

**СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ КЛИМАТИЧЕСКАЯ  
ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ РЕГИОНАЛЬНЫХ  
ПЛАНОВ АДАПТАЦИИ К ИЗМЕНЕНИЮ И ИЗМЕНЧИВОСТИ  
КЛИМАТА (НА ПРИМЕРЕ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ)**

*Е. М. Акентьева, М. В. Клюева, Д. В. Фасолько,  
Е.П. Самойлова, Е.Н. Разова*

Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова  
194021 Санкт-Петербург, ул. Карбышева, 7

Voeikov Main Geophysical Observatory  
194021 St. Petersburg, Karbysheva st., 7

E-mail: eakentyeva@mail.ru

Поступила в редакцию 3.09.2023

Поступила после доработки 16.10.2023

**Введение**

Российская система адаптации к изменениям климата начала формироваться с 2019 года, когда был принят Национальный план адаптации (Распоряжение правительства РФ №3183-р), который позволил подготовить необходимую правовую и методическую базу и разработать планы адаптации в отраслевых и территориальных разрезах. В 2022 г. правительством Российской Федерации был утвержден Важнейший инновационный проект государственного значения (ВИПГЗ) (Распоряжение правительства РФ №3240-р), направленный на экологическую (низкоуглеродную) трансформацию отраслей экономики и адаптацию экономики и населения к изменениям климата.

Для разработки оптимальных адаптационных мер и оценки климатических рисков в регионах России в рамках Национального плана и ВИПГЗ выполняется оценка наблюдаемых и ожидаемых изменений климатических характеристик, оказывающих воздействие

на различные отрасли экономики. Определяется перечень климатически уязвимых объектов, которые позволяют выделять конкретные элементы инфраструктуры с учетом возможных климатических воздействий, характерных для данной территории.

Учет климатической информации становится обязательным при формировании региональных планов адаптации к изменению климата. Оценка погодно-климатических рисков для основных отраслей социально-экономической сферы данного субъекта выполняется с использованием базовой и специализированной климатической информации, получаемой по данным наблюдений и результатам сценарного прогнозирования.

Цель настоящего исследования — изучение на примере территории Ленинградской области подходов к решению задач, которые в дальнейшем целесообразно использовать при разработке региональных планов адаптации к изменению климата.

### **Подготовка специализированной климатической информации**

Используемая для разработки плана адаптации региона система специализированных климатических показателей — это набор статистических параметров метеорологических величин. При преобразовании метеорологических данных в климатическую информацию следует использовать подходы, изложенные в руководстве по климатологической практике ВМО (Руководство, 2018) и отечественных руководствах по методам обработки специализированных климатических показателей (Кобышева, 1990; Методические рекомендации, 2017, 2022; Руководство, 2008).

Для получения специализированных климатических характеристик использовались данные метеорологических наблюдений на станциях и постах Ленинградской области за период 1966–2021 гг. Проверка однородности рядов была выполнена в соответствии с принятой международной практикой (Руководство, 2018).

Прогнозные оценки получены на основе ансамблевых расчетов с помощью системы моделей глобального и регионального климата Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова (РКМ ГГО)

(Катцов и др., 2016). Используются результаты численных экспериментов по моделированию климата при задании сценария антропогенного воздействия МГЭИК RCP8.5 (Van Vuuren et al, 2011) для двух периодов в XXI веке (2050–2059 гг. и 2090–2099 гг.). В качестве базового периода выбрано десятилетие 1990–1999 гг. Горизонтальное разрешение глобальной и региональной моделей составляет, соответственно, 200 и 25 км. Для оценки неопределенности будущих изменений характеристик, обусловленной внутри ансамблевым разбросом вследствие естественной изменчивости климатической системы, используется отношение сигнала к шуму: отношение среднего по ансамблю изменения характеристики к стандартному отклонению изменений в ансамбле.

## **Строительство**

Оценка влияния климата на строительство предполагает учет его воздействия на планирование, проектирование и эксплуатацию строительного объекта. От корректности учета этого влияния зависит выбор места застройки, архитектурно-планировочные решения объектов строительства, комфортность условий работы или проживания человека, длительность эксплуатации сооружений.

Основным расчетным климатическим параметром при проектировании ограждающих конструкций является число градусо-суток отопительного периода (ГСОП). Уменьшение ГСОП является положительным следствием происходящего потепления, которое повышает тепловую эффективность существующих зданий. Сравнение параметров отопительного периода за 1961–1990 и 1991–2020 гг. показало, что на территории Ленинградской области продолжительность отопительного периода уменьшилась от 8–9 дней в северо-западных и центральных районах области до 4–7 на остальной территории. Температура отопительного периода во всех муниципальных районах выросла на 1–1,3°C, что на 5–10 % сократило число градусо-суток (табл. 1).

