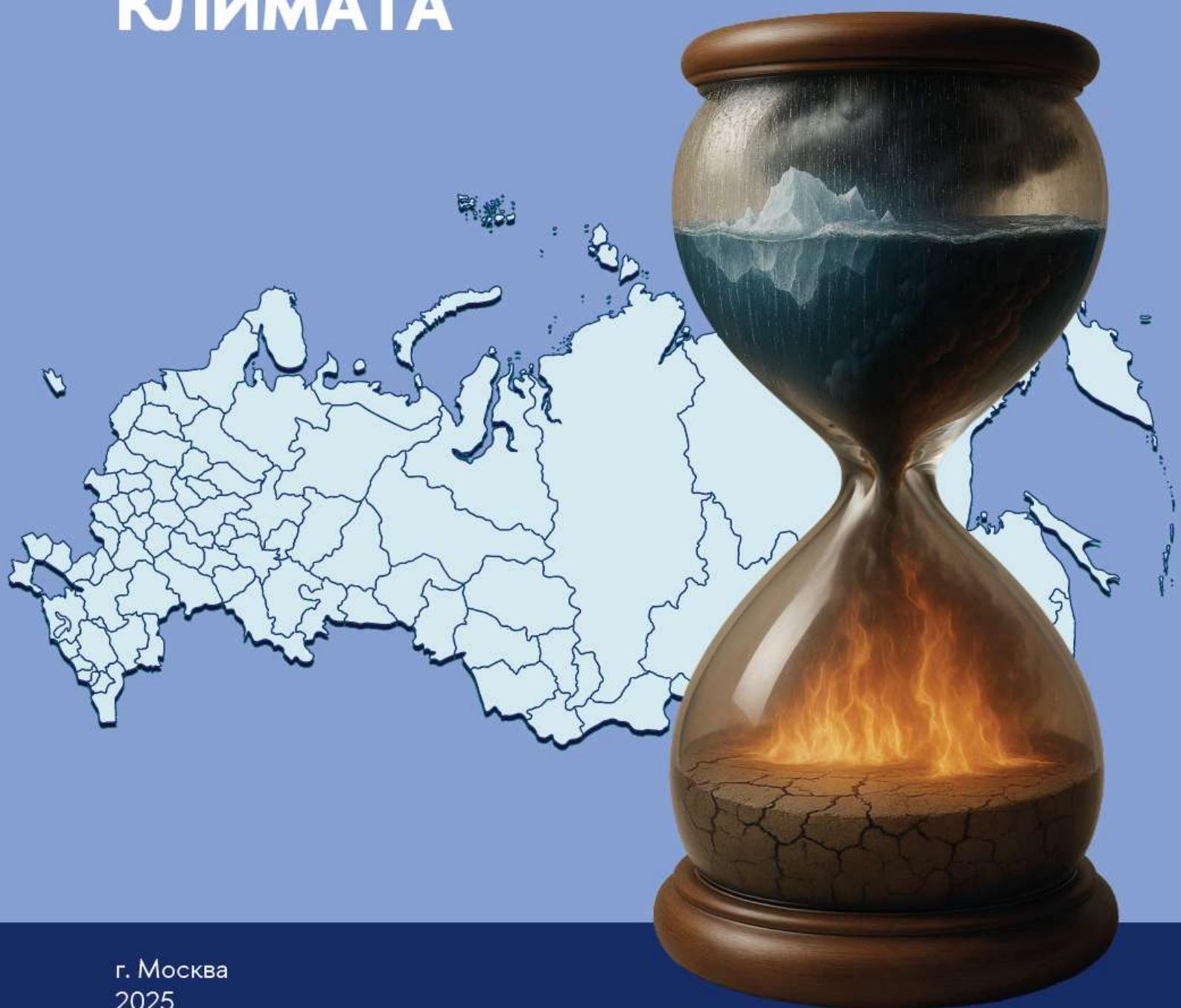




Факультет географии
и геоинформационных
технологий

ФМЭиМП

РЕЙТИНГ РЕГИОНОВ РОССИИ ПО НЕОБХОДИМОСТИ АДАПТАЦИИ К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА



СОДЕРЖАНИЕ

Введение	2
Методология рейтинга	5
Ключевые выводы	9
Результаты по каждому виду опасности	14
Влияние волн тепла на здоровье населения	14
Влияние водного стресса на сельское хозяйство	20
Влияние лесных пожаров на лесное хозяйство и наземные экосистемы	26
Влияние деградации многолетнемерзлых пород на население и жилищно-коммунальное хозяйство	32
Влияние экстремальных осадков на население и инфраструктуру	38
Влияние волн холода на здоровье населения	45
Рекомендации	52
Команда исследования	54

ВВЕДЕНИЕ

Глобальное изменение климата является одной из ключевых проблем, с которыми сталкивается человечество в XXI веке. Среди проявлений климатических изменений – повышение средней глобальной температуры, поднятие уровня Мирового океана, трансформация режима осадков, а также таяние ледников, морских льдов и деградация вечной мерзлоты¹. Россия, с учетом размеров ее территории и природно-климатического разнообразия, испытывает последствия изменений климата особенно остро. По данным Росгидромета, с 1970-х гг. средняя температура в России выросла примерно на 3°C². Наиболее активное потепление происходит в российской Арктике: с 2000-х гг. в этом регионе рост среднегодовой температуры в три раза превышает мировые темпы³. Одновременно учащаются экстремальные погодные явления: число опасных гидрометеорологических событий в России в 2024 г. превысило 1234 случая, что почти вдвое больше, чем в начале 2000-х⁴. Эти процессы создают существенные вызовы для устойчивого развития регионов и экономики страны в целом, формируя физические климатические риски⁵.

Наряду с государством и регионами, все более уязвимым перед изменением климата становится бизнес-сектор. Уже сегодня компании сталкиваются с прямыми убытками от разрушения производственных мощностей, сбоями в работе энергосетей, перебоями в логистике, ростом страховых выплат, а также существенным экологическим ущербом. В таких условиях политика адаптации к изменению климата должна рассматриваться в качестве приоритета – как на уровне государства, так и на уровне регионов и бизнеса.

 **Цель доклада** – представить рейтинг регионов России по необходимости адаптации к изменению климата, который позволит учесть территориальную дифференциацию рисков и станет инструментом стратегического планирования адаптационных мероприятий в условиях ограниченности ресурсов.



Задачи доклада:

Выявить регионы с наибольшим уровнем климатического риска. Для этого определены шесть основных климатических опасностей, характерных для России: волны тепла, водный стресс (засухи), лесные пожары, деградация вечной мерзлоты, экстремальные осадки и волны холода. Представлено два взгляда на соответствующие физические риски: «национальный», служащий основой для принятия решений в сфере политики адаптации на уровне всей страны, и «региональный», который призван стать опорой для принятия решений на уровне отдельных субъектов Российской Федерации.

Обеспечить научную основу для приоритизации адаптационных мероприятий и их финансирования, особенно в условиях ограниченных ресурсов – с учетом уровня опасности, подверженности и уязвимости населения, инфраструктуры и отдельных отраслей. В частности, регионы, которые в большей степени пострадают от процессов изменения климата, должны получать приоритетное финансирование.

1 Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of working group I to the Sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change // IPCC, 2021.

2 Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2024 год. – Москва, 2025. – 104 стр.

3 IPCC (2019) IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate.

4 Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2024 год. – Москва, 2025. – 104 стр.

5 Climate change 2022: Impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of working group II to the Sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. // IPCC, 2022.



3
4

Интегрировать результаты рейтинга в разработку федеральных и региональных планов, включая Национальный план мероприятий третьего этапа адаптации (2025–2028 гг.), а также отраслевые стратегии адаптации: в здравоохранении, ЖКХ, сельском хозяйстве, транспорте и строительстве.

Дополнить систему оценки качества региональных планов адаптации и мониторинга хода адаптации. Представленный рейтинг позволит выявить, насколько разработанные в регионах планы адаптации соответствуют профилю климатического риска, характерного для конкретного субъекта РФ, и помогут скорректировать соответствующие адаптационные мероприятия.

Доклад подготовлен в Национальном исследовательском университете «Высшая школа экономики» и является результатом совместной работы Институт экономики природных ресурсов и изменения климата Факультета мировой экономики и мировой политики.

МЕТОДОЛОГИЯ РЕЙТИНГА

Методологическая рамка «опасность-подверженность-уязвимость»

Оценка климатических рисков, представленная в данном докладе, опирается на эвристический подход⁶, который сводит любой климатический риск к совокупности трех ключевых элементов: опасности (hazard), подверженности (exposure) и уязвимости (vulnerability)⁷. При таком подходе оценка учитывает как внешнее воздействие на природные и социально-экономические системы, так и их внутренние свойства. Под опасностью (H) понимают возможную повторяемость и интенсивность в будущем периода событий и процессов, вызванных изменением климата, которые могут иметь негативные последствия для рассматриваемых объектов, людей, экосистем и т.д. Подверженность (E) отражает нахождение объектов в области потенциального негативного воздействия климатической опасности и во время этого воздействия. Уязвимость (V) представляет собой внутреннее свойство подверженного климатическому воздействию объекта быть чувствительным (или нечувствительным) к негативным воздействиям изменения климата, при этом уязвимость прямо зависит от чувствительности, которую можно определить как совокупность недостатков, слабостей, уязвимых мест, и обратно зависит от защищенности (рисунок 1).

Рисунок 1

Компоненты риска: опасность, подверженность и уязвимость



Рассматриваемые климатические риски

Всего было рассмотрено шесть наиболее характерных для России климатических рисков: влияние волн тепла на здоровье городского населения, влияние водного стресса на сельское хозяйство, влияние лесных пожаров на лесное хозяйство и экосистемы, влияние деградации вечной мерзлоты на жилищно-коммунальное хозяйство, влияние экстремальных осадков на население и влияние волн холода на сельское

⁶ Эвристический подход – это практический метод оценки, основанный на применении упрощенных, но логически обоснованных правил и экспертных суждений, позволяющих структурировать сложные явления без использования строго formalизованных моделей. Такой подход обеспечивает баланс между практической применимостью и теоретической обоснованностью в условиях ограниченности данных.

⁷ Crichton D. The risk triangle // Nat. Disaster Management. – 1999. – Vol. 102. – P.102–103.
SREX: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, et al. (eds.)]. – Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2012. – 582 pp.

население. Для всех типов риска, за исключением волн холода, место в верхней части рейтинга обозначает более высокий уровень риска для регионов. Для воздействия волн холода изменение климата, напротив, может играть положительную роль, для многих регионов выступая скорее возможностью, чем риском.

Методология индекса

Для каждого элемента (опасность, подверженность, уязвимость) каждого климатического риска были отобраны наиболее релевантные показатели. Далее были получены значения этих показателей для субъектов Российской Федерации. Поскольку разные показатели представлены в разных системах исчисления, существует риск переоценки некоторых из них, поэтому значения каждого из показателей для разных регионов были нормализованы на единичный интервал, таким образом, что минимальное значение показателя было бы равно 0, а максимальное – 1.

Для каждого элемента климатического риска (опасность, подверженность, уязвимость) было выделено несколько отдельных показателей. В свою очередь, чтобы получить обобщенное значение для каждого из элементов риска, было использовано среднее арифметическое всех показателей, которые к нему относятся. Наконец, итоговое значение уровня климатического риска было определено как среднее геометрическое трех обобщенных показателей: $R = (H \cdot E \cdot V)^{1/3}$ (1)

Использование среднего геометрического обусловлено пониманием уровня риска как произведения вероятности и ущерба от риска, к которому можно привести трехкомпонентную формулировку риска. Дело в том, что, даже если потенциальный ущерб от риска, вероятность реализации которого равна 0, будет значительным, уровень самого риска для того или иного региона также должен быть равен 0. Верно и обратное: если тот или иной риск отличается высокой вероятностью, но достаточно низким ущербом, то уровень риска также должен быть невысоким.

Национальный и региональный рейтинги

Было сформировано **два варианта рейтинга** с использованием показателя подверженности в абсолютных и в относительных единицах. Первый вариант рейтинга представляет **«национальный взгляд»** на проблемы адаптации и выявляет регионы, которым необходимо наибольшее внимание в рамках разработки национальных мер адаптации к изменению климата. Второй вариант представляет **«региональный взгляд»** и выявляет те регионы, где климатические риски являются более актуальными, чем для других территорий, а меры адаптации более неотложны для региональных администраций. В первом варианте рейтинга при прочих равных выше оказываются более крупные регионы, так как они обычно обладают большим количеством активов, подверженных риску. Второй вариант рейтинга дает результаты, очищенные от масштаба.

Описание данных

Для расчета показателей опасности были использованы прогнозные данные о климате для территории Российской Федерации в 2040–2059 гг., полученные на основе результатов расчетов с использованием трех глобальных климатических моделей, участвующих в шестой фазе международного проекта межмодельного сравнения климатических моделей CMIP6 и обладающих разной чувствительностью (реакцией температуры на рост концентрации парниковых газов): модель Института вычислительной математики РАН INM-CM5-0 с разрешением 1.5° (широта) $\times 2^\circ$ (долгота), модель Метеорологического бюро Центра Хэдли HadGEM3-GC31 с разрешением 1.25° (широта) $\times 1.875^\circ$ (долгота), и Метеорологического института им. Макса Планка MPI-ESM1.2-LR с разрешением 1.865° (широта) $\times 1.875^\circ$ (долгота)⁸.

Расчеты проводились для трех основных сценариев глобального развития (Shared Socioeconomic Pathways, SSPs):

- сценарий SSP1-2.6 (сценарий устойчивого развития, предполагающий удержание потепления к концу века в пределах 2°C);
- сценарий SSP2-4.5 (сценарий среднего пути развития, предполагающий потепление к концу века на $2,5\text{--}3^\circ\text{C}$);
- сценарий SSP5-8.5 (сценарий активного использования ископаемого топлива, предполагающий потепление к концу века на $4\text{--}5^\circ\text{C}$).

Чтобы оценить эффекты изменения климата, для каждого сценария рассчитана разница между значениями показателей опасности в 2040–2059 гг. и периодом 1960–1990 гг., принятом в качестве базового⁹.

Значения индикаторов подверженности и уязвимости основаны на данных социально-экономической статистики для современного периода. Для их расчета использовались открытые данные, взятые из разных источников. Например, часть использованных данных была опубликована Федеральной службой государственной статистики (Росстат). В некоторых случаях данные были собраны с сайта Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС) и Фонда развития территорий (ФРТ). Наконец, при расчете показателей подверженности и уязвимости к лесным пожарам также использовались данные спутникового картографирования растительного покрова¹⁰. Более подробное описание всех использованных данных представлено в соответствующих разделах по каждому из рисков.

Все показатели рассчитаны для субъектов РФ. При этом при расчетах средних значений аномалий климатической опасности по регионам использовались пространственные веса, которые отражают расположение соответствующих объектов воздействия. Это позволило провести учет неравномерного размещения объектов воздействия внутри регионов (что особенно актуально для таких крупных регионов, как Якутия или Красноярский край).

⁸ Mauritsen T., Roeckner E. Tuning the MPI-ESM1.2 Global Climate Model to Improve the Match With Instrumental Record Warming by Lowering Its Climate Sensitivity // JAMES. – 2020. – Vol.12. – Is.5. <https://doi.org/10.1029/2019MS002037>.

⁹ Для расчета влияния деградации многолетнемерзлых пород на население и жилищно-коммунальное хозяйство рассчитывается разница в показателях опасности в 2041–60 гг. и в 2000–2014 гг.

¹⁰ Bartalev, S. A., Egorov, V. A., Zharko, V. O., Lupyan, E. A., Plotnikov, D. E., Khvostikov, S. A., and Shabanov, N. V., 2016. Satellite-based mapping of the vegetation cover of Russia. Moscow, Institute of Space Research of RAS, 208 pp.

