69	0,81	0,73	0,39	0,00	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Чукотский автономный округ	0,07	0,07	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,04	0,04	0,07	0,08	0,03	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Ямало-Ненецкий автономный округ	0,19	0,18	0,20	0,19	0,14	0,13	0,15	0,14	0,23	0,19	0,28	0,23	0,25	0,10	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Ярославская область	0,07	0,07	0,08	0,08	0,02	0,02	0,02	0,02	0,51	0,52	0,72	0,69	0,55	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Источник: составлено авторами.

Таблица А6
Детализированный рейтинг регионов России по необходимости адаптации к связанным с изменением климата лесным пожарам

Регион	Ранг по уровню физического риска (подверженности в долях)				Ранг по уровню физического риска (подверженности в абсолютных значениях)				Ранг по уровню воздействия				Ранг регионов по уровню подверженности (в долях)	Ранг регионов по уровню подверженности (в абсолютных значениях)	Ранг регионов по уровню уязвимости
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5			
Алтайский край	40	42	43	43	29	29	32	33	25	30	49	43	54	34	42
Амурская область	2	2	2	2	2	2	3	3	66	66	72	67	11	8	2
Архангельская область	44	43	38	41	23	24	22	24	72	72	66	71	20	10	49
Астраханская область	79	79	79	79	77	78	78	78	43	39	48	38	81	80	56
Белгородская область	62	64	64	63	65	64	66	65	21	14	18	21	70	74	51
Брянская область	38	35	33	32	55	53	53	51	37	16	9	6	44	52	48
Владимирская область	15	16	14	12	25	27	26	26	31	35	28	27	23	48	26
Волгоградская область	52	52	53	53	46	46	47	48	20	10	34	25	79	62	31
Вологодская область	76	75	72	75	62	62	60	62	67	68	55	64	7	18	81
Воронежская область	23	23	24	24	27	28	31	28	7	11	24	12	72	63	11
Еврейская автономная область	1	1	1	1	82	82	82	82	56	50	62	62	33	84	1
Забайкальский край	3	3	3	3	82	82	82	82	68	67	70	68	8	82	4
Ивановская область	18	17	17	17	10	9	10	9	46	47	46	37	28	45	25
Иркутская область	5	4	6	5	4	4	4	4	71	71	75	72	1	6	6
Кабардино-Балкарская Республика	65	66	66	66	30	30	29	29	8	13	39	20	64	54	66
Калининградская область	66	65	62	64	3	3	2	2	64	57	42	52	61	3	61
Калужская область	51	53	51	52	74	75	77	75	38	34	26	16	32	78	63

Продолжение таблицы А6

Регион	Ранг по уровню физического риска (подверженность в долях)				Ранг по уровню физического риска (подверженность в абсолютных значениях)				Ранг по уровню воздействия				Ранг регионов по уровню подверженности (в долях)	Ранг регионов по уровню подверженности (в абсолютных значениях)	Ранг регионов по уровню уязвимости
	SSP1-2.6	SSP2-4.3	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.3	SSP3-7.0	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.3	SSP3-7.0	SSP5-8.5			
Камчатский край	64	62	65	65	73	71	71	71	80	79	80	80	36	71	58
Карачаево-Черкесская Республика	49	51	52	51	59	59	59	59	3	4	12	1	47	49	60
Кемеровская область	54	55	58	57	40	38	39	40	30	37	61	46	16	11	69
Кировская область	55	56	56	56	61	61	62	61	59	58	54	56	14	64	67
Костромская область	67	68	68	68	54	55	56	55	61	62	52	53	3	24	79
Краснодарский край	39	38	40	40	52	51	50	53	4	3	3	7	59	21	45
Красноярский край	16	15	16	16	64	65	63	64	69	69	69	69	31	32	16
Курганская область	13	14	13	13	1	1	1	1	29	41	45	40	55	2	7
Курская область	77	77	76	77	50	52	51	52	39	17	10	10	73	68	70
Ленинградская область	63	63	60	61	19	19	19	19	65	64	51	57	17	46	71
Липецкая область	25	25	25	25	78	77	76	77	34	28	33	19	70	72	13
Магаданская область	57	32	41	33	58	57	58	58	84	83	83	83	42	29	17
Москва	81	81	81	81	45	45	44	41	50	36	15	42	83	75	82
Московская область	24	24	22	23	32	20	24	20	45	42	21	30	37	13	35
Мурманская область	60	59	59	60	33	32	28	30	78	78	78	78	41	43	54
Ненецкий автономный округ	81	81	81	81	53	50	52	54	81	81	81	81	62	26	82
Нижегородская область	8	9	8	8	82	82	82	82	32	40	41	33	27	37	12
Новгородская область	70	70	67	69	13	14	14	13	60	52	30	51	12	35	78
Новосибирская область	46	47	49	46	68	67	65	66	40	44	60	47	49	36	47