Таблица 1

**Параметры отопительного периода за 1961–1990 гг. и 1991–2020 гг.**

Станция	1991–2020 гг.		1961–1990 гг.			
	Продолжительность ОП, дни	Температура, °С	ГСОП, °С·сут.	Продолжительность ОП, дни	Температура, °С	ГСОП, °С·сут.
Белогорка	217	-1,5	4228	223	-2,6	4595
Винницы	227	-2,7	4699	234	-3,7	5078
Выборг	216	-1,3	4172	223	-2,5	4563
Ефимовская	224	-2,7	4637	231	-3,7	5009
Кингисепп	209	-0,7	3901	217	-2,0	4330
Лесогорский	223	-1,5	4339	229	-2,6	4717
Лодейное	222	-2,6	4568	226	-3,5	4867
Поле	211	-1,0	4012	217	-2,3	4396
Николаевское	216	-0,8	4070	221	-2,0	4431
Озерки	221	-1,4	4276	230	-2,5	4704
Сосново	218	-2,0	4364	225	-3,2	4763
Тихвин	215	-1,2	4127	224	-2,3	4555

Рост термических показателей благоприятно сказывается и на затратах на возведение фундаментов зданий. Глубина заложения фундамента принимается с учетом либо глубины сезонного промерзания грунта, рассчитанной как средняя из ежегодных максимальных глубин промерзания грунта, либо по косвенному показателю, зависящему от температуры воздуха (нормативное промерзание). В последние тридцать лет наблюдается уменьшение нормативной глубины промерзания грунта по сравнению с периодом 1961–1990 гг. от 12 % на востоке области до 20 % на юго-западе.

На организацию и проведение строительных работ изменение климата влияет неоднозначно. Характерное для территории Ленинградской области сокращение числа дней с температурой воздуха ниже  $-5^{\circ}\text{C}$  и уменьшение длительности периода с отрицательной температурой воздуха улучшает условия для проведения работ и увеличивает продолжительность строительного сезона. При этом увеличение интенсивности и частоты экстремальных осадков (рис. 1) приводит к удорожанию строительных работ из-за необходимости создания временных сооружений защиты от затоплений.

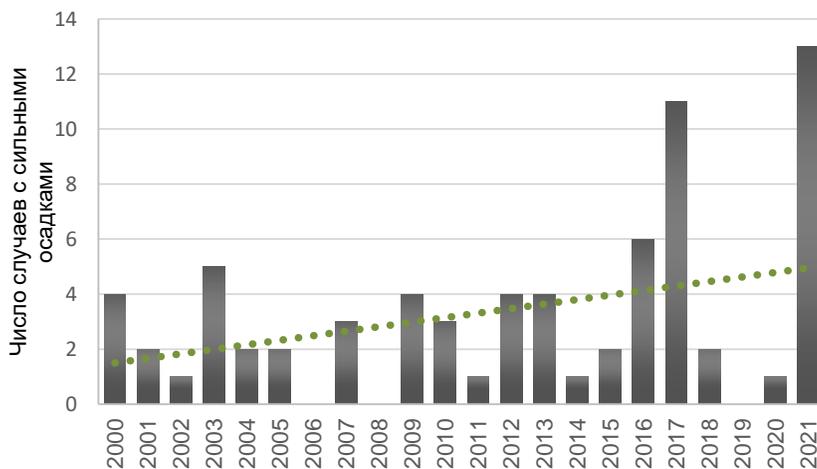


Рис. 1. Изменения годового числа случаев с сильными осадками за период 2000–2021 гг.

Важнейшими характеристиками любого строения являются его долговечность и ремонтпригодность. В соответствии с регламентирующими документами (СП 28.13330.2012) долговечность ограждающих конструкций зданий и сооружений определяется сроком их службы без потери эксплуатационных качеств и обеспечивается применением материалов, имеющих надлежащую морозо-, влаго-, биостойкость, а также стойкость против коррозии, высокой температуры, циклических температурных колебаний и других разрушающих воздействий окружающей среды.

Наиболее распространенным видом разрушающего воздействия являются температурно-влажностные деформации. В последние десятилетия в условиях происходящего потепления на территории Ленинградской области наблюдается тенденция к ускоренному старению и уменьшению долговечности ограждающих конструкций зданий. Разрушение ограждающих конструкций происходит особенно интенсивно при быстрой смене температур и особенно при переходах температуры через  $0^{\circ}\text{C}$ .

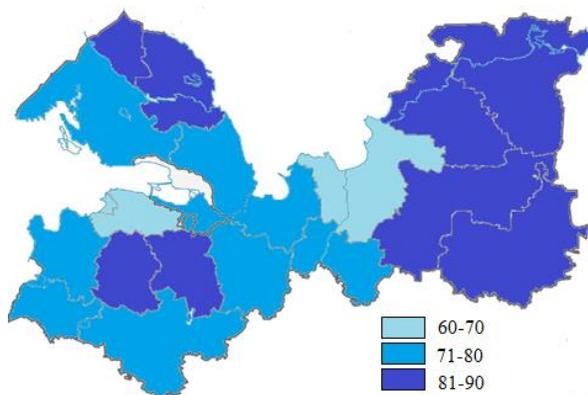


Рис. 2. Среднее годовое число дней с переходом через  $0^{\circ}\text{C}$  в 1966–2021 гг.

В Ленинградской области число дней с переходом через  $0^{\circ}\text{C}$  составляет от 60–70 дней в Ломоносовском и Волховском районах до 80–90 дней в Приозерском районе, в восточных районах области

и на Ижорской возвышенности (Волосовский и Гатчинский муниципальные районы) (рис. 2). Такая климатическая нагрузка исключительно высока для любых строительных материалов.