Ограничения рейтинга

Для корректной интерпретации наших результатов важно учитывать ограничения методики. В частности, принято допущение равного вклада трех составляющих риска (опасности, подверженности и уязвимости) при оценке итогового значения риска. Кроме того, все представленные рейтинги для разных рисков нельзя напрямую сравнивать друг с другом из-за отсутствия единой метрики и учета разных объектов воздействия (население, лесное хозяйство, жилье, сельское хозяйство).

Апробация результатов

Методология представленного в докладе рейтинга прошла научную апробацию и основывается на трех научных публикациях:

- Макаров И. А., Чернокульский А. В. Влияние изменения климата на экономику России: рейтинг регионов по необходимости адаптации // Журнал Новой экономической ассоциации. 2023. № 4(61). С. 145–202;
- Makarov I., Chernokulsky A. Climate risks in Russia: Rating of regions by need for adaptation // Izvestia, Atmospheric and Oceanic Physic. 2024. Vol. 60. No. 3. P. 362–371;
- Chernokulsky A., Makarov I., Aniskina T., Chistikov M., Kraev G., Kurichev N., Sheludkov A., Smolovik E., Vinogradova V., Yudova O. Heuristic relative assessment of climate risks in Russian regions // Science of the Total Environment. 2025. Vol. 987. Article 179721.



1 КЛЮЧЕВЫЕ ВЫВОДЫ

Разные климатические риски присущи разным макрорегионам Российской Федерации.

Воздействие волн тепла на здоровье городского населения наиболее остро проявляется на юге и центре европейской части России, а также в районах Поволжья и на Урале. Это означает, что даже в наиболее умеренном сценарии изменения климата в этих регионах будет расти смертность от аномальной жары, причем наиболее уязвимо пожилое городское население, которое проживает за чертой бедности и страдает хроническими заболеваниями. Это будет существенно усиливать нагрузку на местные системы здравоохранения и потребует срочных адаптационных мер на муниципальном уровне.

Для юга и европейской части России, Урала и черноземных регионов характерны высокие значения риска водного стресса, что влечет потенциальные потери в сельском хозяйстве, сокращение рабочих мест в этой отрасли и угрожает продовольственной безопасности. Наибольший ущерб может быть характерен для фермерских хозяйств и агропредприятий, зависящих от орошения.

С воздействием лесных пожаров на лесное хозяйство и экосистемы в первую очередь столкнутся территории Сибири и Дальнего Востока. Именно эти макрорегионы обладают высокой подверженностью и уязвимостью за счет больших лесных площадей, светлохвойных пород и недостаточно развитой дорожной инфраструктуры. В этих регионах возрастает необходимость развития систем мониторинга и пожаротушения на национальном уровне, а также быстрого реагирования на региональном уровне.

Субъекты, расположенные в Сибири, на Дальнем Востоке и на севере страны, также находятся в зоне риска деградации вечной мерзлоты. В этих регионах таяние вечномерзлых пород подрывает устойчивость зданий, дорожной и промышленной инфраструктуры, провоцируя значимый экологический ущерб для экосистем, а также финансовые потери для предприятий и населения. В этих регионах требуется пересмотр комплекса строительных нормативов, внедрение технологий стабилизации грунтов. Крайне важно привлечение местных властей к разработке подобных нормативов и их учету в территориальном планировании.

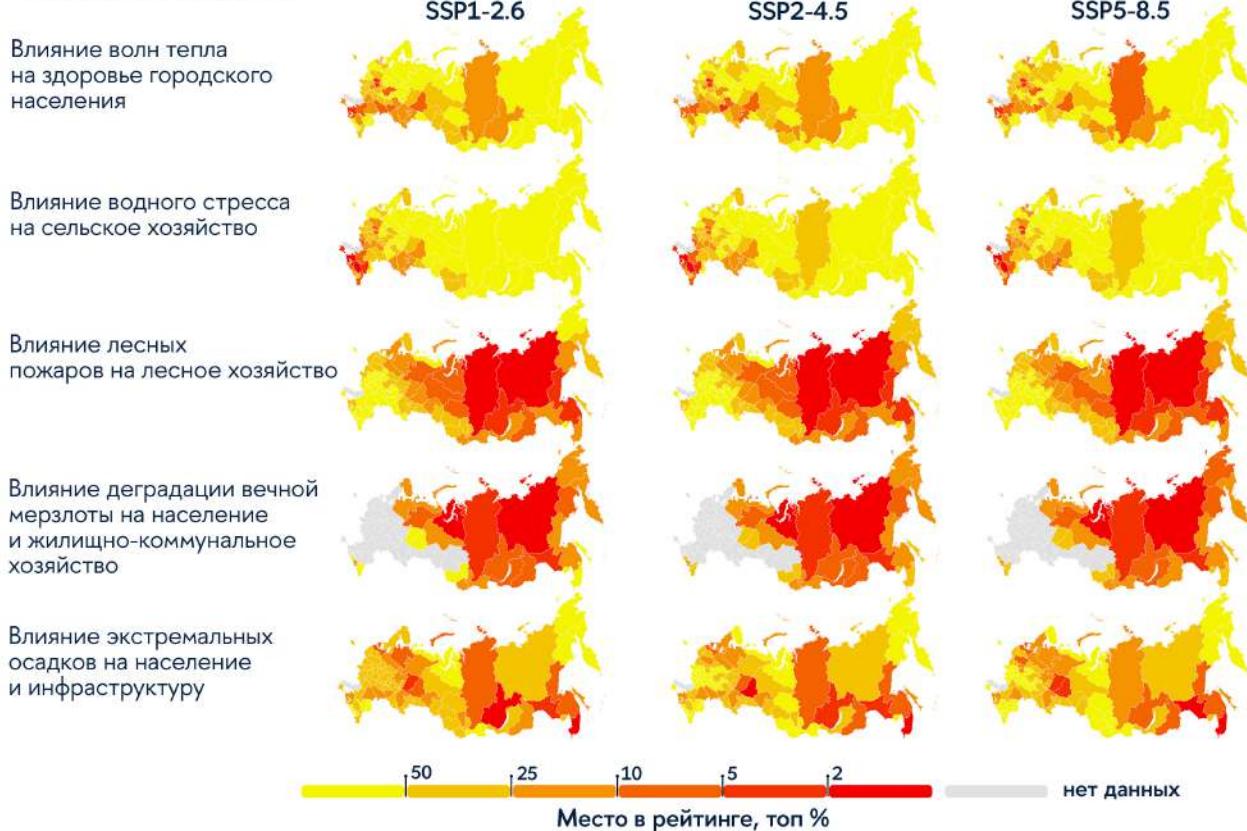
Воздействие экстремальных осадков на население и инфраструктуру в большей степени затронет регионы Дальнего Востока, Сибири, а также центра и севера европейской части России. В этих регионах сочетаются высокая степень износа инфраструктуры, значительная плотность населения (в центральной части страны), а также высокая доля пожилого населения, проживающего на низинных и подверженных затоплениям территориях. В этих регионах необходима модернизация водоотводной и ливневой инфраструктуры, а также разработка программ поддержки уязвимых групп населения в периоды обильных осадков.

Рисунок 2

Матрица регионов России по уровню климатического риска

Рейтинг регионов по уровню климатического риска

Национальный взгляд



Отдельно в докладе проанализирован риск волн холода. Хотя они остаются значимой угрозой для здоровья населения, особенно в арктических и субарктических регионах, их частота и интенсивность сокращается из-за изменения климата. В результате выявлены регионы, где снижение этого риска открывает новые возможности для социально-экономического развития. Это происходит преимущественно в субъектах на юге и центре европейской части России, где проживает значительное сельское население, особенно чувствительное к риску. Соответственно в этих регионах будет сокращаться нагрузка на систему здравоохранения. Северные регионы замыкают рейтинг из-за низкой подверженности (малого сельского населения), но риск остается актуальным на муниципальном уровне и требует локальных адаптационных мер.

На (рисунках 3 и 4) представлены регионы, оказавшиеся в группе риска (топ-25%) в отношении того или иного климатического риска в «национальном» и «региональном» взгляде (кроме волн холода).

Рисунок 3
Карта регионов России с регионами, оказавшимися в группе риска (топ -25 %) по тому или иному риску, «национальный взгляд», сценарий SSP1-2.6

Рейтинг регионов по климатическим рискам: сводная карта

Топ-25 % регионов по пяти климатическим рискам

Сценарий SSP1-2.6, региональный взгляд

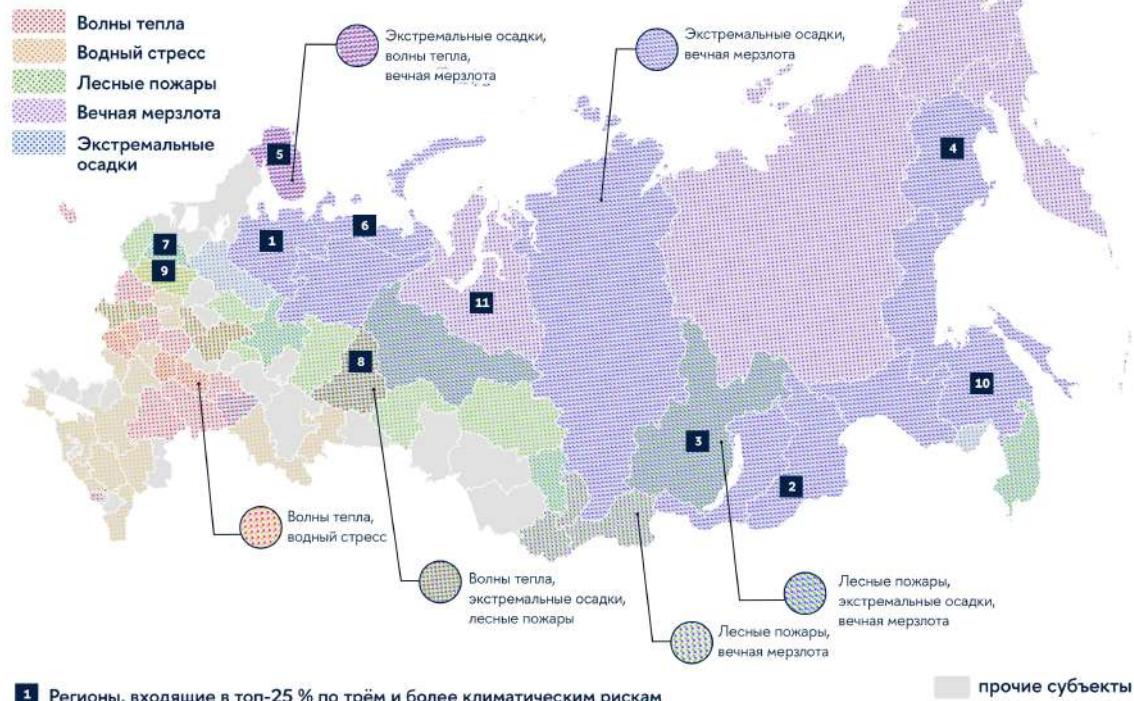


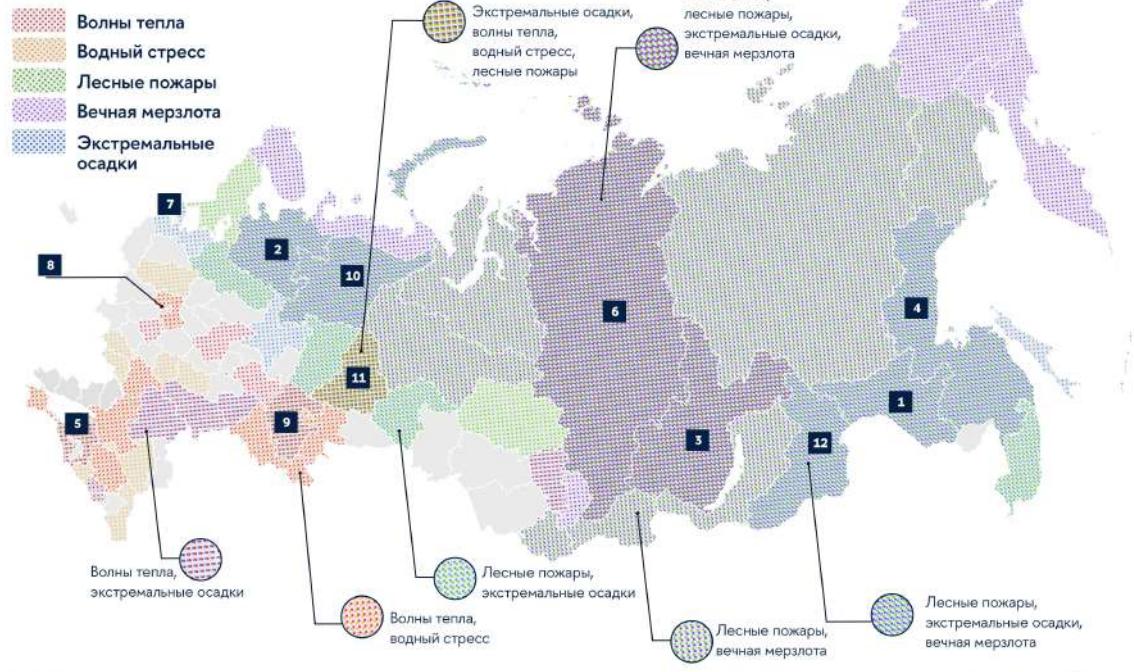
Рисунок 4

Карта регионов России с регионами, оказавшимися в группе риска (топ -25 %) по тому или иному риску, «региональный взгляд», сценарий SSP1-2.6

Рейтинг регионов по климатическим рискам: сводная карта

Топ-25 % регионов по пяти климатическим рискам

Сценарий SSP1-2.6, национальный взгляд



В некоторых регионах отмечаются высокие уровни нескольких климатических рисков. В (таблицах 1 и 2) представлены регионы, входящие в топ -25 % лидеров как минимум по трем из рисков (без учета волн холода), рассматриваемых хотя бы в одном из сценариев SSP.

- Ни в одном регионе не реализуются все пять видов риска (без учета волн холода) одновременно.
- Наложение различных рисков может вызвать множественные каскадные последствия, поэтому именно выделенные регионы могут потерять больше всего от изменения климата и, следовательно, нуждаются в комплексных мерах по адаптации.
- В «национальном взгляде» наибольшую совокупную климатическую нагрузку испытывают регионы Урала, Западной и Восточной Сибири, Дальнего Востока: в двенадцати из них реализуются сразу три вида риска, в трех из них – Красноярском крае, Иркутской и Свердловской областях – четыре риска одновременно. Эти регионы важны с точки зрения федерального планирования адаптационных мер, поскольку в них сосредоточены многочисленные активы, крупная инфраструктура и большое население. Адаптация этих регионов к изменению климата будет обеспечивать экономическое развитие страны в целом.
- В «региональном взгляде» большая часть регионов с высокими значениями трех или четырех видов риска расположена на Северо-Западе России, а также в Сибири и на Дальнем Востоке. Всего таких регионов одиннадцать, два из них – Тверская и Иркутская области – лидируют по четырем рискам, но в разных сценариях. В этих регионах адаптация к изменению климата должна быть в фокусе региональных и муниципальных властей по той причине, что в этих субъектах отсутствуют значимые в национальном масштабе подверженные активы, однако они являются ключевыми для регионального экономического развития.

Таблица 1
Регионы, входящие в топ -25 % по более чем трем видам рисков («национальный взгляд») в трех сценариях

	ВОЛНЫ ТЕПЛА	ВОДНЫЙ СТРЕСС	ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ	ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ОСАДКИ	ТАЯНИЕ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ
SSP1-2.6/SSP2-4.5/SSP5-8.5					
Амурская область	78/79/73	76/75/76	11/11/9	3/3/1	3/3/3
Архангельская область	60/41/43	65/62/63	12/10/11	7/11/11	17/16/15
Забайкальский край	59/69/61	60/59/59	7/8/6	10/9/7	9/9/10
Иркутская область	18/13/17	52/51/54	3/3/3	1/4/6	6/6/6
Краснодарский край	4/5/4	2/2/1	40/40/49	21/10/12	-
Красноярский край	20/14/7	44/42/41	1/1/1	6/7/16	4/4/4
Ленинградская область	31/29/16	22/24/18	31/34/30	9/8/8	-
Московская область	3/3/3	7/7/4	45/46/43	27/25/21	-
Республика Башкортостан	11/15/28	16/16/15	23/24/26	13/15/10	-
Республика Коми	66/58/65	66/64/65	9/7/8	11/22/14	7/7/8
Свердловская область	7/7/8	20/21/20	13/13/13	8/2/3	27/27/27
Хабаровский край	75/73/66	74/77/78	6/6/6	5/6/5	12/12/12

Примечание: Цифры в таблице указывают на место в каждом рейтинге. Прочерк для риска вечной мерзлоты означает, что в регионе нет вечной мерзлоты. Темно-серым отмечены регионы, которые входят в топ-25 % по трем и более рискам хотя бы в одном из сценариев SSP.