Продолжение таблицы А6

Регион	Ранг по уровню физического риска (подержанность в долях)				Ранг по уровню физического риска (подержанность в абсолютных значениях)				Ранг по уровню воздействия				Ранг регионов по уровню подверженности (в долях)	Ранг регионов по уровню подверженности (в абсолютных значениях)	Ранг регионов по уровню уязвимости
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP3-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP3-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP3-8.5			
Омская область	17	18	18	18	31	33	34	32	36	38	53	48	46	28	21
Оренбургская область	43	45	45	44	15	15	17	16	22	33	47	39	78	31	22
Орловская область	80	80	80	80	35	37	36	38	42	29	25	11	74	61	75
Пензенская область	33	36	34	35	81	81	81	81	18	23	23	22	58	76	41
Пермский край	37	39	39	39	48	49	48	49	47	61	58	58	5	56	57
Приморский край	9	8	9	9	28	31	30	31	48	48	56	54	2	17	19
Псковская область	56	57	55	55	8	8	8	8	53	51	29	45	40	16	64
Республика Адыгея	61	61	63	62	57	58	57	57	2	1	2	3	43	40	72
Республика Алтай	34	34	36	36	75	74	75	76	63	63	64	65	34	70	46
Республика Башкортостан	41	46	44	45	37	35	37	36	12	25	36	31	39	33	55
Республика Бурятия	7	6	7	7	34	34	35	34	70	70	74	70	13	25	5
Республика Дагестан	69	67	71	71	6	6	5	6	17	8	7	14	75	9	62
Республика Ингушетия	59	58	61	59	67	66	68	68	5	2	5	4	56	66	65
Республика Калмыкия	81	81	81	81	80	80	80	80	33	18	17	29	84	81	37
Республика Карелия	48	50	48	50	79	79	79	79	74	73	67	73	22	83	52
Республика Коми	36	40	35	38	36	36	33	35	73	76	73	75	4	19	50
Республика Крым	31	31	31	31	44	43	45	45	1	7	1	2	67	47	34
Республика Марий Эл	6	7	5	6	21	23	21	22	41	43	40	49	18	5	10
Республика Мордовия	10	10	10	10	20	21	20	21	11	26	11	18	50	50	9

Продолжение таблицы А6

Регион	Ранг по уровню физического риска (подверженность в долях)				Ранг по уровню физического риска (подверженность в абсолютных значениях)				Ранг по уровню воздействия				Ранг регионов по уровню подверженности (в долях)	Ранг регионов по уровню подверженности (в абсолютных значениях)	Ранг регионов по уровню уязвимости
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP3-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP3-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP3-8.5			
Республика Саха (Якутия)	27	26	29	26	24	25	25	25	82	82	82	82	24	57	8
Республика Северная Осетия – Алания	35	33	37	34	5	5	6	5	10	5	8	5	53	1	44
Республика Татарстан	78	78	78	78	60	60	61	60	16	21	22	35	63	77	77
Республика Тыва	14	11	15	15	71	72	72	73	62	65	68	66	26	51	18
Республика Хакасия	22	21	23	22	12	11	11	12	57	53	63	59	25	20	33
Ростовская область	45	44	46	47	26	26	27	27	13	12	20	23	80	38	15
Рязанская область	4	5	4	4	39	40	40	39	26	31	14	13	52	73	3
Самарская область	42	41	42	42	17	16	16	15	24	20	27	34	68	53	40
Санкт-Петербург	81	81	81	81	51	48	49	50	51	49	38	55	66	58	82
Саратовская область	47	48	47	48	43	42	43	42	28	19	35	26	77	59	30
Сахалинская область	50	49	50	49	47	47	46	46	77	77	76	77	9	23	53
Свердловская область	12	13	11	14	9	10	9	10	54	59	59	63	6	15	23
Смоленская область	68	69	69	67	69	69	67	67	44	46	32	24	38	41	74
Ставропольский край	73	72	74	74	66	68	69	69	9	9	6	17	82	79	43
Тамбовская область	26	27	26	27	38	39	38	37	14	22	13	9	69	67	20
Тверская область	58	60	57	58	56	56	55	56	49	55	43	44	19	30	68
Томская область	19	20	21	19	11	12	13	11	55	60	65	61	15	12	32
Тульская область	74	73	73	73	76	76	74	74	27	24	19	15	65	65	73