Колебания отрицательной температуры наружного воздуха приводят к изменению положения нулевой температурной точки в толще стены, а многократное замораживание и оттаивание материала, способствуют его постепенному разрушению. Дополнительным фактором, усиливающим процесс старения, является увеличение общего количества осадков в зимний период, в особенности, жидких и смешанных, сопровождающих оттепели.

Одна из очевидных причин повреждения зданий — протечка кровли. Сильные протечки связаны, прежде всего, с нарушением температурно-влажностного режима чердаков. На территории Ленинградской области в весенний период, когда относительная влажность воздуха превышает 90 %, а температура воздуха колеблется около 0 °С, теплый воздух, поднимающийся к коньку крыши, повышает температуру верхней части кровли на 2–4°С, и этого достаточно для того, чтобы вызвать интенсивное таяние снега. Стекающая вниз вода, попадает на холодную часть кровли и превращается в лед, который забивает водосточные трубы, стыки стены здания с прилегающим к нему кровельным покрытием и т. п. Количество дней, отвечающее перечисленным выше условиям, составляет от 25 на востоке до 30–35 на севере области.

Еще одна причина разрушения крыш — снеговые нагрузки, особенно при попадании большого количества жидких осадков на крыши, покрытые снегом, что многократно увеличивает вес снежного покрова и создает опасность обрушения кровли. В условиях изменений климата, когда наблюдается увеличение интенсивности зимних осадков, особое значение для объектов строительства приобретают кратковременные снеговые нагрузки, возникающие при сильных снегопадах. Ожидаемые изменения климата, характеризующиеся усилением этой тенденции, являются дополнительным фактором риска для зданий и сооружений (Третий оценочный доклад, 2022).

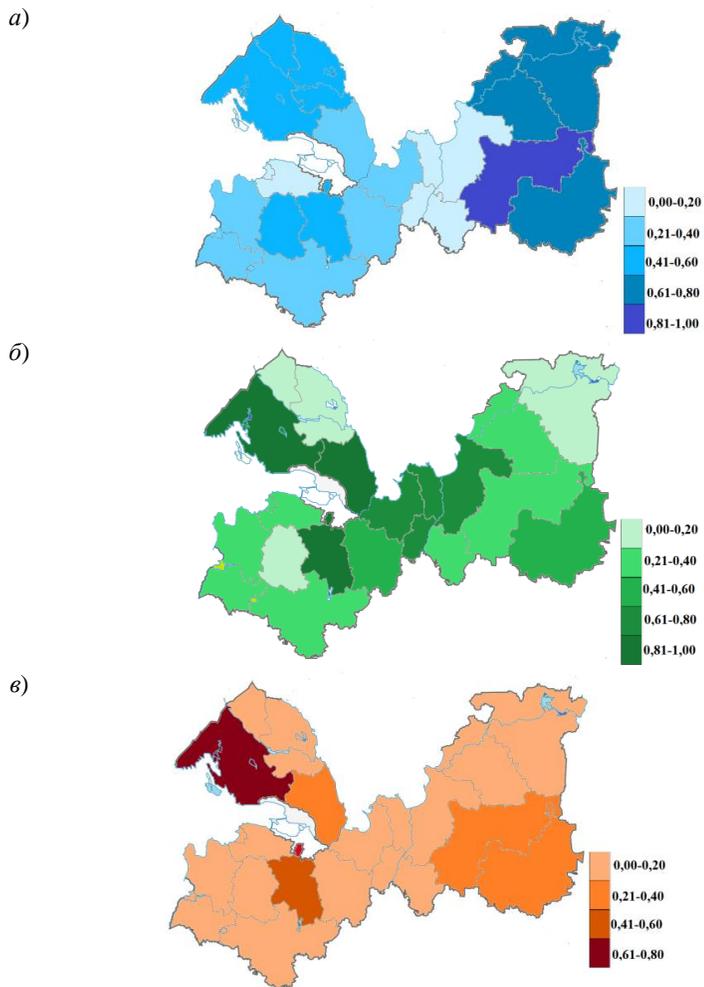


Рис. 3. Нормированные значения составляющих погодно-климатического риска для долговечности зданий выраженные в относительных единицах: климатические угрозы (а), уязвимость зданий (б), погодно-климатический риск (в)

Для определения степени погоднo-климатического риска для долговечности зданий на территории Ленинградской области проведена оценка климатических угроз и уязвимости для отдельных административных районов. Расчет риска проводился в соответствии с методикой, изложенной в монографии Н. В. Кобышевой с соавторами (2015). Для оценки влияния климатических параметров были получены средневзвешенные значения параметров, неблагоприятно влияющих на долговечность зданий: повторяемость оттепелей, от которой прежде всего зависит целостность ограждающих конструкций; характеристики «увлажненности» стен здания (суммы осадков за теплый период, число дней с переходом через 0°C и запас воды в снеге). Анализ полученных результатов показал, что наиболее неблагоприятные климатические условия с точки зрения сокращения долговечности здания наблюдаются на востоке области (рис. 3а).