Таблица 2
Регионы, входящие в топ -25 % по более чем трем видам рисков («региональный взгляд») в трех сценариях

	ВОЛНЫ ТЕПЛА	ВОДНЫЙ СТРЕСС	ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ	ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ОСАДКИ	ТАЯНИЕ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ
SSP1-2.6/SSP2-4.5/SSP5-8.5					
Архангельская область	62/17/21	71/69/68	42/38/36	5/8/13	20/19/16
Забайкальский край	66/76/65	66/66/60	30/30/8	16/10/11	6/6/6
Иркутская область	37/19/34	61/63/64	7/8/1	4/6/6	4/4/4
Магаданская область	29/7/24	80/80/80	58/58/54	10/12/5	11/11/11
Мурманская область	13/1/2	39/37/37	55/54/51	17/19/19	18/18/20
Ненецкий автономный округ	31/5/20	78/77/77	81/80/77	15/23/21	14/14/14
Новгородская область	24/31/7	52/51/48	15/15/4	21/16/17	-
Свердловская область	21/28/57	32/33/33	4/5/9	20/7/10	25/25/25
Тверская область	33/39/13	15/16/14	13/13/5	35/18/12	-
Хабаровский край	80/79/71	77/78/78	26/27/17	3/4/4	9/8/8
Ханты-Мансийский автономный округ	56/45/42	70/72/72	16/22/25	12/17/18	19/20/19

Примечание: Цифры в таблице указывают на место в каждом рейтинге. Прочерк для риска вечной мерзлоты означает, что в регионе нет вечной мерзлоты. Темно-серым отмечены регионы, которые входят в топ -25 % по трем и более рискам хотя бы в одном из сценариев SSP.



**РЕЗУЛЬТАТЫ
ПО КАЖДОМУ ВИДУ
ОПАСНОСТИ**

ВЛИЯНИЕ ВОЛН ТЕПЛА НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

01



РЕЗУЛЬТАТЫ ПО КАЖДОМУ ВИДУ ОПАСНОСТИ

ВЛИЯНИЕ ВОЛН ТЕПЛА НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИ

- Риск волн тепла наиболее характерен для Южного, Центрального и Поволжского федеральных округов.
- Москва, Санкт-Петербург и Московская область стабильно занимают первые три места по абсолютному риску волн тепла во всех сценариях (SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP5-8.5) благодаря высокой концентрации уязвимых групп в большом городском населении.
- В «региональном взгляде» риск волн тепла наиболее высок в регионах со сравнительно небольшой общей численностью населения, но высокой долей городского населения: Севастополе, Санкт-Петербурге, Самарской, Орловской, Саратовской, Брянской, Тульской, Ульяновской, Рязанской областях.

Рост глобальной температуры сопровождается в том числе ростом интенсивности и повторяемости волн тепла – событий с аномально высокой температурой воздуха¹¹. Так, в российских регионах частота событий с экстремально высокой дневной и ночной температурой выросла с 1960 г. по 2012 г. на 5–10 дней, а интенсивность – на 1–2,5°C¹². Аномальная жара негативно влияет на здоровье населения – во время волн тепла статистически значимо возрастает смертность населения¹³.

В данном рейтинге в качестве характеристики опасности используются прогнозируемое изменение максимума суточной максимальной температуры за летние месяцы (то есть самой высокой температуры за год) и индекса продолжительности теплого периода (таблица 3). Два показателя в совокупности достаточно полно отражают масштаб усиления волн тепла в будущем в трех сценариях изменения климата SSP1-2.6, SSP2-4.5 и SSP5-8.5.

Волны тепла затрагивают в первую очередь городское население, поскольку в городах они усиливаются за счет эффекта городского «острова тепла»¹⁴, поэтому мы сформулировали анализируемый риск именно в привязке к городскому населению. Как следствие, в качестве показателя подверженности данного риска мы рассматриваем городское население российских регионов (таблица 3), выраженное в абсолютных или относительных единицах для национального и регионального взгляда соответственно.

К наиболее уязвимым к волнам тепла группам населения относятся пожилые люди; люди, проживающие за чертой бедности, и те, кто страдает хроническими заболеваниями органов дыхания и системы кровообращения¹⁵. При прочих равных регионах, где эти группы составляют наибольшую долю населения, подвергаются наибольшему риску. В связи с этим в качестве показателей уязвимости мы используем доли этих трех групп населения в общей численности городского населения (таблица 3).

¹¹ Росгидромет. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Под ред. В.М. Катцова. Росгидромет. – Санкт-Петербург: Наукоемкие технологии, 2022.

Правительство Российской Федерации. Распоряжение от 11 марта 2023 г. № 559-р. [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/DzVPGII7JgT7QYRoogphpW69KKQREGTB.pdf> (дата обращения: 10.11.2024).

¹² Wang J., Chen Y., Tett S.F.B. et al. Anthropogenically-driven increases in the risks of summertime compound hot extremes // Nature Communications. – 2020. – Vol.11, 528. DOI: 10.1038/s41467-019-14233-8

¹³ Timonin S., Shartova N. et al. The differential effect of ambient temperature on age-specific and sex-specific mortality in the 300 largest cities of Russia, 2000–19: a first national time-series study // The Lancet Planetary Health. – 2020. – Vol. 9(5). – P. e410-e420 . doi: 10.1016/S2542-5196(20)00084-1

¹⁴ Gao S., Chen Y., Chen D. et al. Urbanization-induced warming amplifies population exposure to compound heatwaves but narrows exposure inequality between global North and South cities // npj Climate and Atmospheric Science volume. – 2024. – Vol.7, 154. <https://doi.org/10.1038/s41612-024-00708-z>

¹⁵ Kovats RS, Hajat S. Heat stress and public health: a critical review // Annual Review of Public Health. – 2008. – Vol.29. – P.41-55. doi: 10.1146/annurev.publhealth.29.020907.090843



Таблица 3

Показатели опасности, подверженности и уязвимости, связанные с воздействием волн тепла на городское население

КАТЕГОРИЯ РИСКА	ИНДИКАТОР	ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ	ПЕРИОД	ИСТОЧНИК ДАННЫХ
Опасность	Максимум суточной максимальной температуры за летние (июнь – август) месяцы	°C	2040–2059 гг. (по сравнению с 1961–1990 гг.)	CMIP6 ¹⁶
	Индекс продолжительности теплого периода: число дней в году, в течение которых по крайней мере 6 дней подряд максимальная дневная температура превышает 90-й процентиль максимальной температуры для 5-дневного скользящего окна в базовом периоде	дни	2040–2059 гг. (по сравнению с 1961–1990 гг.)	CMIP6
Подверженность	Общая численность городского населения / доля городского населения в общей численности населения	чел. / %	2023 г.	Росстат ¹⁷
Уязвимость	Доля постоянного городского населения старше 65 лет в городском населении Доля населения с денежными доходами ниже прожиточного минимума в общей численности населения Уровень общей заболеваемости болезнями органов дыхания, системы кровообращения, крови, кроветворных органов и отдельными нарушениями, вовлекающими иммунный механизм в общей численности населения	% % чел./1000 чел.	2023 г. 2023 г. 2022 г.	Росстат Росстат Росстат

Регионы с наибольшим уровнем риска от волн тепла расположены в центре, на юге европейской части России, а также в Поволжье, на юге Урала, Западной и Восточной Сибири.

Таблица 4
Топ-10 регионов по уровню риска влияния волн тепла на здоровье населения

РЕГИОН	ИТОГОВЫЙ РАНГ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ВЗГЛЯД»			ИТОГОВЫЙ РАНГ «РЕГИОНАЛЬНЫЙ ВЗГЛЯД»		
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5
Москва	1	1	1	Севастополь	1	3
Санкт-Петербург	2	2	2	Самарская область	2	2
Московская область	3	3	3	Орловская область	3	10
Краснодарский край	4	5	4	Санкт-Петербург	4	6
Самарская область	5	4	9	Саратовская область	5	16
Ростовская область	6	6	6	Брянская область	6	20
Свердловская область	7	7	8	Тульская область	7	11
Саратовская область	8	11	11	Ульяновская область	8	9
Нижегородская область	9	10	5	Калужская область	9	12
Челябинская область	10	9	27	Рязанская область	10	22

В сценарии SSP1-2.6 среди регионов, входящих в зону риска при «национальном взгляде» (топ -25 %) (рисунок 6), но не вошедших в топ рейтинга при «региональном взгляде» (рисунок 7) – Московская, Челябинская, Кемеровская, Иркутская, Оренбургская области, Краснодарский, Ставропольский и Красноярский края, Республики Башкортостан, Татарстан и Крым. Это регионы с большим городским населением, но с меньшей его долей по сравнению с другими регионами¹⁸.

¹⁶ CMIP6 – Coupled Model Intercomparison Project Phase 6. [Электронный ресурс]. URL: <https://pcmdi.llnl.gov/CMIP6/> (дата обращения: 10.11.2024).¹⁷ Росстат. Официальная статистика. [Электронный ресурс]. <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/50801> (дата обращения: 10.11.2024).¹⁸ Топ-2 % соответствует 2 регионам с наивысшим уровнем климатического риска, топ-5% – 4 регионам, топ-10 % – 9 регионам, топ-25 % – 21 региону, топ-50 % – 42 регионам.

Рисунок 5

Карта регионов России с наибольшим риском волн тепла для здоровья населения при расчете подверженности в абсолютных величинах, сценарий SSP1-2.6

**Рейтинг регионов по уровню климатического риска
Влияние волн тепла на здоровье городского населения**
Сценарий SSP1-2.6, национальный взгляд

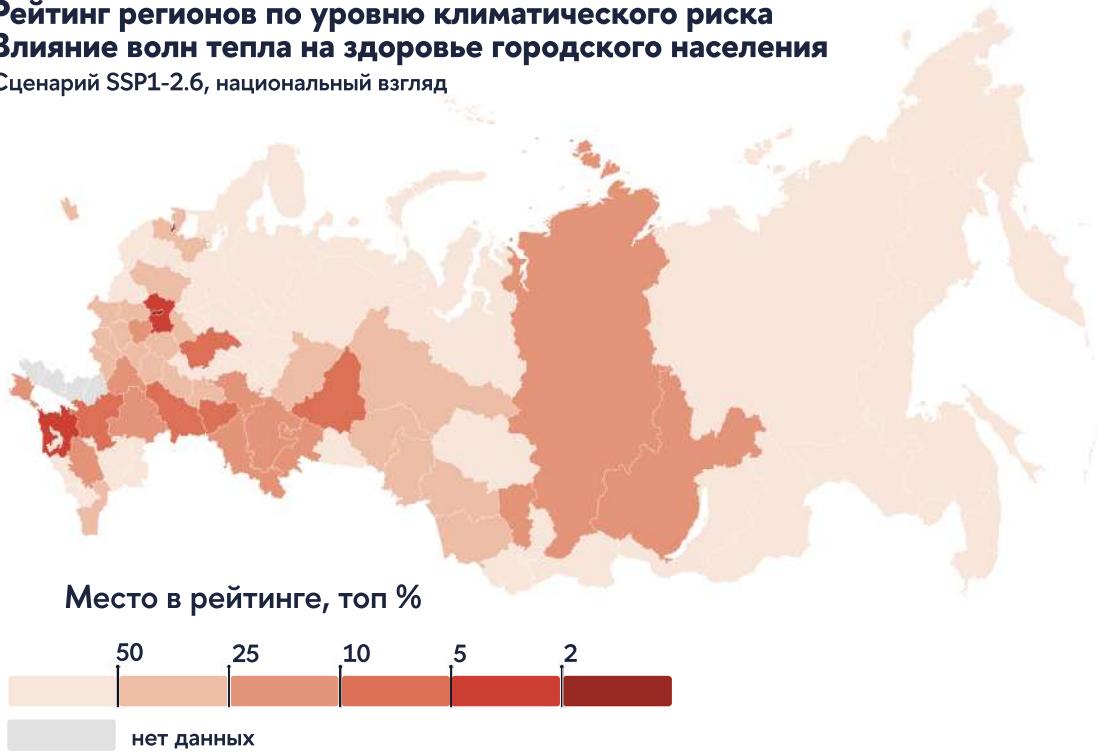
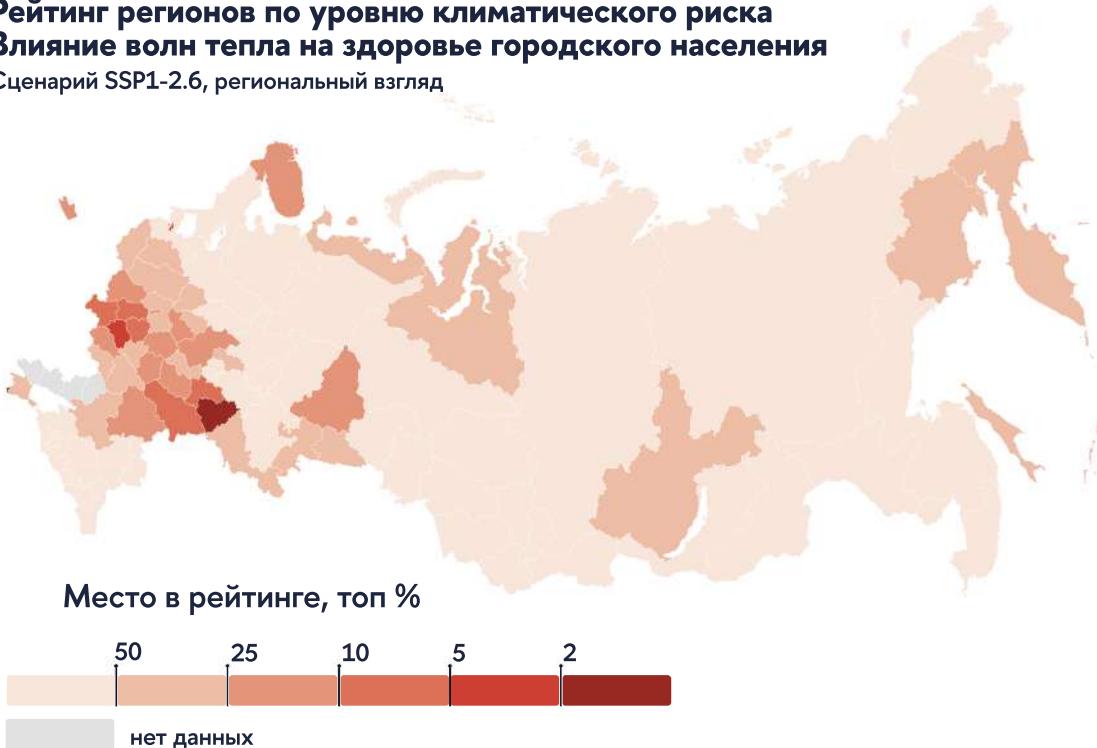


Рисунок 6

Карта регионов России с наибольшим риском волн тепла для здоровья населения при расчете подверженности в относительных величинах, сценарий SSP1-2.6

**Рейтинг регионов по уровню климатического риска
Влияние волн тепла на здоровье городского населения**
Сценарий SSP1-2.6, региональный взгляд



Напротив, среди регионов, не вошедших в топ -25 % при расчете подверженности в абсолютных значениях (рисунок 5), но находящихся высоко при расчете в относительных

величинах (рисунок 6), – г. Севастополь (1-е место), Орловская, Ульяновская, Калужская, Рязанская, Пензенская, Мурманская, Калининградская, Тамбовская и Смоленская области. Это регионы с высокой концентрацией городского населения, подверженного риску волн тепла, однако в абсолютных значениях они уже не входят в топ -25 % ввиду относительно небольшого размера. Отметим также, что в случае с Мурманской областью риск волн тепла связан с увеличением ожидаемых максимальных значений суточной максимальной температуры за июнь–август в 2040–2059 гг. по сравнению с базовым периодом (1960–1990), а не с ростом средней температуры в области до уровня южных регионов.

