

МЕТЕОРОЛОГИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ METEOROLOGY AND CLIMATOLOGY

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.30758/0555-2648-2024-70-1-21-32>

УДК 551.583



Региональные особенности повторяемости гололеда на севере европейской территории России на фоне меняющегося климата

Г.В. Суркова¹, А.И. Лаврентьева¹✉, Е.С. Ткачева²

¹ МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

² ФГБУ «Гидрометцентр РФ», Москва, Россия

✉LavrentevaAI@my.msu.ru

ГВС, 0000-0001-6096-0749; АИЛ, 0000-0002-2985-0063; ЕСТ, 0000-0002-5543-5517

Аннотация. Выполнен анализ пространственной неоднородности и временных изменений повторяемости гололеда на севере европейской территории России (ЕТР) в Северо-Западном федеральном округе (СЗФО) в период 1986–2022 гг. Показано, что повторяемость гололедных явлений по территории имеет неоднородное распределение. Обсуждаются возможные причины локальных особенностей распределения изучаемого метеорологического явления на территории СЗФО, в частности, влияние общей циркуляции атмосферы и физико-географических особенностей. Исходными данными послужили результаты инструментальных измерений на метеорологических станциях. Обработка данных производилась статистическими методами. Показано, что в центральной части СЗФО повторяемость явления гололеда больше, чем в западной и восточной части округа. Согласно оценке линейных трендов повторяемость гололеда в последние десятилетия возрастала неравномерно по территории СЗФО. Наиболее заметный рост наблюдается в центральной части СЗФО.

Ключевые слова: гололед, опасное метеорологическое явление, повторяемость явления, север европейской территории России, современный климат

Для цитирования: Суркова Г.В., Лаврентьева А.И., Ткачева Е.С. Региональные особенности повторяемости гололеда на севере европейской территории России на фоне меняющегося климата. *Проблемы Арктики и Антарктики*. 2024;70(1):21–32. <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2024-70-1-21-32>

Поступила 16.10.2023

После переработки 25.11.2023

Принята 21.12.2023

Regional features of glaze ice events frequency in the north of the European territory of Russia in the current changing climate

Galina V. Surkova¹, Anastasia I. Lavrenteva^{1✉}, Elena S. Tkacheva²

¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

² Hydrometeorological Research Center of Russian Federation, Moscow, Russia

✉ LavrentevaAI@my.msu.ru

 GVS, 0000-0001-6096-0749; AIL, 0000-0002-2985-0063; EST, 0000-0002-5543-5517

Abstract. Recently, the interest in society in observing and forecasting dangerous meteorological phenomena in the cold period of the year has noticeably grown. In this work, we study the phenomenon of glaze ice in the north of the European territory of Russia in the North-Western Federal District. Here glaze ice (icing) is less frequent than other forms of ice accretion, but its characteristics most often exceed the criteria of dangerous meteorological phenomena. It is a great danger for various areas of the economy, ship navigation, causing an increase in traumatism of the population and damage to infrastructure. In accordance with the aim of the work, the spatial and temporal variability of the frequency of glaze ice accretion on the territory of the North-Western Federal District in the period 1986–2022 is investigated. The results are obtained on the basis of instrumental observations of meteorological stations. Using statistical analysis, the features of mean yearly frequency at each meteorological station were studied. To assess the direction of annual changes in the glaze ice frequency, the linear trend coefficient was calculated for each meteorological station. The least squares method was used for this purpose. It is shown that the maximum number of days with glaze ice occurs in the central part of the North-Western Federal District. This can be attributed to the more frequent movement of Atlantic and southern cyclones to high latitudes and their precipitation, especially at the atmospheric fronts and in the warm sectors of the cyclones, at air temperatures near zero and below. What makes the spatial distribution of glaze ice frequency even more uneven is the presence of uplands in the European territory of Russia. More precipitation falls on their windward slopes, and the temperature decreases with altitude. The findings show that in recent decades there has been an increase in the frequency of the glaze ice phenomenon in the region. At the same time, the interannual variability remains relatively constant. Taking into account the positive trend in the number of glaze ice events and increasing air temperature and precipitation, it is necessary to develop measures to deal with this hazardous phenomenon and minimize damage from it.

Keywords: current climate, frequency of occurrence, glaze ice, hazardous meteorological phenomenon, North of European Russia

For citation: Surkova G.V., Lavrenteva A.I., Tkacheva E.S. Regional features of glaze ice events frequency in the north of the European territory of Russia in the current changing climate. *Arctic and Antarctic Research*. 2024;70(1):21–32. (In Russ.). <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2024-70-1-21-32>

Received 16.10.2023

Revised 25.11.2023

Accepted 21.12.2023

Введение

Гололед — это слой плотного (матового или прозрачного) льда, образующийся на поверхности земли и на предметах преимущественно с наветренной стороны от намерзания капель переохлажденного дождя или мороси, а также при соприкосновении капель осадков с предметами, температура поверхности которых равна или ниже 0 °С. Чаще всего наблюдается при температуре воздуха от +3 до –10 °С [1, 2]. Гололед — один из самых опасных видов обледенения, он наносит серьезный ущерб топливно-энергетическому комплексу, транспортной сети, сельскому хозяйству, лесной промышленности, экономической сфере, повышает нагрузку на службы комму-

нального хозяйства, увеличивает травмоопасность [3–5]. Гололед относится к одному из видов обледенения, представляющему высокий уровень риска для морских и воздушных судов. Согласно критериям Росгидромета и региональным уточнениям ФГБУ «Северное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» на севере европейской территории России (ЕТР) гололед считается опасным гидрометеорологическим явлением, если диаметр гололедно-изморозевых отложений (ГИО) на проводах гололедного станка превышает 20 мм (приказ ФГБУ «Северное УГМС», 10.05.2023 № 672).