Для оценки уязвимости долговечности зданий использована информация сайта DomReestr.ru о количестве домов в городах и городских поселениях муниципальных районов Ленинградской области. Для сравнимости данных были выбраны дома единого типа, так называемые панельные «хрущевки», как строения, наиболее уязвимые к климатическим воздействиям. Как видно на рис. 3б, уязвимость строительных конструкций наиболее значительна в районах с достаточно высокой плотностью населения.

В результате было определено, что наибольшие относительные значения риска характерны для Выборгского административного района, где довольно много зданий указанного типа и достаточно неблагоприятные климатические условия (рис. 3в).

## **Транспорт**

Ленинградская область, по территории которой проходят 5 федеральных трасс, является крупным транспортно-логистическим узлом Российской Федерации, где пересекаются сухопутные, водные и воздушные пути, являющиеся международными транспортными коридорами. Общая протяженность автомобильных дорог превышает 22 500, железных дорог — 3640 км.

Объекты транспортной инфраструктуры более чувствительны к экстремальным явлениям, чем к постепенным изменениям климатических параметров (Velegrakis, 2013). Поэтому опасные явления погоды (ОЯ) являются значимым климатическим фактором риска для транспортного сектора. За период 2000–2021 гг. на 38 метеостанциях и метеопостах на территории Ленинградской области зафиксирован 151 случай природных явлений, которые достигли критериев опасных явлений, установленных Росгидрометом (РД 52.04.563-2002).

Наибольшая повторяемость ОЯ (рис. 4а) характерна для Выборгского района, где основной вклад вносят сильные туманы и ветры, и Лодейнопольского района, для которого характерна большая повторяемость сильных морозов. В остальных районах наиболее часто повторяются ОЯ, обусловленные сильными ливнями и продолжительными дождями.

В качестве показателей уязвимости транспортного сектора к погодно-климатическим рискам были использованы сведения о плотности автодорог, степени их изношенности, а также плотности населения в муниципальных образованиях Ленинградской области. Наибольшая плотность автодорог характерна для районов, прилегающих к Санкт-Петербургу — Ломоносовский, Кировский, Волосовский, Тосненский, Всеволожский, Выборгский, где плотность автодорог (включая федеральные трассы, дороги регионального и муниципального значения) находится в пределах 326...515 км на 1000 км<sup>2</sup>, что в несколько раз выше, чем в удаленных от Санкт-Петербурга областях (например, в Подпорожской области плотность автодорог составляет 105,7 км/1000 км<sup>2</sup>). Плотность населения так же значительно различается от района к району. Наиболее населенные районы — Всеволожский, Гатчинский, Ломоносовский, где плотность варьируется от 74,2 до 166,7 чел./км<sup>2</sup>, а наименее населенный район — Подпорожский, Лодейнопольский, Бокситогорский, где плотность населения составляет от 3,4 до 6,6 чел./ км<sup>2</sup>.

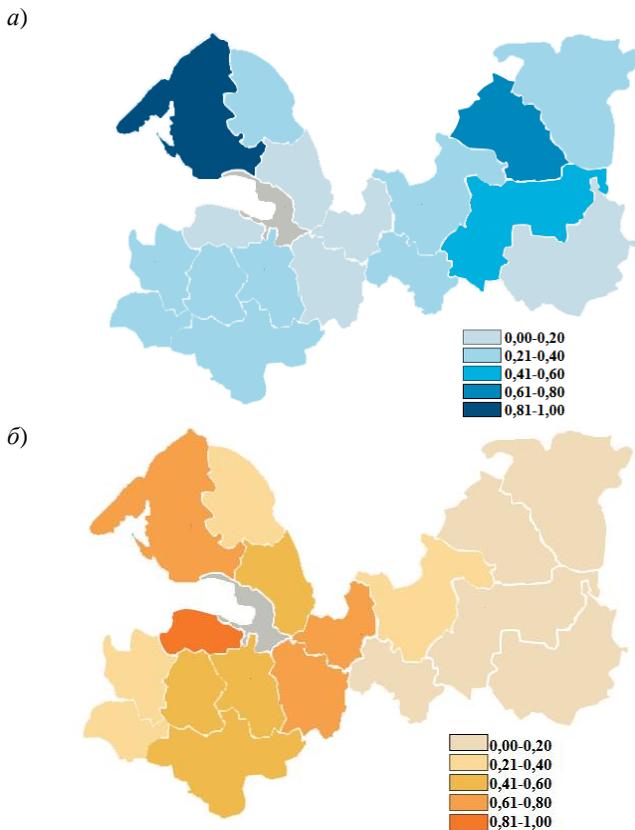


Рис. 4. Повторяемость опасных метеорологических явлений в муниципальных образованиях Ленинградской области (а) и уязвимость автодорожной транспортной системы (б), выраженные в относительных единицах

Существует много показателей транспортной обеспеченности территории, среди которых коэффициент Гольца, Энгеля, густота транспортных сетей на 1000 км и 10000 жителей. Все эти индексы в том или ином виде включают в себя протяженность транспортных путей, площадь территории и численность населения (Лебедева, 2021).

Поскольку в рассматриваемом регионе распределение плотности населения и автодорог имеют схожий характер (чем ближе к Санкт-Петербургу, тем плотность выше), то для оценки уязвимости транспортной системы достаточно рассмотреть показатель плотности автодорог на 1000 км<sup>2</sup>. Наиболее уязвимыми районами оказываются Ломоносовский, Выборгский, Гатчинский и Кировский, имеющие наиболее густую транспортную сеть (рис. 4б).