Регионы, занимающие места в пределах топ -25 % рейтинга, примерно одинаковы во всех рассмотренных сценариях (SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP5-8.5), в сценарии наиболее агрессивного потепления SSP5-8.5 для некоторых регионов характерно падение в рейтинге. Например, при расчете подверженности в абсолютных значениях («национальный взгляд») Оренбургская область смещается с 19-го на 54-е место (рисунок 7). Напротив, существенно возрастает позиция Кемеровской области (перемещается с 21-го на 10-е место) и Красноярского края (перемещается с 20-го на 7-е место). Москва и Санкт-Петербург возглавляют рейтинг во всех сценариях при «национальном взгляде», что объясняется высокой концентрацией населения в городах: даже если опасность здесь меньше, чем в других регионах, однако общий уровень риска будет здесь более высоким, чем в других субъектах, из-за очень высокой подверженности.

При рассмотрении подверженности в относительных значениях в сценарии SSP5-8.5 позиции некоторых регионов также меняются (рисунок 8): например, Ульяновская область входит в топ-10 в сценариях SSP1-2.6 и SSP2-4.5, однако смещается на 39-е место в сценарии SSP5-8.5. Аналогичная тенденция наблюдается в других регионах Поволжья – Волгоградской (с 19-го на 47-е место), Пензенской (с 14-го на 35-е место), Самарской (со 2-го на 38-е место) и Саратовской (с 5-го на 30-е место) областях. Обратная тенденция характерна для регионов Северо-Запада России: так, Псковская и Новгородская области в сценарии SSP5-8.5 оказываются в топ-10 % рейтинга при «региональном взгляде», а Мурман-

Рисунок 7

Карта регионов России с наибольшим риском волн тепла для здоровья населения при расчете подверженности в абсолютных величинах, сценарий SSP5-8.5

**Рейтинг регионов по уровню климатического риска
Влияние волн тепла на здоровье городского населения
Сценарий SSP5-8.5, национальный взгляд**



Рисунок 8

Карта регионов России с наибольшим риском волн тепла для здоровья населения при расчете подверженности в относительных величинах, сценарий SSP5-8.5

**Рейтинг регионов по уровню климатического риска
Влияние волн тепла на здоровье городского населения
Сценарий SSP5-8.5, региональный взгляд**





**РЕЗУЛЬТАТЫ
ПО КАЖДОМУ ВИДУ
ОПАСНОСТИ**

ВЛИЯНИЕ ВОДНОГО СТРЕССА НА СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

02



РЕЗУЛЬТАТЫ ПО КАЖДОМУ ВИДУ ОПАСНОСТИ

ВЛИЯНИЕ ВОДНОГО СТРЕССА НА СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

- Риск водного стресса наиболее характерен для южных сельскохозяйственных регионов России: юга Европейской части Росси, Черноземья, юга Урала, – где дефицит воды уже имеет систематический характер и усиление водного стресса из-за климатических изменений будет приводить к сокращению сельского хозяйства.
- Ставропольский и Краснодарский края стабильно занимают высокие позиции в рейтинге в разных климатических сценариях (1–2 места при «национальном взгляде», топ -10 при «региональном взгляде»), что характеризует высокий риск сокращения сельскохозяйственного производства.

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 сумма осадков в летний период сократилась с 1976 г. по 2022 г. на 25 %¹⁹.

К опасности нехватки воды приводит как снижение общей суммы выпадающих осадков в летний период, так и увеличение продолжительности бездождевых периодов. В частности, такое увеличение может происходить даже на фоне слабого изменения общей суммы осадков вследствие кластеризации дождливых и бездождевых дней²⁰. В связи с этим в данной работе в качестве показателей опасности риска водного стресса принято прогнозируемое процентное изменение летних осадков и изменение максимального числа последовательных сухих дней в году (таблица 5).

Поскольку засухи оказывают влияние на сельскохозяйственный сектор по нескольким направлениям, снижая стоимость сельскохозяйственных земель, доходы занятых в сельском хозяйстве людей и добавленную стоимость, производимую в этой отрасли, нами в качестве ключевых показателей подверженности водному стрессу выбраны, соответственно, площадь сельскохозяйственных земель в регионе, численность сельского населения и добавленная стоимость, производимая в секторах сельского, лесного хозяйства, охоты, рыболовства и рыбоводства (таблица 5). Как и для остальных рисков, используются абсолютные и относительные показатели для составления, соответственно, регионального и национального вариантов рейтинга.

Наибольшая уязвимость к водному стрессу проявляется в регионах, которые уже испытывают систематический дефицит воды. В таких регионах дальнейшее усиление водного стресса приведет к сокращению сельского хозяйства, утрате добавленной стоимости и рабочих мест в этой сфере. В связи с этим текущий уровень обеспеченности водными ресурсами принят как показатель уязвимости.

¹⁹ Росгидромет. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Под ред. В.М. Катцова. Росгидромет. – Санкт-Петербург: Наукомкие технологии, 2022.

²⁰ Zolman, O., C. Simmer, K. Belyaev, S. K. Gulev, and P. Koltermann, 2013: Changes in the Duration of European Wet and Dry Spells during the Last 60 Years //Journal of Climate. – 2013. – Vol.26. – P.2022– 2047. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00498.1>.

Таблица 5

Показатели опасности, подверженности и уязвимости, связанные с риском влияния водного стресса на сельское хозяйство

КАТЕГОРИЯ РИСКА	ИНДИКАТОР	ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ	ПЕРИОД	ИСТОЧНИК ДАННЫХ
Опасность	Аномалии осадков в летние (июнь – август) месяцы	мм	2040–2059 гг. (по сравнению с 1961–1990 гг.)	СМИР6
	Максимальное количество дней подряд с осадками менее 1 мм в течение года	дни	2040–2059 гг. (по сравнению с 1961–1990 гг.)	СМИР6
Подверженность	Общая площадь земель сельскохозяйственного назначения / доля земель сельскохозяйственного назначения в общей площасти	га / %	2023 г.	Росстат
	Общая численность сельского населения / доля сельского населения в общей численности населения	чел. / %	2023 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	руб. / %	2022 г.	Росстат
Уязвимость	Отношение водозабора к среднему объему возобновляемых водных ресурсов (в порядке убывания)	%	2022 г.	Министерство природы ²¹

Наиболее подверженные водному стрессу регионы расположены в южной части страны: на юге европейской части России, в Черноземье, на юге Урала. Именно эти регионы, с одной стороны, специализируются на сельском хозяйстве, а с другой стороны, уже сталкиваются с нехваткой воды. Усугубление водного стресса, вызванное климатическими изменениями, только усилит наблюдаемые тенденции.

Таблица 6
Top-10 регионов по уровню риска влияния водного стресса на сельское хозяйство

РЕГИОН	ИТОГОВЫЙ РАНГ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ВЗГЛЯД»			ИТОГОВЫЙ РАНГ «РЕГИОНАЛЬНЫЙ ВЗГЛЯД»		
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5
Ставропольский край	1	1	2	Республика Калмыкия	1	1
Краснодарский край	2	2	1	Ставропольский край	2	2
Республика Крым	3	3	3	Карачаево-Черкесская Республика	3	3
Республика Калмыкия	4	4	5	Республика Крым	4	4
Ростовская область	5	5	6	Краснодарский край	5	5
Республика Дагестан	6	6	7	Республика Дагестан	6	6
Московская область	7	7	4	Республика Северная Осетия – Алания	7	7
Белгородская область	8	9	8	Ростовская область	8	8
Челябинская область	10	10	9	Белгородская область	9	9
Карачаево-Черкесская Республика	9	8	10	Республика Ингушетия	10	10
						11

²¹ Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году // Министерство природных ресурсов и экологии, 2023. [Электронный ресурс]. URL: <https://2022.ecology-gosdoklad.ru/pokazateli/sostoyanie-i-ohrana-okrughayuschey-sredy-v-subektah-rossiyskoy-federacii/zabor-presnyh-vod/centralnyy-federalnyy-okrug> (дата обращения: 10.11.2024).

Среди регионов, которые в сценарии SSP1-2.6 входят в топ -25 % при расчете подверженности в абсолютных значениях («национальный взгляд») (рисунок 9), но отсутствуют при расчете подверженности в относительных («региональный взгляд») (рисунок 10), следует отметить Свердловскую область и Республику Башкортостан. Эти регионы не отличаются большой долей сельскохозяйственных земель, но испытывают проблемы с имеющимся объемом возобновляемых водных ресурсов. Что касается тех регионов, которые находятся в группе высокого риска при «региональном взгляде», но отсутствуют при «национальном» – это Орловская область и Липецкая область. Эти регионы одновременно и сталкиваются с опасностью водного стресса в результате климатических изменений, и располагают относительно большой долей сельскохозяйственных земель. Тем не менее, из-за своего незначительного размера они не вошли в группу высокого риска при «национальном взгляде».

Рисунок 9

Карта регионов России с наибольшим риском водного стресса для сельского хозяйства при расчете подверженности в абсолютных величинах, сценарий SSP1-2.6

Рейтинг регионов по уровню климатического риска Влияние водного стресса на сельское хозяйство

Сценарий SSP1-2.6, национальный взгляд

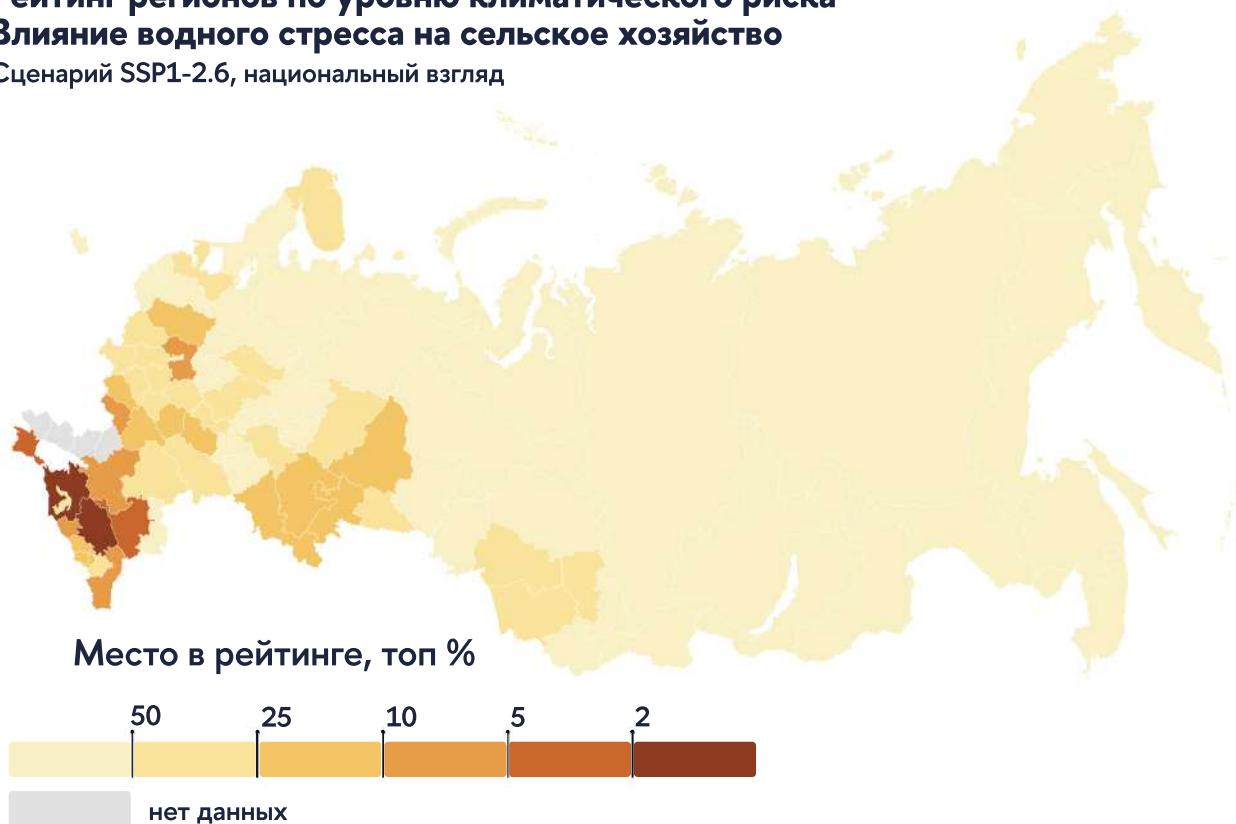


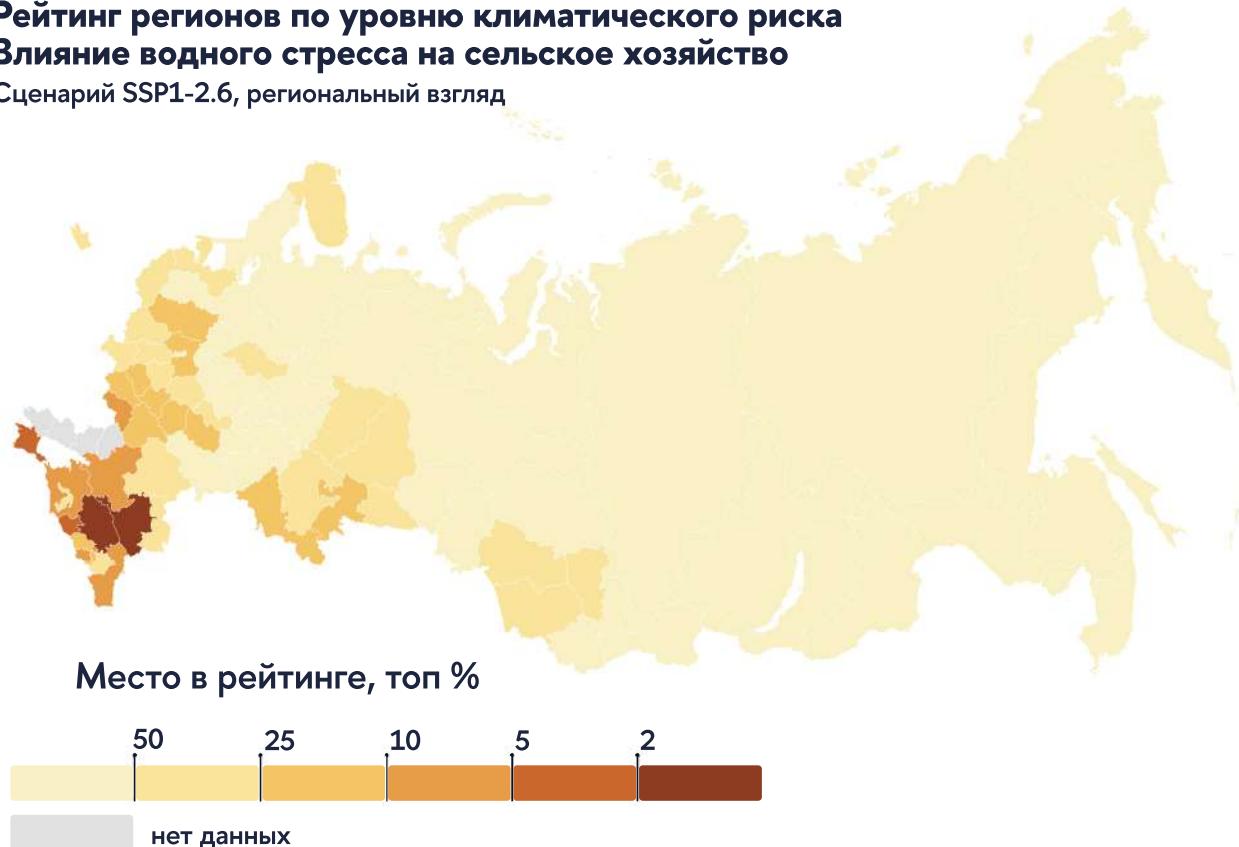
Рисунок 10

Карта регионов России с наибольшим риском водного стресса для сельского хозяйства при расчете подверженности в относительных величинах, сценарий SSP1-2.6

Рейтинг регионов по уровню климатического риска

Влияние водного стресса на сельское хозяйство

Сценарий SSP1-2.6, региональный взгляд



В целом, регионы сохраняют свое положение в рейтинге вне зависимости от сценария (SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP5-8.5). Тем не менее, можно отметить и ряд расхождений. В частности, при «национальном взгляде» в сценарии SSP5-8.5 (рисунок 11) из топ-25 % выпадают Кабардино-Балкарская Республика и Республика Ингушетия, однако туда входят Ленинградская область и Липецкая область. Помимо этого, если лидером рейтинга в сценариях SSP1-2.6 и SSP2-4.5 является Ставропольский край, то в рамках сценария SSP5-8.5 он уступает свое место Краснодарскому краю. Впрочем, эти регионы расположены рядом друг с другом, отличаются схожими географическими особенностями и сельскохозяйственной специализацией. Что касается «регионального взгляда», то в сценарии SSP2-4.5 Чеченская Республика и Орловская область меняются местами – первая оказывается в группе высокого риска, а вторая из нее выходит. В случае со сценарием SSP5-8.5 (рисунок 12) серьезных отличий в составе топ-25 % от сценария SSP1-2.6 нет.