Окончание таблицы А6

Регион	Ранг по уровню физического риска (подержанность в долях)				Ранг по уровню физического риска (подержанность в абсолютных значениях)				Ранг по уровню воздействия				Ранг регионов по уровню подержанности (в долях)	Ранг регионов по уровню подержанности (в абсолютных значениях)	Ранг регионов по уровню подержанности
	SPP1-2;6	SPP2-4;5	SPP3-7;0	SPP5-8;5	SPP1-2;6	SPP2-4;5	SPP3-7;0	SPP5-8;5	SPP1-2;6	SPP2-4;5	SPP3-7;0	SPP5-8;5			
Тюменская область	28	28	27	28	22	22	23	23	52	54	57	60	35	22	39
Удмуртская Республика	75	74	75	76	72	73	73	72	35	45	50	50	28	42	80
Ульяновская область	30	30	30	30	41	41	42	43	19	15	31	28	51	55	38
Хабаровский край	20	19	20	20	7	7	7	7	76	75	77	76	10	4	27
Ханты-Мансийский автономный округ	29	29	28	29	14	13	12	14	75	74	71	74	21	7	36
Челябинская область	11	12	12	11	18	17	18	18	23	32	37	36	48	39	14
Чеченская Республика	53	54	54	54	63	63	64	63	6	6	4	8	60	69	59
Чувашская Республика	21	22	19	21	42	44	41	44	15	27	16	32	45	60	29
Чукотский автономный округ	72	76	77	72	49	54	54	47	83	84	84	84	76	27	28
Ямало-Ненецкий автономный округ	32	37	32	37	16	18	15	17	79	80	79	79	57	14	24
Ярославская область	71	71	70	70	70	70	70	70	58	56	44	41	30	44	76

Источники: составлено авторами.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Гинзбург А.С., Александров Г.А., Чернокульский А.В.** (2022). Климатические критерии необходимости превентивной адаптации // *Известия РАН. Физика атмосферы и океана*. Т. 58. № 6. С. 626–637. DOI: 10.31857/S0002351522060062 [**Ginzburg A.S., Alexandrov G.A., Chernokulsky A.V.** (2022). Climatic criteria for the preventive adaptation need. *Izvestiya RAS – Atmospheric and Oceanic Physics*, 58 (6), 536–544. DOI: 10.1134/S0001433822060068]
- Елисеев А.В., Васильева А.В.** (2020). Природные пожары: данные наблюдений и моделирование // *Фундаментальная и прикладная климатология*. Т. 3. С. 73–119. DOI: 10.21513/2410-8758-2020-3-73-119 [**Eliseev A.V., Vasilieva A.V.** (2020). Natural fires: Observational data and modelling. *Fundamental and Applied Climatology*, 3, 73–119. DOI: 10.21513/2410-8758-2020-3-73-119 (in Russian).]
- Инсаров Г.Э., Мендес К.Л., Семенов С.М., Янда П.З.** (2020). Концепция риска и визуализация его изменений в докладах Межправительственной группы экспертов по изменению климата // *Фундаментальная и прикладная климатология*. Т. 2. С. 6–34. DOI: 10.21513/2410-8758-2020-2-06-34 [**Inсарov G.E., Méndez C.L., Semenov S.M., Yanda P.Z.** (2020). Concept of risk and visualization of its changes in the reports of the intergovernmental panel on climate change. *Fundamental and Applied Climatology*, 2, 6–34. DOI: 10.21513/2410-8758-2020-2-06-34 (in Russian).]
- Катцов В.М., Порфирьев Б.Н.** (ред.) (2011). Оценка макроэкономических последствий изменения климата на территории Российской Федерации на период до 2030 года и дальнейшую перспективу. М.: Росгидромет. [**Kattsov V.M., Porfiriev B.N.** (eds.) (2011). *Evaluation of the macroeconomic impacts of climate change on the territory of the Russian federation for the period up to 2030 and beyond*. Moscow: Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring of Russia (Rosgidromet) (in Russian).]
- Липка О.Н., Романовская А.А., Семенов С.М.** (2020). Прикладные аспекты адаптации к изменениям климата в России // *Фундаментальная и прикладная климатология*. Т. 1. С. 65–90. DOI: 10.21513/2410-8758-2020-1-65-90 [**Lipka O.N., Romanovskaya A.A., Semenov S.M.** (2020). Applied aspects of adaptation to climate change in Russia. *Fundamental and Applied Climatology*, 1, 65–90. DOI: 10.21513/2410-8758-2020-1-65-90 (in Russian).]
- Нестеров В.Г.** (1949). Горимость леса и методы ее определения. М., Л.: Гослесбумиздат. [**Nesterov V.G.** (1949). *Forest fires danger and methods of its determination*. Moscow, Leningrad: Goslesbumizdat (in Russian).]
- Порфирьев Б.Н., Данилов-Данильян В.И.** (ред.) (2022). Изменения климата и экономика России: тенденции, сценарии, прогнозы. М.: Научный консультант. [**Porfiriev B.N., Danilov-Danilyan V.I.** (eds.) (2022). *Climate change and the russian economy: Trends, scenarios, forecasts*. Moscow: Nauchnyi Konsul'tant (in Russian).]
- Порфирьев Б.Н., Елисеев Д.О., Стрелецкий Д.А.** (2019). Экономическая оценка последствий деградации вечной мерзлоты под влиянием изменений климата для устойчивости дорожной инфраструктуры в Российской Арктике // *Вестник Российской академии наук*. Т. 89. № 12. С. 1228–1239. [**Porfiriev B.N., Eliseev D.O., Streletskiy D.A.** (2019). Economic assessment of the impact of permafrost degradation induced by climate change the road infrastructure resilience in the Russian Arctic. *Herald*