В общем виде погодно-климатический риск R был рассчитан в соответствии с (Кобышева и др., 2015). Наибольшие значения погодно-климатического риска от ОЯ (рис. 5) характерны для Выборгского района за счет развитой транспортной инфраструктуры и наибольшей повторяемости ОЯ; наименьшие значения отмечаются в Бокситогорском, Киришском и Подпорожском районах за счет низкой плотности автомобильных дорог и в Тосненском районе из-за малой повторяемости ОЯ.

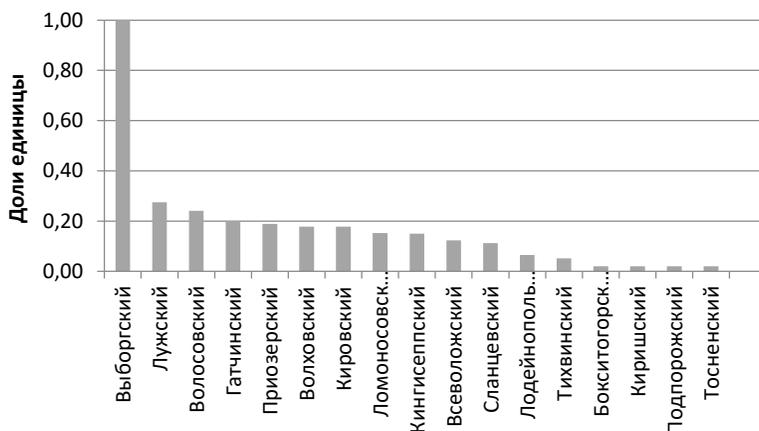


Рис 5. Погодно-климатический риск для транспортной отрасли от ОЯ в административных районах Ленинградской области (доли единицы)

Для выявления областей, наиболее подверженных климатическим рискам необходимо так же оценить динамику изменения климатических характеристик, которые могут приводить к расходам

по устранению последствий нарушений работы транспортной инфраструктуры. Например, для эксплуатации железнодорожных путей (особенно бесстыковых) большое значение имеют высокие температуры воздуха, которые могут приводить к ограничению скорости поезда и сбоям в расписании. Наибольшее число дней с аномально жаркой погодой, когда в течение 5 дней и более значение среднесуточной температуры воздуха выше климатической нормы на 7°С и более, отмечается в Волховском, Тихвинском, Киришском, Лодейнопольском и Выборгском районах. Все случаи с таким явлением отмечались после 1998 г.

Большое значение для транспортной инфраструктуры играет изменение режима осадков. Интенсивные продолжительные осадки, ливни и связанные с ними паводки вызывают затопление дорог, нарушение структурной целостности дорожного полотна, затрудняют ремонтно-техническое обслуживание дорог, увеличивают риск возникновения аварийных ситуаций.

На территории Ленинградской области наблюдается рост числа случаев с сильными ливнями и дождями (рис. 1) В 2021 г. было зафиксировано 13 случаев выпадения сильных осадков, из них по 3 случая — в Тихвинском и Бокситогорском муниципальных районах. Изменился и расчетный суточный максимум осадков различной обеспеченности. С учетом данных последних лет суточный максимум осадков 1 % обеспеченности вырос в пределах 7–11 % на метеостанциях Тихвин, Лодейное Поле, Кингисепп.

### **Здоровье населения**

Ряд особенностей физико-географического положения Ленинградской области, прежде всего, значительная зональная протяженность, неоднородность подстилающей поверхности и наличие крупных водоемов (Финский залив, Ладожское и Онежское озера), обуславливает разнообразие климатических условий и формирует неоднородность территории по комфортности проживания, создает дополнительные риски возникновения сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) в отдельных административных районах области.

В качестве биоклиматических стрессоров для ССЗ обычно рассматриваются такие показатели, как биотропность (дискомфортность) территории, межсуточные перепады температуры воздуха и атмосферного давления, волны тепла и холода.

Для оценки степени дискомфорта территории используется комплексный биоклиматический индекс эквивалентно-эффективной температуры (ЕТ), который связан со смертностью от ишемической болезни сердца в возрастной группе людей старше 60 лет (Ткачук и др., 2012; Унтилов, 2006; Li et al, 2000). Комплексное влияние температуры, влажности воздуха и скорости ветра в зимний период создает на территории области две зоны выраженного субкомфорта с холодной и очень холодной погодой. На территории Ленинградской области наиболее неблагоприятные условия характерны для северных (Выборгский) и восточных (Лодейнопольский, Подпорожский и Бокситогорский) районов, расположенных на территории Вепсовской возвышенности и Тихвинской гряды. Число дней с категорией биотропности погоды «резкая» составляет от 30 дней на западном побережье Ладожского озера до 75 дней в восточных районах области, а с «чрезмерно резкой» — от 10 дней на юго-западных побережьях Финского залива до 3 недель на востоке области. Таким образом, дискомфорт высокой степени биотропности, усугубляющийся коротким световым днем, население этих регионов испытывает на месяц дольше, чем жители центральных, южных и западных районов. Летом на территории Ленинградской области наблюдаются благоприятные климатические условия.