Рисунок 11

Карта регионов России с наибольшим риском водного стресса для сельского хозяйства при расчете подверженности в абсолютных величинах, сценарий SSP5-8.5

Рейтинг регионов по уровню климатического риска Влияние водного стресса на сельское хозяйство

Сценарий SSP5-8.5, национальный взгляд



Рисунок 12

Карта регионов России с наибольшим риском водного стресса для сельского хозяйства при расчете подверженности в относительных величинах, сценарий SSP5-8.5

Рейтинг регионов по уровню климатического риска Влияние водного стресса на сельское хозяйство

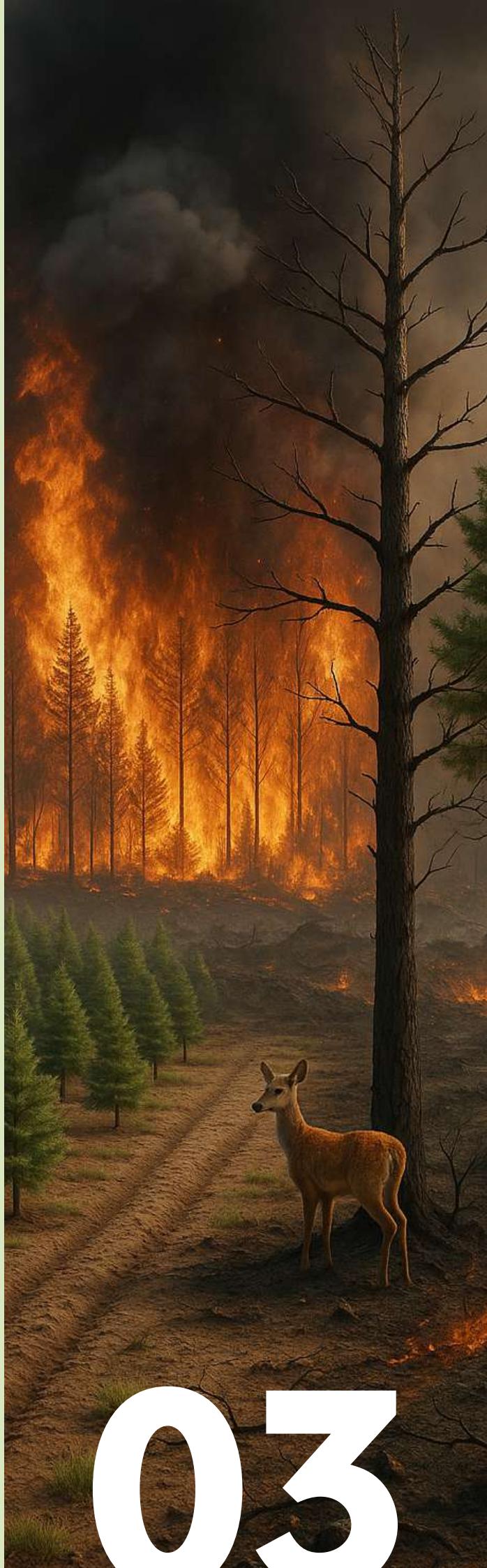
Сценарий SSP5-8.5, региональный взгляд





**РЕЗУЛЬТАТЫ
ПО КАЖДОМУ ВИДУ
ОПАСНОСТИ**

ВЛИЯНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО И НАЗЕМНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ



03

РЕЗУЛЬТАТЫ ПО КАЖДОМУ ВИДУ ОПАСНОСТИ

ВЛИЯНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО И НАЗЕМНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

- Риск лесных пожаров наиболее силен в регионах Сибири и Дальнего Востока. Красноярский край, Республика Саха (Якутия), Хабаровский край, Ханты-Мансийский автономный округ входят в группу риска в «национальном взгляде», поскольку обладают огромной территорией, отличаются обширной площадью лесов, но из-за частичного расположения в тундровой и арктической природно-климатических зонах обладают недостаточно высокой долей лесов в общей площади региона.
- Республики Алтай, Хакасия, Тыва, Приморский край, Свердловская, Тюменская, Кемеровская и Костромская области, несмотря на их сравнительно небольшую площадь, сталкиваются с высоким риском лесных пожаров, поскольку большая часть их территории покрыта лесами. В Томской и Иркутской областях риск лесных пожаров высокий в обоих вариантах рейтинга.

В России наблюдается интенсификация лесных пожаров²², которая происходит вследствие трех природных факторов, связанных с изменением климата:

- а) фертилизационным эффектом повышенного содержания в атмосфере CO₂, приводящим к увеличению биомассы вследствие роста поглощения углерода,
- б) изменением режима осадков (удлинением бездождевого периода),
- в) ростом молниевой активности.

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 пожаров²³. Лесные пожары являются одним из наиболее частых экстремальных природных явлений, затрагивающих большие территории. Например, в Сибири в 1999–2019 гг. более 325 тысяч пожаров привели к выгоранию более 200 млн га природных территорий²⁴. Пожары не только приводят к потере лесов, но также влияют на задымление городов, приводя к избыточной смертности населения²⁵. Они также провоцируют рост выбросов CO₂ в атмосферу, формируя положительную обратную связь с изменением климата: так, летом 2021 г. мощные лесные пожары в boreальных лесах Евразии привели к выбросам в атмосферу около 700 млн т CO₂²⁶.

Высокая опасность появления и распространения лесных пожаров наблюдается в жаркие и сухие дни, в связи с чем в качестве показателей опасности были выбраны число жарких дней ($T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$) и максимальное число последовательных сухих дней (таблица 7). Рассматриваемые в совокупности, данные показатели позволяют достаточно полно оценить уровень опасности, связанной с лесными пожарами, обусловленный изменением климата.

22 Елисеев А.В., Васильева А.В. Природные пожары: данные наблюдений и моделирование // Фундаментальная и прикладная климатология. – 2020. – Т. 3. – С. 73–119.

23 Leskinen P., Lindner M., Verkerk P., Nabuurs G.-J., Brusselen J., Kulikova E., Hassegawa M., Lerink B. Russian forests and climate change. What science can tell us 11 // European Forest Institute. – 2020. DOI: 10.36353/wscfu11.

24 Kharuk V.I., Ponomarev E.I., Ivanova G.A. et al. Wildfires in the Siberian taiga // Ambio. – 2021. – Vol.50. DOI: 10.1007/s13280-020-01490-x.

25 Ревич Б.А., Малеев В.В., Смирнова М.Д. Изменение климата и здоровье: оценки, индикаторы, прогнозы. – М.: ИНП РАН, 2019. – 196 с.

26 Zheng B., Ciais, P., Chevalier F., Yang H., Canadell J. G. et al. Record-high CO₂ emissions from boreal fires in 2021 // Science. – 2023. – Vol.379. – P. 912–917. DOI: 10.1126/science.adc0805.

Для оценки подверженности в работе используется площадь лесов – как в абсолютном выражении («национальный взгляд»), так и в относительном («региональный взгляд») – как доля от площади всего региона. В качестве показателя уязвимости региона к риску лесных пожаров в работе рассматривается доля светлохвойных пород в общей площади лесов региона, а также плотность железных и автомобильных дорог. Первый показатель отражает уязвимость, так как светлохвойные деревья являются более горими породами по сравнению с другими. Второй показатель также играет важную роль: хорошо развитая дорожная сеть обеспечивает более оперативный доступ пожарных служб, позволяя быстрее развертывать пожарные машины и экипажи²⁷. Кроме того, дороги могут служить естественными барьерами, препятствующими распространению огня по территории.

Таблица 7
Показатели опасности, подверженности и уязвимости, связанные
с риском пожаров на лесную отрасль и наземные экосистемы

КАТЕГОРИЯ РИСКА	ИНДИКАТОР	ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ	ПЕРИОД	ИСТОЧНИК ДАННЫХ
Опасность	Число жарких дней ($T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$) в марте – ноябре	дни	2040–2059 гг. (по сравнению с 1961–1990 гг.)	СМИР6
	Максимальное количество дней подряд с осадками менее 1 мм в течение года	дни	2040–2059 гг. (по сравнению с 1961–1990 гг.)	СМИР6
Подверженность	Общая площадь лесов / доля площади лесов в общей площади	га / %	2023 г.	Спутниковые данные ²⁸
Уязвимость	Плотность ж/д и автомобильных дорог	км дорог / 1000 кв. км территории	2020 г. (ж/д дороги), 2023 г. (автомобильные дороги)	Росстат
	Доля уязвимых лесов в зависимости от породового состава (светлохвойные вечнозеленые, хвойные листвопадные (лиственничные) леса, редины хвойные листвопадные (лиственничные)) в общей площади лесов	%	2023 гг.	Спутниковые данные ²⁹

Регионы с наибольшим физическим риском лесных пожаров в основном расположены в Сибири и на Дальнем Востоке Российской Федерации. Это регионы, которые располагают большими запасами лесного фонда преимущественно хвойных пород.

Общий набор регионов, которые в рамках сценария SSP1-2.6 входят в топ-25 % при «национальном взгляде» и в топ-25 % при «региональном взгляде», в основном совпадает, хотя конкретные места существенно различаются. Так, в группу риска при расчете подверженности в абсолютных значениях («национальный взгляд») (рисунок 13) входят Республика Саха (Якутия), республика Коми, Бурятия, Карелия, Магаданская, Архангельская, Амурская, Вологодская области, Красноярский, Хабаровский, Забайкальский края, Ямало-Ненецкий автономный округ, тогда как в группе высокого риска при расчете подверженности в относительных значениях («региональный взгляд») эти регионы отсутствуют (рисунок 14). Указанные регионы, обладающие огромной территорией, отличаются обширной площадью лесов, но, поскольку частично расположены в тундровой и арктической природно-климатических зонах, отличают-

²⁷ Chernokulsky A.V., Makarov I.A., Aniskina T.A., Chistikov M.N., Kraev G.N., Kurichev N.K., Sheludkov A.V., Smolovik E.V., Vinogradova V.V., Yudova O.A. Heuristic relative assessment of climate risks in Russian regions // Science of the Total Environment. 2025. Vol. 987. Article 179721.

²⁸ Барталев С.А., Егоров В.А., Жарко В.О., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Хвостиков С.А., Шабанов Н.В. Спутниковое картографирование растительного покрова России // М.: ИКИ РАН, 2016. 208 с.

²⁹ Барталев С.А., Егоров В.А., Жарко В.О., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Хвостиков С.А., Шабанов Н.В. Спутниковое картографирование растительного покрова России // М.: ИКИ РАН, 2016. 208 с.

ся недостаточно высокой долей лесов в общей площади региона. С другой стороны, Кемеровская, Тверская, Нижегородская, Костромская, Новгородская, Псковская, Брянская, Владимирская, Калужская области, республики Хакасия и Марий Эл входят в группу риска в рамках «регионального взгляда», но отсутствуют среди топ-25 % «национального взгляда».

Таблица 8
Топ-10 регионов по уровню риска влияния лесных пожаров на лесную отрасль и наземные экосистемы

РЕГИОН	ИТОГОВЫЙ РАНГ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ВЗГЛЯД»)			ИТОГОВЫЙ РАНГ «РЕГИОНАЛЬНЫЙ ВЗГЛЯД»)		
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5
Красноярский край	1	1	1	Республика Алтай	1	1
Республика Саха (Якутия)	2	2	2	Томская область	2	7
Иркутская область	3	3	3	Республика Хакасия	3	3
Хабаровский край	4	4	4	Свердловская область	4	5
Ханты-Мансийский автономный округ	5	5	5	Республика Тыва	5	4
Томская область	6	6	7	Приморский край	6	2
Забайкальский край	7	8	6	Иркутская область	7	8
Ямало-Ненецкий автономный округ	8	9	10	Тюменская область	8	18
Республика Коми	9	7	8	Кемеровская область	9	12
Республика Бурятия	10	12	12	Костромская область	10	6

Рисунок 13
Карта регионов России с наибольшим риском лесных пожаров для лесного хозяйства при расчете подверженности в абсолютных величинах, сценарий SSP1-2.6

Рейтинг регионов по уровню климатического риска Влияние лесных пожаров на лесное хозяйство

Сценарий SSP1-2.6, национальный взгляд

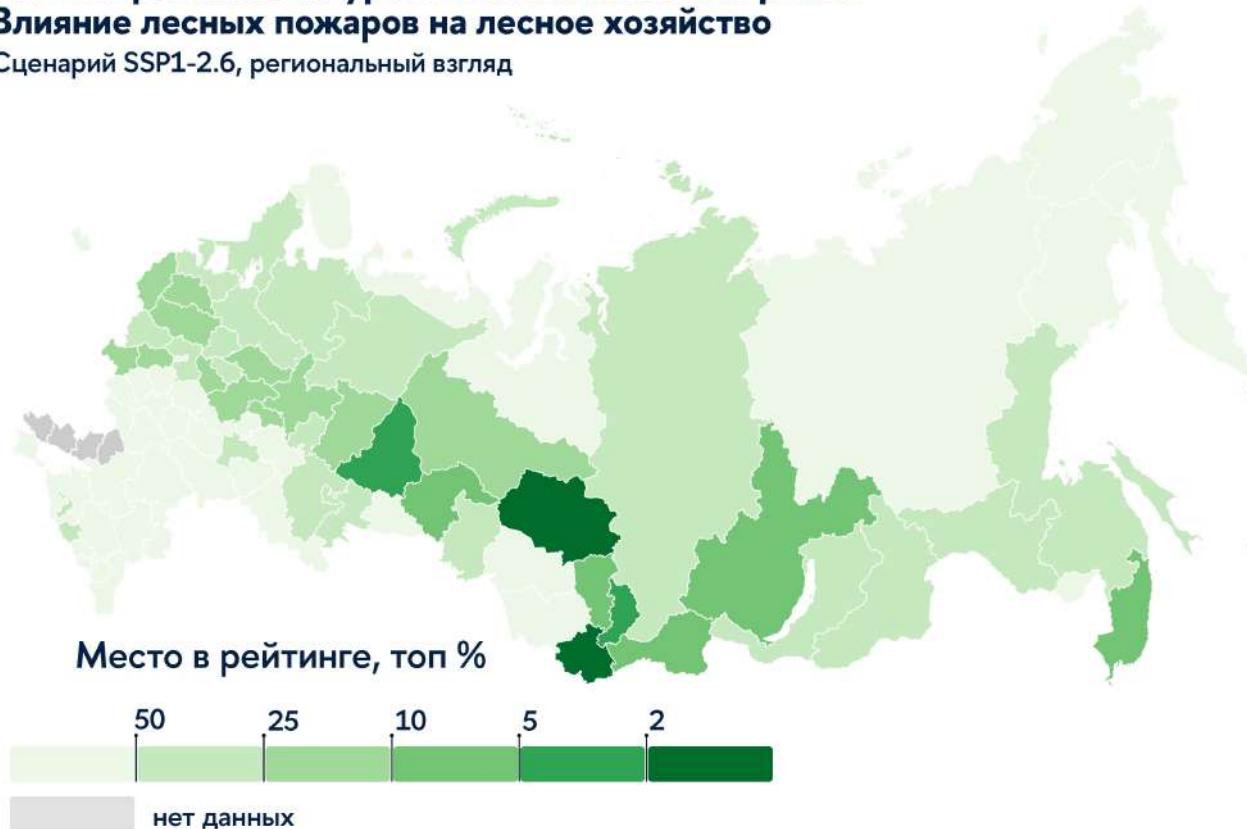


Рисунок 14

Карта регионов России с наибольшим риском лесных пожаров для лесного хозяйства при расчете подверженности в относительных величинах, сценарий SSP1-2.6

Рейтинг регионов по уровню климатического риска Влияние лесных пожаров на лесное хозяйство

Сценарий SSP1-2.6, региональный взгляд



При расчете подверженности как в относительных, так и в абсолютных значениях позиции регионов в зависимости от сценария (SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP5-8.5) сохраняются примерно одинаковыми. Исключение составляет сценарий SSP5-8.5 при «региональном взгляде» (рисунок 15), в рамках которого Забайкальский край с 30-го места в сценарии SSP1-2.6 перемещается на 8-е, а Ханты-Мансийский автономный округ с 16-го места опускается на 25-е. Что касается «национального взгляда» (рисунок 16), то существенных изменений в составе группы риска в сценарии SSP5-8.5 по сравнению со сценарием SSP1-2.6 нет. При этом во всех сценариях наиболее подверженным регионом в «национальном взгляде» является Красноярский край, при «региональном взгляде» – Республика Алтай в SSP1-2.6 и SSP2-4.5 и Иркутская область в SSP5-8.5.