- of the Russian Academy of Sciences, 89 (12), 567–576. DOI: 10.1134/S1019331619060121 (in Russian).]
- Ревич Б.А., Малеев В.В., Смирнова М.Д.** (2019). Изменение климата и здоровье: оценки, индикаторы, прогнозы. М.: ИНП РАН. [**Revich B.A., Maleev V.V., Smirnova M.D.** (2019). *Climate change and health: Trends, scenarios, forecasts*. Moscow: Institute of National Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences (IEF RAS) (in Russian).]
- Романовская А.А.** (2022). Оценка приоритетности территориальных единиц России с целью адаптации к климатическим угрозам // *Метеорология и гидрология*. № 2. С. 53–61. DOI: 10.52002/0130-2906-2022-2-53-61 [**Romanovskaya A.A.** (2022). Assessing priority of territorial units of Russia for adaptation to climate change. *Meteorologiya i Gidrologiya*, 2, 53–61. DOI: 10.52002/0130-2906-2022-2-53-61 (in Russian).]
- Росгидромет (2022). Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Под ред. В.М. Катцова. Росгидромет. Санкт-Петербург: Научное издание. [Rosgidromet (2022). *Third assessment report on climate change and its impacts on the territory of the Russian Federation*. Saint Petersburg: «Naukoemkie tekhnologii» (“Science Intensive Technologies”) (in Russian).]
- Anisimov O., Zimov S.** (2020). Thawing permafrost and methane emission in Siberia: Synthesis of observations, reanalysis, and predictive modeling. *Ambio*, 50 (11), 1–10. DOI: 10.1007/s13280-020-01392-y
- Ciavarella A., Cotterill D., Stott P., Kew S., Philip S.** et al. (2021). Prolonged Siberian heat of 2020 almost impossible without human influence. *Climatic Change*, 166 (1–2), Article 9. DOI: 10.1007/s10584-021-03052-w
- Gädeke A., Langer M., Boike J., Burke E.J., Chang J., Head M., Reyer C., Schaphoff S., Thiery W., Thonicke K.** (2021). Climate change reduces winter overland travel across the Pan-Arctic even under low-end global warming scenarios. *Environmental Research Letters*, 6, 2, 1–14. DOI: 10.1088/1748-9326/abdcf2
- IPCC (2021). *Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of working group I to the Sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. New York, Cambridge: Cambridge University Press. DOI: 10.1017/9781009157896
- IPCC (2022). *Climate change 2022: Impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of working group II to the Sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. New York, Cambridge: Cambridge University Press. DOI: 10.1017/9781009325844
- Kahn M.E., Mohaddes K., Ng R.N., Pesaran M.H., Raissi M., Yang J.C.** (2021). Long-term macroeconomic effects of climate change: A cross-country analysis. *Energy Economics*, 104. DOI: 10.1016/j.eneco.2021.105624
- Kharuk V.I., Ponomarev E.I., Ivanova G.A.** et al. (2021). Wildfires in the Siberian taiga. *Ambio*, 50. DOI: 10.1007/s13280-020-01490-x
- Kompas T., Pham V.H., Che T.N.** (2018). The effects of climate change on GDP by country and the global economic gains from complying with the Paris climate accord. *Earth's Future*, 8, 6, 1153–1173. DOI: 10.1029/2018EF000922
- Leskinen P., Lindner M., Verkerk P., Nabuurs G-J., Brusselen J., Kulikova E., Hassegawa M., Lerink B.** (2020). *Russian forests and climate change. What science can tell us 11*. European Forest Institute. DOI: 10.36333/wsctu11