Межсуточные колебания температуры воздуха и атмосферного давления — еще один фактор, влияющий на сердечно-сосудистую систему. Ключевыми факторами воздействия здесь выступают большие (более 6 °С) изменения температуры воздуха и атмосферного давления (более 10 гПа) в течение 24–48 часов (Золотокрылин и др., 2018). Наиболее значительными межсуточными перепадами температуры воздуха в годовом ходе характеризуется зимний период. Повторяемость межсуточных колебаний температуры более 6 °С различается в зависимости от района: на севере и юге Ленинградской области число дней с межсуточным изменением более 6 °С составляет

7, а в восточных районах достигает 16 % относительно длительности зимнего сезона. Экстремальные значения межсуточных колебаний температуры находятся в диапазоне значений 20–25 °С. При этом на севере области большие значения отмечаются при подъеме температуры воздуха, что соответствует гипоксическому типу погоды, крайне неблагоприятному для людей с гипертонической болезнью. Межсуточные изменения атмосферного давления в зимний период также вызывают значительный рост числа госпитализаций и повышение смертности от ССЗ. Для территории Ленинградской области зимой характерны средние перепады давления около 6 гПа, а локальные максимумы варьируют от 47 (Выборг) до 33 гПа (восточные районы области).

Среди климатических характеристик, влияющих на ССЗ, особого внимания заслуживают волны тепла (холода). Результаты исследования, показали, что прирост естественной смертности при прохождении волн тепла и холода происходит в основном из-за увеличения смертности от сердечно-сосудистых заболеваний (Ревич и др., 2019). Волны холода рассчитывались для зимнего сезона как непрерывный период (не менее 5 суток) со средней суточной температурой воздуха ниже процентиля 0,03 многолетнего распределения, включающий не менее 3 суток с температурой ниже процентиля 0,01 (Ревич и др., 2011). Для территории Ленинградской области температура, соответствующая первой процентилю для зимнего сезона, варьирует от –16,0 °С в Кингисеппском, Лужском и Выборгском районах до –19,1 °С на востоке (соответствующие значения процентиля 0,01 колеблются от –17,2 до –23,0 °С). Пространственная изменчивость повторяемости волн холода зимой на территории области незначительная, так как вторжения холодного воздуха обусловлены в этот период года крупномасштабной атмосферной циркуляцией.

Что касается волн тепла, то с начала XXI в. в Ленинградской области наблюдается устойчивый рост их повторяемости летом. На территории Ленинградской области в 1984–2018 гг. волны тепла в среднем наблюдались с повторяемостью 0,3 за весь период, но если до 1999 г. вероятность их наступления была 10 %, то в последующие

годы составила 50 %. Таким образом, волны тепла, отмечаемые один раз в 10 лет, после 1999 г. стали наблюдаться в среднем в 5 раз чаще.

Для разработки мер борьбы с высоким уровнем смертности от ССЗ на территории области, целесообразно использовать стратегическое районирование по степени влияния климата на уровень ССЗ. Для выявления территориальных различий в Ленинградской области используются результаты расчетов для основных выбранных стрессоров, к которым относятся число дней с ЕТ с индексом биотропности выше 0,8 («очень холодная погода»), среднее число дней с межсуточным изменением температуры более 6 °С, средняя продолжительности периодов с температурой ниже процентиля 0,03 и минимальная средняя суточная температура в волне холода. В данном исследовании использовались стрессоры только холодного периода, так как показатели теплого времени года распределяются по территории сравнительно равномерно и не несут существенной дополнительной информации, необходимой для районирования территории.

Для районирования территории Ленинградской области по величине климатических стрессоров для ССЗ использовался кластерный анализ, задача которого — разбиение заданной выборки объектов на подмножества (кластеры) так, чтобы каждый кластер состоял из схожих объектов, а объекты разных кластеров существенно отличались.

Было определено, что с высокой степенью различия выделяются два неравномерных кластера: восточный, включающий Лодейнопольский, Подпорожский, Бокситогорский и Тихвинский районы (III) и вся остальная часть области (рис. 6а). В свою очередь для второй группы характерно присутствие районов со средней степенью различия. Наиболее комфортную группу с точки зрения влияния климата на ССЗ составляют Киришский, Кировский, Выборгский и Лужский муниципальные районы (I). Промежуточное положение занимают Всеволожский и Кировский районы.

Далее выделяется группа районов, где показатели стрессоров незначительно отличаются от показателей районов первой группы,

но с точки зрения комфортности и безопасности в целом по всем показателям хуже, чем в районах первой группы (II).