Рисунок 15

Карта регионов России с наибольшим риском лесных пожаров для лесного хозяйства при расчете подверженности в относительных величинах, сценарий SSP5-8.5

Рейтинг регионов по уровню климатического риска

Влияние лесных пожаров на лесное хозяйство

Сценарий SSP5-8.5, региональный взгляд



Рисунок 16

Карта регионов России с наибольшим риском лесных пожаров для лесного хозяйства при расчете подверженности в абсолютных величинах, сценарий SSP5-8.5

Рейтинг регионов по уровню климатического риска

Влияние лесных пожаров на лесное хозяйство

Сценарий SSP5-8.5, национальный взгляд





**РЕЗУЛЬТАТЫ
ПО КАЖДОМУ ВИДУ
ОПАСНОСТИ**

**ВЛИЯНИЕ
ДЕГРАДАЦИИ
МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ
ПОРОД
НА НАСЕЛЕНИЕ
И ЖИЛИЩНО-
КОММУНАЛЬНОЕ
ХОЗЯЙСТВО**



04

РЕЗУЛЬТАТЫ ПО КАЖДОМУ ВИДУ ОПАСНОСТИ

ВЛИЯНИЕ ДЕГРАДАЦИИ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД НА НАСЕЛЕНИЕ И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- Вечная мерзлота расположена на территории 32 субъектов Российской Федерации, однако лишь в девяти из них она покрывает значительную часть экономически используемой территории.
- Северо-восток России – макрорегион с наибольшим риском деградации вечной мерзлоты. С наиболее высоким риском деградации вечной мерзлоты с точки зрения его влияния на население и жилищно-коммунальное хозяйство во всех сценариях и вариантах рейтинга сталкиваются – Республика Саха (Якутия), Ямало-Ненецкий автономный округ, Амурская область, Красноярский край, Республика Бурятия, Иркутская область, Республика Коми, Магаданская область, Забайкальский край, Хабаровский край, Чукотский автономный округ.

Повышение температуры в приполярных широтах вызывает изменения в криосфере, в частности приводит к таянию вечной мерзлоты³⁰. Это явление может представлять собой системный макроэкономический риск для значительной части российской экономики, поскольку вечная мерзлота занимает 65 % территории страны, где проживает около 2,5 млн человек (1,7 % от общего населения). В этих зонах находятся важнейшие объекты инфраструктуры, промышленные объекты и трубопроводы. Вероятное снижение несущей способности мерзлых грунтов представляет угрозу для жилых, промышленных и инфраструктурных объектов, построенных на таких территориях.

Опасность деградации мерзлоты для субъектов РФ оценена для стандартных социально-экономических сценариев по разности площадей, занятых многолетней мерзлотой в регионе в 2041–2060 гг. и в 2000–2014 гг. согласно комплексной модели температуры горных пород³¹ (таблица 9).

Показателем подверженности выступает площадь домов в регионе, полностью или частично находящихся в криолитозоне («национальный взгляд») либо доля этой площади в суммарной площади жилого фонда региона. Показатели уязвимости учитывают степень износа основных фондов и долю аварийного жилья на территории субъекта.

Вечная мерзлота расположена на территории 32 субъектов Российской Федерации, однако лишь в девяти из них она покрывает значительную часть экономически используемой территории³². Только эти 32 региона и рассматриваются в данном рейтинге применительно к данному виду опасности.

Очевидно, что лидерами рейтинга по данному типу опасности являются регионы, расположенные на северо-востоке страны. Наиболее высоким риском деградации вечной мерзлоты с точки зрения его влияния на население и жилищно-коммунальное хозяй-

³⁰ Anisimov O., Zimov S. Thawing permafrost and methane emission in Siberia: Synthesis of observations, reanalysis, and predictive modeling // Ambio. – 2020. DOI 10.1007/s13280-020-01392-y.

³¹ Karjalainen, O., Aalto, J., Luoto, M. et al. Circumpolar permafrost maps and geohazard indices for near-future infrastructure risk assessments // Scientific Data – 2019. – Vol. 6. 190037 https://doi.org/10.1038/sdata.2019.37.

³² Росстат. Официальная статистика. [Электронный ресурс]. <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/50801> (дата обращения: 10.11.2024).

ство при «национальном взгляде» в сценарии SSP1-2.6 характеризуются Республика Саха (Якутия), Ямало-Ненецкий автономный округ, Амурская область (топ-3), Красноярский край, Республика Бурятия, Иркутская область, Республика Коми, Магаданская область, Забайкальский край (рисунок 17). В сценариях SSP2-4.5 и SSP5-8.5 риск повышается для Чукотского автономного округа, при этом в остальных регионах значимых изменений не происходит (рисунок 18).

Таблица 9
Показатели опасности, подверженности и уязвимости, связанные с риском влияния деградации вечной мерзлоты на население и жилищно-коммунальное хозяйство

КАТЕГОРИЯ РИСКА	ИНДИКАТОР	ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ	ПЕРИОД	ИСТОЧНИК ДАННЫХ
Опасность	Изменение доли площади субъекта РФ, находящейся в криолитозоне (по положению изотермы 0°C на глубине 15 м в массиве горных пород)	%	2041–2060 гг. (по сравнению 2000–2014 гг.)	Карты опасности таяния мерзлоты ³³
Подверженность	Общая площадь домов в административных районах субъектов РФ, полностью или частично находящихся в криолитозоне / доля от общей площади домов в субъекте РФ в муниципальных образованиях, полностью или частично находящихся в криолитозоне	кв. м / %	2023 г.	ФРТ ³⁴
Уязвимость	Доля домов, признанных аварийными в субъекте РФ	%	2023 г.	ФРТ ³⁵
	Степень износа основных фондов	%	2023 г.	Ростат

Таблица 10
Топ-10 регионов по уровню риска влияния деградации вечной мерзлоты на население и жилищно-коммунальное хозяйство

РЕГИОН	ИТОГОВЫЙ РАНГ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ВЗГЛЯД»			ИТОГОВЫЙ РАНГ «РЕГИОНАЛЬНЫЙ ВЗГЛЯД»		
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5
Республика Саха (Якутия)	1	1	1	Республика Саха (Якутия)	1	1
Ямало-Ненецкий автономный округ	2	2	2	Ямало-Ненецкий автономный округ	2	2
Амурская область	3	3	3	Амурская область	3	3
Красноярский край	4	4	4	Иркутская область	4	4
Республика Бурятия	5	5	5	Республика Бурятия	5	5
Иркутская область	6	6	6	Забайкальский край	6	6
Республика Коми	7	7	8	Красноярский край	7	7
Магаданская область	8	8	7	Республика Коми	8	9
Забайкальский край	9	9	10	Хабаровский край	9	8
Камчатский край	10	11	11	Камчатский край	10	10

³³ Ibid.³⁴ Фонд развития территорий. Переселение из аварийного жилья. [Электронный ресурс]. URL: <https://frt.ru/napravleniya/pereselenie/> (дата обращения: 10.11.2024).³⁵ Там же.

Рисунок 17

Карта регионов России с наибольшим риском деградации вечной мерзлоты для населения и жилищно-коммунального хозяйства при расчете подверженности в абсолютных величинах, сценарий SSP1-2.6

Рейтинг регионов по уровню климатического риска Влияние деградации вечной мерзлоты на население и жилищно-коммунальное хозяйство

Сценарий SSP1-2.6, национальный взгляд

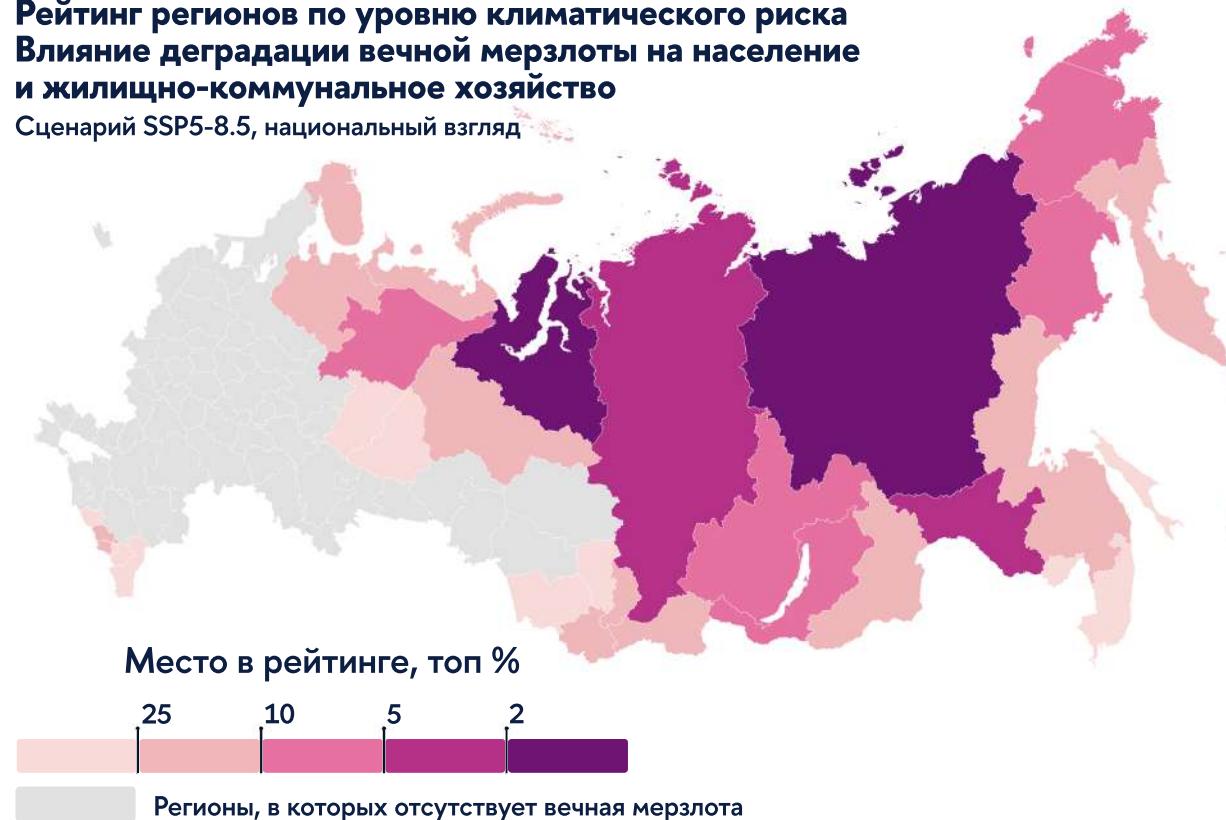


Рисунок 18

Карта регионов России с наибольшим риском деградации вечной мерзлоты для населения и жилищно-коммунального хозяйства при расчете подверженности в абсолютных величинах, сценарий SSP5-8.5

Рейтинг регионов по уровню климатического риска Влияние деградации вечной мерзлоты на население и жилищно-коммунальное хозяйство

Сценарий SSP5-8.5, национальный взгляд



При «региональном взгляде» топ-3 наиболее подверженных риску таяния вечной мерзлоты регионов сохраняется во всех сценариях – это Республика Саха (Якутия), Ямало-Ненецкий автономный округ, Амурская область (рисунок 19). При этом возрастает позиция Иркутской области (4-е место во всех сценариях), Забайкальского края (6-е место во всех сценариях) и Хабаровской области (9-е место в SSP1-2.6, 8-е место в SSP2-4.5 и SSP5-8.5). Это связано с тем, что в этих субъектах относительно большая доля зданий расположена в зоне вечной мерзлоты, в то время как в Магаданской области плотность застройки в зоне вечной мерзлоты ниже, поэтому в рейтинге, основанном на относительном значении подверженности, она занимает 11-е место во всех сценариях (при 7–8-м местах в рейтинге с «абсолютной» подверженностью). В положении остальных регионов существенных изменений в сценариях SSP2-4.5 и SSP5-8.5 не наблюдается (рисунок 20).

Рисунок 19

Карта регионов России с наибольшим риском деградации вечной мерзлоты для населения и жилищно-коммунального хозяйства при расчете подверженности в относительных величинах, сценарий SSP1-2.6

Рейтинг регионов по уровню климатического риска Влияние деградации вечной мерзлоты на население и жилищно-коммунальное хозяйство Сценарий SSP1-2.6, региональный взгляд



Рисунок 20

Карта регионов России с наибольшим риском деградации вечной мерзлоты для населения и жилищно-коммунального хозяйства при расчете подверженности в относительных величинах, сценарий SSP5-8.5

Рейтинг регионов по уровню климатического риска Влияние деградации вечной мерзлоты на население и жилищно-коммунальное хозяйство

Сценарий SSP5-8.5, региональный взгляд





**РЕЗУЛЬТАТЫ
ПО КАЖДОМУ ВИДУ
ОПАСНОСТИ**

**ВЛИЯНИЕ
ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ
ОСАДКОВ
НА НАСЕЛЕНИЕ
И ИНФРАСТРУКТУРУ**



05

РЕЗУЛЬТАТЫ ПО КАЖДОМУ ВИДУ ОПАСНОСТИ

ВЛИЯНИЕ ВОДНОГО СТРЕССА НА СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

- Риск экстремальных осадков для населения и инфраструктуры наиболее высок в центре европейской части России, на европейском севере и Дальнем Востоке, а также в Сибири.
- В зависимости от сценария и варианта рейтинга регионы-лидеры меняются: в «национальном взгляде» в SSP1-2.6 лидирует Иркутская область, в SSP2-4.5 – Приморский край, в SSP5-8.5 – Амурская область. В «региональном взгляде» во всех сценариях рейтинг неизменно возглавляет Приморский край.