- Nordhaus W.** (2011). Estimates of the social cost of carbon: Background and results from the rice-2011 model. *NBER Working Paper*, 1826. DOI: 10.3386/w17540
- O'Neill B. C., Tebaldi C., Van Vuuren D.P., Eyring V., Friedlingstein P.** et al. (2016). The scenario model intercomparison project (ScenarioMIP) for CMIP6. *Geoscience Model Development*, 9, 3461–3482. DOI: 10.5194/gmd-9-3461-2016
- Riahi K., Van Vuuren D.P., Kriegler E., Edmonds J., O'Neill B.** et al. (2017). The shared socioeconomic pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global Environmental Change*, 42, 153–168.
- Ricke K., Drouet L., Caldeira K., Tavoni M.** (2018). Country-level social cost of carbon. *Nature Climate Change*, 10, 8, 895–900. DOI: 10.1038/s41558-018-0282-y
- Roson R., Sartori M.** (2016). *Estimation of climate change damage functions for 140 regions in the GTAP9 database*. University Ca'Foscari of Venice, Dept. of Economics Research Paper Series, 6. DOI: 10.2139/ssrn.2742053
- Stern N.** (2007). *The economics of climate change: The stern review*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Streletskiy D., Suter L., Shiklomanov N., Porfiriev B., Eliseev D.** (2019). Assessment of climate change impacts on buildings, structures and infrastructure in the Russian regions on permafrost. *Environmental Research Letters*, 14, 2, 1–15.
- Wang J., Chen Y., Tett S.F.B.** et al. (2020). Anthropogenically-driven increases in the risks of summertime compound hot extremes. *Nature Communications*, 11, 528. DOI: 10.1038/s41467-019-14233-8
- Zheng B., Ciais, P., Chevallier F., Yang H., Canadell J.G.** et al. (2023). Record-high CO₂ emissions from boreal fires in 2021. *Science*, 379, 912–917. DOI: 10.1126/science.ade0805

Поступила в редакцию 22.06.2023

Received 22.06.2023

I.A. Makarov

National Research University “Higher School of Economics”, Moscow, Russia

A.V. ChernokulskyA.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics, Russian Academy of Sciences,
National Research University “Higher School of Economics”, Moscow, Russia

Impacts of climate change on the Russian economy: Ranking of regions by adaptation needs¹⁸

Abstract. Climate change makes Russia warming faster than global average that is associated with the significant potential damage for its population and economy. To minimize this damage, the system of adaptation measures is needed. Taking into consideration the diversity of climate and economic conditions across the Russian territory and given the scarcity of resources for implementing such measures, their prioritization is necessary, that means revealing of those regions which face the highest level of climate change-related risks. This study proposes the rating of the Russian regions by the level of physical risks of climate change and the need for adapting to them. Rating is built with the use of the analytical framework “hazard – exposure – vulnerability” and is based on ranging the Russian regions by each of these components of climate risk. Rating is composed for four crucial climate-change related hazards: the impact of heat waves on the health of urban population, the impact of droughts on agriculture, rising frequency of forest fires, and melting permafrost. The results of the study are presented separately for regional and federal level of policy and provide the objective base for the prioritization of adaptation measures funding.

Keywords: *climate change, climate risks, adaptation to climate change, regional economy, funding adaptation measures.*

JEL Classification: Q51, Q54.

For reference: **Makarov I.A., Chernokulsky A.V.** (2023). Impacts of climate change on the Russian economy: Ranking of regions by adaptation needs. *Journal of the New Economic Association*, 4 (61), 145–202 (in Russian).

DOI: 10.31737/22212264_2023_4_145-202

EDN: LQDYUW

¹⁸ This article is an output of a research project implemented as part of the Basic Research Program at the National Research University “Higher School of Economics”. The authors appreciate the assistance of Anna Sokolova, Mikhail Grigoryan, Kristina Poteryayko, and Evgeniya Starikova in working with quantitative data used in this paper. Support of Faculty of World Economy and International Affairs of HSE University is also gratefully acknowledged.