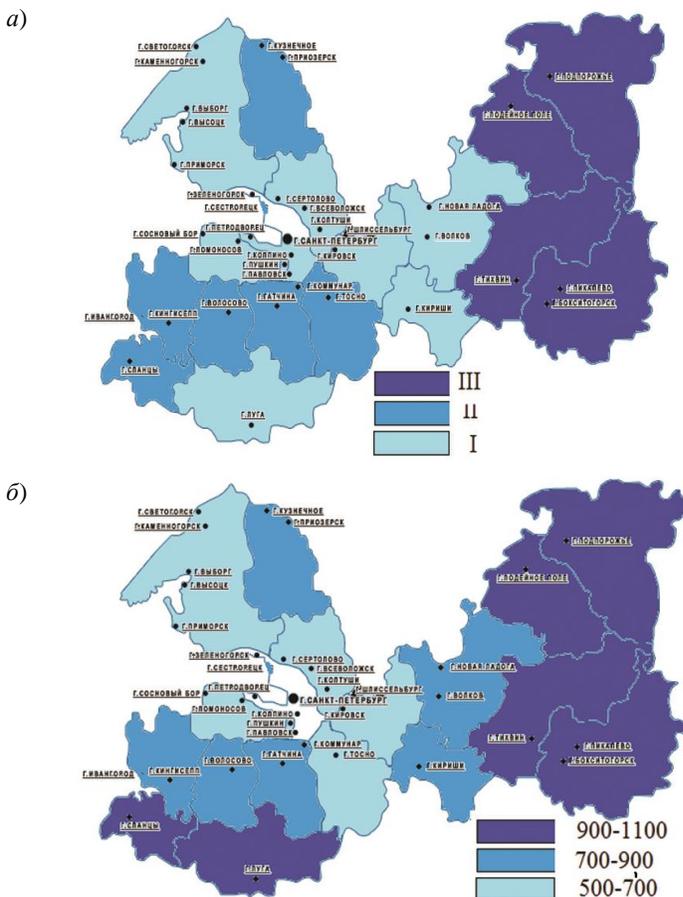


Рис. 6. Районирование территории Ленинградской области по степени неоднородности влияния климатических воздействий на сердечно-сосудистые заболевания (а) и средний показатель смертности на 100000 человек от болезней системы кровообращения (б) за период 2011–2018 гг.

Восточный кластер характеризуется наиболее неблагоприятными климатическими показателями, влияющими на уровень заболеваемости и смертности от ССЗ.

Сравнение коэффициента смертности от сердечно-сосудистых заболеваний показывает, что пространственные особенности климатических воздействий и уровня смертности в целом удовлетворительно согласуются. Безусловно, распределение коэффициента смертности от ССЗ по территории области во многом зависит от демографических показателей муниципальных районов. Он наиболее высок в районах с большой демографической нагрузкой и высоким процентом людей старше 65 лет. Поэтому на рисунке 6б выделяются два района (Сланцевский и Лужский) с относительно благоприятным климатом. Однако, как показал регрессионный анализ, если в южных районах не были обнаружены значимые связи коэффициента смертности с выбранными климатическими показателями, то в восточном кластере все связи достоверны на уровне 0,1, а с показателями биотропности и перепадов атмосферного давления — на уровне 0,05.

Сценарные прогнозы изменений климата для середины и конца XXI в., рассчитанные по РКМ ГГО, указывают, преимущественно, на сохранение (а в ряде районов – и на усиление) в будущем тенденций, которые обнаруживаются по данным наблюдений. Вероятно, что по сравнению с современным климатом уже к середине столетия на территории области не останется районов с категорией биотропности «очень холодная погода». При этом различия между восточной и западной частями области по показателю холодового дискомфорта будут сглаживаться. К концу XXI в. уровень холодового восприятия повысится до «умеренного».

В будущем, на фоне прогнозируемого снижения изменчивости температуры воздуха, ожидается уменьшение повторяемости случаев с межсуточными колебаниями температуры более 6 °С. К середине столетия в восточной части области, где по наблюдениям отмечается большая повторяемость значительных межсуточных колебаний температуры (более 30 случаев/год), прогнозируется уменьшение их повторяемости на 3–5 случаев/год. В северо-западной части региона,

где повторяемость таких случаев относительно невысокая, будущие изменения повторяемости малы. К концу текущего столетия эта тенденция сохранится и влияние межсуточной изменчивости на уровень ССЗ, по-видимому, будет снижаться.

Несмотря на ожидаемое смягчение неблагоприятных климатических условий в холодный период года, последствия изменения климата на территории области неоднозначным. С одной стороны, понижение уровня климатической дискомфортности и уменьшение межсуточной изменчивости климата должны привести к снижению уровня смертности от ССЗ. С другой стороны, при потеплении климата в регионе прогнозируется рост числа переходов температуры воздуха через 0 °С, что может привести к росту числа простудных заболеваний (Энциклопедия, 2005), а по некоторым оценкам высокая смертность от ССЗ в зимние месяцы связана с сезонным ростом заболеваемости ОРВИ и гриппом, которые, в свою очередь, вызывают до половины всех случаев сердечно-сосудистых осложнений (Лукьянов, 2016). По сравнению с современным летним климатом в будущем можно ожидать увеличения числа волн тепла и их продолжительности в теплый период, роста средней и максимальной температуры волн, что указывает на неблагоприятный прогноз развития ССЗ.

## **Заключение**

В результате проведенного исследования получены оценки наблюдаемых и прогнозных изменений базовых и специализированных климатических характеристик на территории Ленинградской области. На примере строительного и транспортного секторов экономики, а также здравоохранения Ленинградской области проанализировано влияние климатических показателей и их изменений на функционирование объектов и процессов в этих отраслях.