Рост приземной температуры воздуха приводит к повышению влагоемкости и существенной интенсификации гидрологического цикла³⁶. Суточная интенсивность экстремальных осадков имеет тенденцию к увеличению над большей частью суши, что приводит к увеличению количества экстремальных осадков³⁷. В России отмечается усиление ливневых осадков на территории России³⁸. Экстремальные осадки оказывают негативное влияние как на здоровье человека, так и на инфраструктуру и хозяйственную деятельность, вызывая паводки, подтопление городских и сельских территорий и инфраструктуры, распространение заболеваний³⁹.

В рамках данной работы для получения оценок фактора климатической опасности, связанной с экстремальными осадками, используется два показателя: максимальное количество осадков за пять дней подряд и суммарное количество осадков в очень дождливые дни (таблица 11). Очень дождливые дни определяют дифференцировано по регионам как дни с количеством дневных осадков, превышающих 95-й процентиль дневных осадков во влажные дни в базовый период.

Негативные последствия экстремальных осадков связаны в первую очередь с наводнениями. Поэтому в качестве показателей подверженности используются: численность населения, подверженного риску наводнения один раз в 100 лет с глубиной подтопления более 15 см (по данным⁴⁰), а также протяженность ж/д и автомобильных дорог (таблица 11). Предлагаемые показатели подверженности позволяют оценить, насколько жители или инфраструктура того или иного региона могут пострадать от экстремальных осадков. Показатели рассматриваются в абсолютном значении («национальный взгляд») и в относительном («региональный взгляд») как доля от численности населения и плотность авто- и железных дорог.

В условиях наводнения наиболее уязвимой группой населения являются пожилые люди, поэтому в качестве показателя уязвимости рассматривается доля жителей старше 65 лет. Также регионы, отличающиеся высоким износом основных фондов, будут более чувствительны к воздействию сильных осадков на инфраструктуру. В связи

³⁶ Trenberth K.E. Changes in precipitation with climate change // Clim. Res. – 2011. – Vol.47. – P.123–38.

³⁷ Donat M.G., Lowry A.L., Alexander L.V., O'Gorman P.A. and Maher N. More extreme precipitation in the world's dry and wet regions // Nat. Clim. Change. – 2016. – Vol.6. – P.508–13.

³⁸ Чернокульский А.В., Елисеев А.В., Козлов Ф.А., Коршунова Н.Н., Курганский М.В., Мохов И.И., Семенов В.А., Швец Н.В., Шихов А.Н., Ярынич Ю.И. Опасные атмосферные явления конвективного характера в России: наблюдаемые изменения по различным данным // Метеорология и гидрология. – 2022. – №5. – С.27–41. DOI: 10.52002/0130-2906-2022-5-27-41.

³⁹ Росгидромет (2017) Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации / под ред. В. М. Катцова – Санкт-Петербург.

⁴⁰ Rentschler, J., Salhab, M. & Jafino, B.A. Flood exposure and poverty in 188 countries // Nat Commun. – 2022. – Vol.13, 3527. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-30727-4>.

с этим, степень износа основных фондов используется как второй индикатор уязвимости (таблица 11).

Таблица 11
Показатели опасности, подверженности и уязвимости, связанные с риском влияния сильных осадков на население и инфраструктуру

Категория риска	Индикатор	Единицы измерения	Период	Источник данных
Опасность	Максимальное количество осадков за пять дней подряд за год	мм	2040–2059 гг. (по сравнению с 1961–1990 гг.)	СМИР6
	Суммарное годовое количество осадков в дни с количеством дневных осадков, превышающим 95-й процентиль дневных осадков во влажные дни в базовый период	мм	2040–2059 гг. (по сравнению с 1961–1990 гг.)	СМИР6
Подверженность	Численность населения, подверженного наводнению с риском один раз в 100 лет с глубиной затопления более 15 см /доля населения, подверженного наводнению с риском один раз в 100 лет с глубиной затопления более 15 см, в общей численности населения	чел. / %	2019 г.	Global Flood Exposure ⁴¹
	Протяженность ж/д и автомобильных дорог / плотность ж/д и автомобильных дорог	км / км дорог на 1000 кв. км территории	2020 г. (ж/д дорог), 2023 г. (автомобильные дороги)	Росстат
	Степень износа основных фондов на конец года по полному кругу организаций (всего по региону)	%	2023 г.	Росстат
	Доля населения возрастом старше 65 лет от общей численности населения субъекта	%	2023 г.	Росстат

Экстремальные осадки представляют относительно значимый риск для населения и инфраструктуры в центре европейской части России, на европейском севере и Дальнем Востоке, а также в Сибири. При этом список регионов, которые в рамках сценария SSP1-2.6 входят в группу риска при расчете подверженности в абсолютных значениях («национальный взгляд») (рисунок 21) и в относительных («региональный взгляд») (рисунок 22), сильно различается. Например, Пермский край, Ленинградская область, Республика Башкортостан, Волгоградская, Саратовская, Тюменская области (кроме Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого автономных округов), а также Краснодарский край входят в топ -25 % по уровню рисков при «национальном взгляде», но не входят – при «региональном». С другой стороны, Республика Бурятия, Еврейская автономная область, Магаданская область, Ханты-Мансийский и Ненецкий автономный округа, Мурманская и Новгородская области оказываются в группе риска только при «региональном взгляде». В основном это связано с тем, что регионы, которые находятся наверху рейтинга при расчете подверженности в относительных значениях, в среднем отличаются меньшим количеством населения и меньшей площадью. Однако доля населения, проживающего в опасной зоне, в общей численности населения здесь велика.

⁴¹ The Global Flood Database. [Электронный ресурс]. URL: <https://global-flood-database.cloudtostreet.ai> (дата обращения: 10.11.2024).

Таблица 12
Top-10 регионов по уровню риска влияния сильных осадков на население и инфраструктуру

РЕГИОН	ИТОГОВЫЙ РАНГ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ВЗГЛЯД»			РЕГИОН	ИТОГОВЫЙ РАНГ «РЕГИОНАЛЬНЫЙ ВЗГЛЯД»		
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5		SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5
Иркутская область	1	4	6	Приморский край	1	1	1
Приморский край	2	1	2	Сахалинская область	2	2	2
Амурская область	3	3	1	Хабаровский край	3	4	4
Пермский край	4	5	4	Иркутская область	4	6	6
Хабаровский край	5	6	5	Архангельская область	5	8	13
Красноярский край	6	7	16	Республика Бурятия	6	5	7
Архангельская область	7	11	11	Республика Коми	7	13	8
Свердловская область	8	2	3	Амурская область	8	3	3
Ленинградская область	9	8	8	Еврейская автономная область	9	9	9
Забайкальский край	10	9	7	Магаданская область	10	12	5

Рисунок 21

Карта регионов России с наибольшим риском экстремальных осадков для населения и инфраструктуры при расчете подверженности в абсолютных величинах, сценарий SSP1-2.6

Рейтинг регионов по уровню климатического риска Влияние экстремальных осадков на население и инфраструктуру Сценарий SSP1-2.6, национальный взгляд

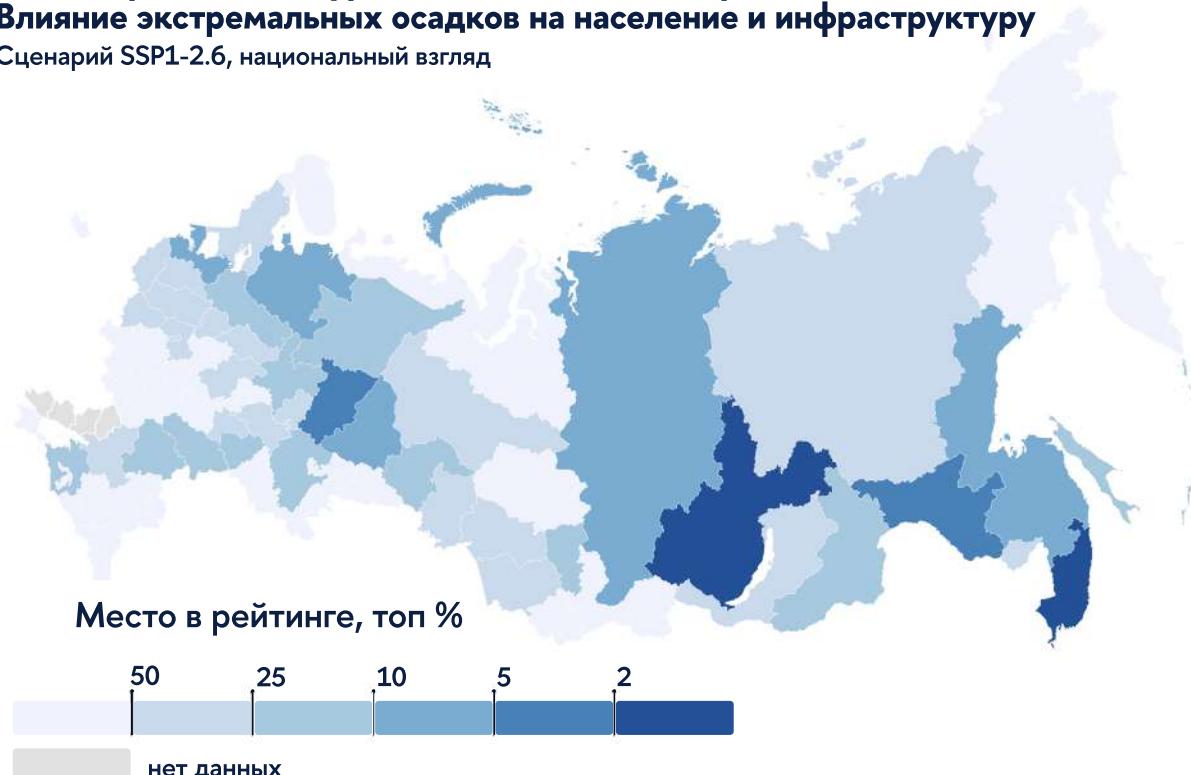
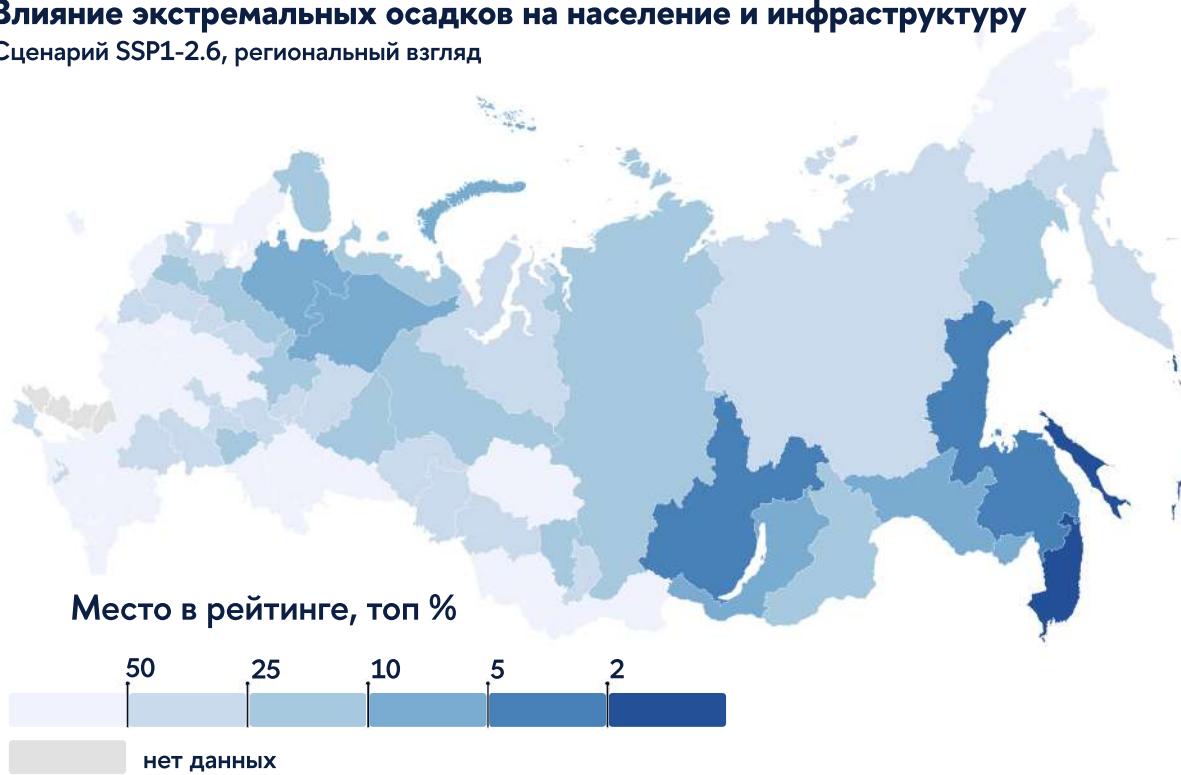


Рисунок 22

Карта регионов России с наибольшим риском экстремальных осадков для населения и инфраструктуры при расчете подверженности в относительных величинах, сценарий SSP1-2.6

Рейтинг регионов по уровню климатического риска Влияние экстремальных осадков на население и инфраструктуру

Сценарий SSP1-2.6, региональный взгляд



Топ-25 % регионов по уровню данного риска сильно различается в зависимости от сценария (SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP5-8.5). В частности, при «национальном взгляде» в зависимости от сценария меняются лидеры рейтинга. Если в SSP1-2.6 (рисунок 21) наибольшим уровнем риска характеризуется Иркутская область, в SSP2-4.5 – Приморский край, в SSP5-8.5 (рисунок 23) – Амурская область. Помимо этого, при «национальном взгляде» Республика Коми и Кировская область входят в топ -25 % по этому риску в сценариях SSP1-2.6 и SSP5-8.5, но не находятся в группе риска в сценарии SSP2-4.5. Также из группы риска по сценарию SSP1-2.6 в сценариях SSP2-4.5 и SSP5-8.5 выходит Кемеровская область, перемещаясь с 15-го места на 33-е и 45-е соответственно. В сценарии SSP5-8.5 из топ-25 % выпадают Тюменская и Саратовская области.

Рисунок 23

Карта регионов России с наибольшим риском экстремальных осадков для населения и инфраструктуры при расчете подверженности в абсолютных величинах, сценарий SSP5-8.5

**Рейтинг регионов по уровню климатического риска
Влияние экстремальных осадков на население и инфраструктуру**
Сценарий SSP5-8.5, национальный взгляд



Рисунок 24

Карта регионов России с наибольшим риском экстремальных осадков для населения и инфраструктуры при расчете подверженности в относительных величинах, сценарий SSP5-8.5

**Рейтинг регионов по уровню климатического риска
Влияние экстремальных осадков на население и инфраструктуру**
Сценарий SSP5-8.5, региональный взгляд



При «региональном взгляде» во всех сценариях сохраняется один лидер – Приморский край. Тем не менее, существуют определенные различия в составе группы риска. Так, в сценарии SSP5-8.5 (рисунок 24) из топ-25 % выпадает Красноярский край, чье место в рейтинге меняется с 11-го в сценариях SSP1-2.6 (рисунок 22) и SSP2-4.5 на 22-е в сценарии SSP5-8.5. Помимо этого, в рамках сценария SSP2-4.5 из группы риска выпадает Ненецкий автономный округ. Наконец, Кемеровская и Самарская области, которые входят в топ 25 по сценарию SSP1-2.6, выпадают из числа лидеров рейтинга в сценариях SSP2-4.5 и SSP5-8.5. Вместе с этим, в рамках сценария SSP2-4.5 в группу риска входят Тюменская и Тверская области, а также Республика Адыгея, которые не занимают высоких позиций в рейтинге в сценарии SSP1-2.6. В сценарии SSP5-8.5 в топ-25 % также оказывается и Ярославская область.