Сформирован перечень приоритетных климатических угроз и рисков для отраслей экономики и здоровья населения. Районирование территории области по величине комплексного погодноклиматического риска позволило выявить районы Ленинградской

области, где инфраструктура различных отраслей экономики наиболее уязвима к воздействиям опасных и экстремальных погодных явлений, а также определить составляющие риска, которые создают наибольшую опасность.

Представленный подход позволяет включить информацию о погодно-климатическом риске в процессы принятия решений при формировании стратегии развития регионов РФ, определить оптимальные пути управления риском и разработки адаптации к изменению и изменчивости климата.

*Исследование выполнено при поддержке Росгидромета (направление 3.1 плана НИТР «Развитие методов и технологий климатического обслуживания, включая совершенствование моделей прогнозирования климата, методов оценки последствий изменения климата, климатического обоснования национальных адаптационных планов и мониторинга эффективности адаптации»)*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Золотокрылин А.Н., Виноградова В.В. Глезер О.Б., (2018). Природно-климатические условия и социально-географическое пространство России. — М.: Институт географии РАН. 154 с.

Катцов В.М., Школьник И.М., Ефимов С.В., Константинов А.В., Павлова В.Н., Павлова Т.В., Хлебникова Е.И., Пикалева А.А., Байдин А.В., Борисенко В.А. (2016). Развитие технологии вероятностного прогнозирования регионального климата на территории России и построение на ее основе сценарных прогнозов изменения климатических воздействий на секторы экономики. Часть1: Постановка задачи и численные эксперименты. - Труды ГГО. Вып. 583. С. 7–29.

Кобышева Н.В., Акентьева Е.М., Галюк Л.П. (2015). Климатические риски и адаптация к изменениям и изменчивости климата в технической сфере. — СПб: «Издательство Кириллица». 214 с.

Кобышева Н.В., Гольберг М.А. (1990). Методические указания по статистической обработке метеорологических рядов — Л.: Гидрометеоздат. 83 с.

Лебедева Н.А. (2021). Оценка транспортной обеспеченности Северо-Западного федерального округа // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: экономика и экологический менеджмент. № 2. С. 47–54.

*Лукьянов М. М.* (2016). Сезонные изменения смертности, влияние аномальной жары и загрязнения воздуха на смертность населения от болезней системы кровообращения в регионах Российской Федерации с различными климатогеографическими характеристиками — Москва, доклад на заседании ГРОКО «Здоровье населения». Российский сегмент.

Методические рекомендации по расчету специализированных климатических характеристик для обслуживания различных отраслей экономики. Строительство. Транспорт. (2017). — СПб: ГГО. 161 с.

Методические рекомендации по расчету специализированных климатических характеристик для обслуживания различных отраслей экономики. Энергетика (2022) — СПб: Амирит. 106 с.

Распоряжение Правительства РФ от 25.12.2019 N 3183-р «Об утверждении национального плана мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2025 года». 2019.

Распоряжение Правительства РФ от 29.10.2022 N 3240-р «Об утверждении важнейшего инновационного проекта государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ». 2022.

РД 52.04.563-2002 Критерии опасных гидрометеорологических явлений и порядок подачи штормового сообщения (2003) — СПб: Гидрометеоздат. 32 с.

*Ревич Б. А., Малеев В. В., Смирнова М. Д.* (2019). Изменение климата и здоровье: оценки, индикаторы, прогнозы. — Москва: ИНП РАН. 196 с.

*Ревич Б.А., Малеев В.В.* (2011). Изменения климата и здоровье населения России. Анализ, ситуации и прогнозные оценки. — Москва: ЛЕНАНД. 208 с.

Руководство по климатологической практике. (2018). — ВМО. № 100. 169 с.

Руководство по специализированному климатическому обслуживанию экономики. (2008). — СПб: Астерион. 336 с.

СП 28.13330.2012 «СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии». 2013.

*Ткачук С.В., Рубинштейн К.Г.* (2012). Прогноз степени комфортности погодных условий в рамках задачи снижения метеопатических реакций населения / В кн. Международная конференция по региональным проблемам гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды. Тезисы докладов. — Казань: КФУ. С. 84.

Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. (2022) — СПб: Наукоемкие технологии. 676 с.

*Унтилов Г.В.* (2006). Смертность населения города Махачкалы в зависимости от аномалий метеорологических факторов / Автореферат диссертации на соискание степени кандидата медицинских наук. — Махачкала. 18 с.

Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации (2005). — СПб.: Гидрометеоздат. 320 с.

*Li P.W. and Chan S.T.* (2000). Application of a Weather Stress Index for Alerting the Public to Stressful Weather in Hong Kong // *J. Meteorological Applications*. V. 7. P. 369–375.

*Van Vuuren D. P., Edmonds J. A., Kainuma M., Riahi K., Thomson A. M., Hibbard K., Hurtt G. C., Kram T., Krey V., Lamarque J-F., Masui T., Meinshausen M., Nakicenović N., Smith S. J., and Rose S.* (2011). The representative concentration pathways: an overview // *Climatic Change*. V. 109. P. 5–31.

*Velegrakis A. F.* (2013). UN. ECE. Group of Experts on Climate Change Impacts and Adaptation for International Transport Networks — Geneva: UN. 223 p.