**РЕЗУЛЬТАТЫ
ПО КАЖДОМУ ВИДУ
ОПАСНОСТИ**

ВЛИЯНИЕ ВОЛН ХОЛОДА НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

06



РЕЗУЛЬТАТЫ ПО КАЖДОМУ ВИДУ ОПАСНОСТИ

ВЛИЯНИЕ ВОЛН ХОЛОДА НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

- Волны холода ослабевают во всех сценариях, что снижает риски здоровью населения, поэтому представленный рейтинг оценивает потенциальные «выгоды» от изменения климата в контексте этого типа опасности.
- Наибольшее снижение наблюдается в регионах юга Европейской части России, Поволжья, Западной и Восточной Сибири, а также в Московской области.
- Различия в «национальном» и «региональном» рейтингах существенны для каждого из рассматриваемых сценариев, однако в первом варианте во всех сценариях лидирует Краснодарский край, во втором – Карачаево-Черкесская Республика. Лишь республики Башкортостан, Дагестан, Алтайский и Ставропольский края, Новосибирская область входят в топ -25 % регионов, где риск волн холода сокращается в обоих из представленных вариантов рейтинга.

Значительные территории России находятся в арктическом и субарктическом климатических поясах и характеризуются низкими среднегодовыми температурами, в связи с этим волны холода являются опасностью, оказывающей существенное влияние на благосостояние населения. Так, волны холода приводят к увеличению смертности от ишемической болезни сердца, сердечно-сосудистых заболеваний и болезней дыхательных путей⁴². Однако в условиях меняющегося климата влияние этого физического риска становится менее ощутимым. В рамках данной работы на основе анализа показателей опасности, подверженности и уязвимости выявляются регионы, в которых благодаря снижению частоты и интенсивности волн холода открываются новые возможности.

В качестве индикаторов опасности используются минимальное значение суточной минимальной температуры за зимние месяцы, а также число дней, в которых минимальная температура ниже 10-го процентиля (таблица 13). Для данного риска показатели опасности нормируются в обратную сторону, чтобы показать регионы, где риск волн холода снижается.

Для оценки подверженности выбраны абсолютные («национальный взгляд») и относительные («региональный взгляд») значения численности постоянного сельского населения. Сельское население в наибольшей степени испытывает влияние волн холода в силу большего времени нахождения на открытом воздухе и в силу отсутствия систем централизованного теплоснабжения.

Для анализа уязвимости региона перед волнами холода используются те же три показателя, что и для волн жары: доля постоянного населения старше 65 лет, доля населения с денежными доходами ниже прожиточного минимума и уровень общей заболеваемости сердечно-сосудистыми заболеваниями и болезнями дыхательной системы (таблица 13). Волны холода становятся дополнительным фактором роста смертности от этих заболеваний, а наиболее чувствительной группой являются именно люди старше 65 лет⁴³.

⁴² Ревич Б.А., Малеев В.В., Смирнова М.Д. Изменение климата и здоровье: оценки, индикаторы, прогнозы. – М.: ИНП РАН, 2019. – 196 с.

Таблица 13

Показатели опасности, подверженности и уязвимости, связанные с риском влияния волн холода на здоровье населения

КАТЕГОРИЯ РИСКА	ИНДИКАТОР	ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ	ПЕРИОД	ИСТОЧНИК ДАННЫХ
Опасность	Минимальное значение суточной минимальной температуры, за зимние месяцы (декабрь–февраль)	°C	2040–2059 гг. (по сравнению с 1961–1990 гг.)	CMIP6
	Индекс продолжительности холодных периодов: число дней в году, в течение которых по крайней мере шесть дней подряд суточная минимальная температура ниже 10-го процентиля минимальной температуры для 5-дневного скользящего окна с центром в соответствующем календарном дне в течение базового периода	дни	2040–2059 гг. (по сравнению с 1961–1990 гг.)	CMIP6
Подверженность	Общая численность постоянного сельского населения / доля постоянного сельского населения от общей численности населения региона	чел. / %	2023 г.	Росстат
Уязвимость	Доля постоянного городского и сельского населения старше 65 лет в общей численности населения	%	2023 г.	Росстат
	Доля населения с денежными доходами ниже прожиточного минимума в общей численности населения	%	2023 г.	Росстат
	Уровень общей заболеваемости болезнями органов дыхания, системы кровообращения, крови, кроветворных органов и отдельными нарушениями, вовлекающими иммунный механизм, в общей численности населения	чел. / 1000 чел.	2022 г.	Росстат

В рамках данного исследования топ рейтинга для риска волн холода отражает регионы с относительно высокой подверженностью и уязвимостью, где, однако, частота и интенсивность волн холода (то есть опасность) в связи с изменением климата уменьшается, что снижает риски здоровью населения. Таким образом де-факто оценивается «выгода», которую изменение климата несет в контексте данного вида опасности. Такая выгода особенно характерна для регионов юга Европейской части России (Краснодарский и Ставропольский края, Республика Дагестан), Поволжья, Западной (Алтайский край, Омская область) и Восточной Сибири (Красноярский край), а также для Московской области – единственного подобного региона в центре Европейской части России.

Различия в рейтингах с «абсолютной» и «относительной» подверженностью существенны для каждого из рассматриваемых сценариев. Лишь Республики Башкортостан, Дагестан, Алтайский и Ставропольский края, Новосибирская область входят в топ -25 % регионов, где риск волн холода сокращается в обоих из представленных вариантов рейтинга. Отметим также, что различия между рассматриваемыми сценариями несущественны: при «региональном взгляде» во всех сценариях лидирует Карачаево-Черкесская Республика, в то время как при «национальном взгляде» – Краснодарский край.

43 Там же.

Таблица 14
Top-10 регионов по уровню снижения риска влияния волн холода на здоровье населения

РЕГИОН	ИТОГОВЫЙ РАНГ («НАЦИОНАЛЬНЫЙ ВЗГЛЯД»)			РЕГИОН	ИТОГОВЫЙ РАНГ («РЕГИОНАЛЬНЫЙ ВЗГЛЯД»)		
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5		SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP5-8.5
Краснодарский край	1	1	1	Карачаево-Черкесская Республика	1	1	1
Республика Башкортостан	2	2	2	Алтайский край	2	3	2
Алтайский край	3	4	3	Республика Башкортостан	3	2	4
Московская область	4	3	4	Республика Карелия	4	4	5
Ставропольский край	5	7	5	Республика Алтай	5	6	3
Республика Дагестан	6	5	7	Курганская область	6	5	6
Ростовская область	7	6	6	Курская область	7	7	14
Нижегородская область	8	9	9	Новосибирская область	8	15	19
Оренбургская область	9	8	11	Республика Бурятия	9	14	18
Республика Татарстан	10	11	10	Республика Мордовия	10	9	8

В сценарии SSP1-2.6 среди регионов, составивших топ-25 % рейтинга с подверженностью в абсолютных значениях («национальный взгляд») (рисунок 25), но не вошедших в топ-25 % в рейтинге с подверженностью в относительных значениях, – субъекты на юге Европейской части России (Краснодарский край, Ростовская область), Московская и Ленинградская области, регионы Поволжья (Нижегородская, Оренбургская, Самарская области, Республика Татарстан) и Урала (Челябинская и Свердловская области), Восточной Сибири (Красноярский край и Иркутская область). Это связано с относительно высокой численностью населения, в том числе сельского, а также относительно более низкой уязвимостью населения к рискам волн холода (меньшим уровнем заболеваемости, меньшей долей бедного населения).

Рисунок 25

Карта регионов России с наибольшим снижением риска влияния волн холода на здоровье населения при расчете подверженности в абсолютных величинах, сценарий SSP1-2.6

Рейтинг регионов по уровню снижения климатического риска Влияние волн холода на здоровье населения

Сценарий SSP1-2.6, национальный взгляд



Рисунок 26

Карта регионов России с наибольшим снижением риска влияния волн холода на здоровье населения при расчете подверженности в относительных величинах, сценарий SSP1-2.6

Рейтинг регионов по уровню снижения климатического риска Влияние волн холода на здоровье населения

Сценарий SSP1-2.6, региональный взгляд



В топ рейтинга с подверженностью в относительных значениях («региональный взгляд») вошли регионы Центральной России (Тамбовская, Пензенская, Курская области), Поволжья (республики Башкортостан, Мордовия, Марий Эл), северо-запада страны (Республика Карелия, Вологодская область). Подавляющее большинство регионов, составляющих верхний дециль рейтинга, расположено в Сибири: Алтайский край, республики Алтай, Тыва, Хакасия и Бурятия, Курганская и Новосибирская области (рисунок 26). Отметим, что в оба рейтинга во всех сценариях не вошли регионы севера и Дальнего Востока России – например, Ханты-Мансийский, Ямало-Ненецкий и Ненецкий автономные округа занимают 76–81-е места. Во всех сценариях, кроме SSP2-4.5, интенсивность волн холода в этих регионах растет. Но даже снижение интенсивности волн холода почти не сказывается на итоговых значениях рейтинга ввиду низкого числа сельского населения, а также низкой доли сельского населения в общей численности населения регионов (то есть низкой подверженности и в абсолютных, и в относительных значениях).

В сценарии SSP5-8.5 для большинства регионов не происходит никаких изменений. Отметим только изменение положения Новосибирской и Иркутской областей: первая опускается в рейтинге при расчете подверженности в абсолютных значениях с 11-го на 16-е место, вторая – с 13-го на 17-е место (рисунок 27). При «региональном взгляде» ухудшается позиция и Новосибирской области – она опускается с 8-го на 19-е место (рисунок 28). То же самое характерно для Республики Бурятия – она опускается на 18-е место, при 9-м в сценарии SSP1-2.6. При этом улучшение положения в рейтинге наблюдается для Ставропольского края, который в сценарии SSP5-8.5 занимает 7-е место (18-е в сценарии SSP1-2.6).

Рисунок 27

Карта регионов России с наибольшим снижением риска влияния волн холода на здоровье населения при расчете подверженности в абсолютных величинах, сценарий SSP5-8.5

Рейтинг регионов по уровню снижения климатического риска Влияние волн холода на здоровье населения

Сценарий SSP5-8.5, национальный взгляд



Рисунок 28

Карта регионов России с наибольшим снижением риска влияния волн холода на здоровье населения при расчете подверженности в относительных величинах, сценарий SSP5-8.5

Рейтинг регионов по уровню снижения климатического риска Влияние волн холода на здоровье населения

Сценарий SSP5-8.5, региональный взгляд



РЕКОМЕНДАЦИИ

Представленный рейтинг регионов является научной основой для системного учета региональной дифференциации климатических рисков при планировании мер адаптации на федеральном и региональном уровнях. На основе полученных результатов предлагается внедрить следующий набор рекомендаций и мероприятий для реализации на федеральном и региональном уровнях:

ПРИОРИТИЗАЦИЯ.

В условиях ограниченных ресурсов рейтинг и система приоритизации мероприятий позволяет сосредоточить усилия на территориях с наиболее высокой совокупной нагрузкой климатических факторов. В частности, при подготовке Национального плана мероприятий третьего этапа адаптации к изменениям климата до 2028 г. важно учитывать различия в характере и интенсивности рисков между регионами. Рейтинг позволяет определить субъекты Российской Федерации, где воздействие климатических факторов сочетается с высокой подверженностью и уязвимостью населения, инфраструктуры и природных систем. Это, в свою очередь, может использоваться для обоснования географического распределения федеральных мер – с точки зрения как их интенсивности, так и срочности. На начальном этапе целесообразно сосредоточиться на тех регионах, которые входят в верхний quartиль рейтинга хотя бы по трем видам риска.

ИНТЕГРАЦИЯ В ОТРАСЛЕВЫЕ ПЛАНЫ.

Федеральным органам исполнительной власти (ФОИВ), участвующим в реализации адаптационной политики, целесообразно использовать результаты рейтинга при формировании отраслевых разделов следующего этапа национального плана адаптации. В частности, особенно важно указывать, какие мероприятия планируется реализовать в регионах, входящих в топ-25 % по совокупному уровню климатического риска. Это позволит повысить согласованность между различными секторальными стратегиями, снизить дублирование действий и обеспечить более рациональное распределение ресурсов между регионами с различной степенью уязвимости.

АКТУАЛИЗАЦИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПЛАНОВ АДАПТАЦИИ.

Субъекты Российской Федерации могут использовать данные рейтинга для сопоставления своих региональных стратегий с общенациональными приоритетами. Регионы, где наблюдается высокий уровень одного или сразу нескольких климатических рисков, могут на основе этих данных актуализировать собственные планы адаптации, включая меры в области градостроительства, инфраструктуры, здравоохранения, сельского и лесного хозяйства.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА И ПОЛНОТЫ ПЛАНОВ АДАПТАЦИИ.

В условиях значительной территориальной дифференциации климатических рисков особую актуальность приобретает вопрос оценки качества и полноты региональных планов адаптации. В регионах, где реализуется сразу несколько разных рисков, требуется более детализированный и согласованный с типом угроз подход к планированию адаптационных мероприятий.

5

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИНДИКАТОРОВ.

Целесообразным представляется формирование системы индикаторов, позволяющей оценивать соответствие региональных планов выявленным рискам, охват мерами ключевых секторов, находящихся под риском, а также наличие четких механизмов имплементации и мониторинга. Введение такой системы может способствовать повышению сопоставимости планов между регионами, а также созданию базы для регулярной оценки эффективности адаптационной политики в территориях с максимальным уровнем риска.

6

УЧЕТ ПРОФИЛЕЙ КЛИМАТИЧЕСКИХ РИСКОВ В СЕКТОРАХ ЭКОНОМИКИ.

Учет профилей климатических рисков в секторах экономики. Климатические риски могут влиять на широкий круг отраслей, включая жилищное строительство, здравоохранение, сельское и лесное хозяйство, транспортную и энергетическую инфраструктуру. В этой связи важно учитывать профили климатических рисков при подготовке и реализации программ в этих секторах. Например, оценка риска деградации вечной мерзлоты может использоваться при проектировании нормативов на строительство зданий и коммуникаций в северных районах, а риск водного стресса – при определении мер государственной поддержки аграрного сектора.

7

ДАЛЬНЕЙШЕЕ РАЗВИТИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ.

Представленная методология может использоваться на муниципальном или корпоративном уровне при необходимости ранжирования муниципалитетов или различных корпоративных объектов по необходимости их адаптации к тем или иным климатическим рискам. Важной составляющей дальнейшего развития методологии является получение детализированных оценок экономического ущерба для разных рисков, что позволит сравнить риски друг с другом и составить обобщенный рейтинг регионов.

КОМАНДА ПРОЕКТА

Доклад подготовлен в Национальном исследовательском университете «Высшая школа экономики» и является результатом совместной работы Института экономики природных ресурсов и изменения климата Факультета мировой экономики и мировой политики.



СОРУКОВОДИТЕЛИ ПРОЕКТА:

Макаров Игорь Алексеевич

к.э.н., руководитель Департамента мировой экономики, директор Института экономики природных ресурсов и изменения климата НИУ ВШЭ

Чернокульский Александр Владимирович

к.ф.- м.н., доцент Базовой кафедры института географии РАН факультета географии и геоинформационных технологий НИУ ВШЭ, заместитель директора Института физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН



АВТОРСКИЙ КОЛЛЕКТИВ:

Анискина Татьяна Андреевна

директор Центра геоданных НИУ ВШЭ

Виноградова Вера Владимировна

к.г.н., старший научный сотрудник Института географии РАН

Краев Глеб Николаевич

к.г.н., аналитик Центра геоданных НИУ ВШЭ

Куричев Николай Константинович

к.г.н., декан Факультета географии и геоинформационных технологий НИУ ВШЭ

Рацеева Светлана Сергеевна

заместитель директора Центра цифровых технологий для природно-климатических проектов программы карбоновых полигонов НИУ ВШЭ

Смоловик Елизавета Владимировна

младший научный сотрудник Института экономики природных ресурсов и изменения климата НИУ ВШЭ

Чистиков Матвей Николаевич

младший научный сотрудник Института экономики природных ресурсов и изменения климата НИУ ВШЭ

Шелудков Александр Владимирович

к.г.н., доцент Базовой кафедры Института географии РАН НИУ ВШЭ

Юдова Оксана Александровна

к.г.н., ведущий аналитик Центра геоданных НИУ ВШЭ