Статистика исследования опасных метеорологических явлений (ОЯ) показывает, что издержки на прогнозирование и обеспечение населения качественной информацией о возможном ОЯ в 15 раз уступают расходам на устранение последствий этого же явления [4]. Из этого следует, что планирование деятельности с точки зрения промышленности и экономики требует прогнозирования опасного явления и оценки возможного ущерба, нанесенного этим явлением [5]. Гололед способен нанести огромный вред для жизнедеятельности населения, причем сопровождаться может большими материальными затратами на ликвидацию и устранение последствий его образования. Согласно данным И.И. Леонова¹, в Северо-Западном федеральном округе (СЗФО) гололед, наряду с кристаллической изморозью, особенно часто переходит в разряд высокоинтенсивных отложений, достигших критериев опасного явления.

В настоящей работе представлены результаты анализа современных данных о пространственном распределении гололеда на севере ЕТР (в СЗФО) и тенденциях изменения его повторяемости на фоне современных изменений климата в период 1986–2022 гг. Анализ проведен по данным измерений на метеорологических станциях сети Росгидромета РФ.

Ежегодные оценки повторяемости и других характеристик гололеда представлены в ежегодных докладах об особенностях климата на территории РФ [6]. Результаты, включенные в эти доклады, даны для всей территории РФ, а также в среднем для квазиоднородных климатических районов, выделенных согласно генетической классификации Б.П. Алисова [7]. Материалы докладов включают итоги обобщения за истекший год, а также многолетние тенденции повторяемости гололеда и других ГИО, представляющие крупномасштабную картину пространственного распределения по всей территории РФ. Наша работа посвящена более подробному региональному анализу повторяемости случаев гололеда и тенденций ее изменения на фоне меняющегося климата в пределах СЗФО за период 1986–2022 гг. и обсуждение возможных связей пространственной неоднородности повторяемости с физико-географическими особенностями данной территории и особенностями крупномасштабной атмосферной циркуляции.

В работах отечественных авторов в последние годы большое внимание уделяется опасным метеорологическим явлениям, в том числе связанным с ГИО. Материал публикаций последних лет, посвященных гололедно-изморозевым отложениям, охватывает, как правило, всю территорию России, например [6, 8–10]. Для ЕТР в них отмечается разнонаправленность тенденций без привязки к региональным особенностям рельефа и циркуляции атмосферы и без подробного обсуждения воз-

¹ Леонов И.И. Структура атмосферы при формировании высокоинтенсивных гололедно-изморозевых отложений: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.: МГУ, 2023. 26 с.

можных причин. В работах [9, 11] гололед рассматривается для календарных осени, зимы и весны без учета летних месяцев, в то время как годовой ход повторяемости гололеда в северо-восточных прибрежных регионах (например, по данным станции Амдерма) имеет максимум в летние месяцы, что отражено далее в данной статье.

Наша работа дополняет выводы предшествующих авторов с акцентом на региональные особенности гололедных отложений в СЗФО.

Актуальность выбора региона обусловлена тем, что он достаточно густо заселен, в нем располагаются промышленные предприятия, развиты сеть транспорта и энергетика. Климатические условия способствуют образованию гололеда в разные сезоны. Таким образом, оценка влияния гололеда на экономику и хозяйство, на условия жизни людей и состояние природной среды востребована в различных сферах человеческой деятельности СЗФО, в том числе на фоне происходящих изменений климата. Это может способствовать минимизации ущерба от гололеда и оптимизации дальнейшего развития различных отраслей человеческой деятельности с учетом локальных особенностей.

Цель данной работы — анализ региональных особенностей сезонных изменений повторяемости явления гололеда и ее многолетние тренды на фоне изменения современного климата на севере европейской территории России (Северо-Западный федеральный округ).

Материалы и методы исследований

Анализ проводился для Северо-Западного федерального округа для периода с 1986 по 2022 г. Изучаемый регион расположен в двух климатических поясах [7]: субарктический (атлантическая область), умеренный (атлантико-арктическая область, а также северная часть атлантико-континентальной европейской области). С точки зрения крупномасштабной атмосферной циркуляции здесь преобладает западный и юго-западный перенос, особенно в холодный период. Выход циклонов нередко сопровождается усилением меридиональных процессов и адвекцией воздушных масс из северных или южных широт (волны холода, волны тепла). Наибольшее количество осадков выпадает на атмосферных фронтах и в теплом секторе циклона. Протяженность СЗФО с запада на восток (без учета Калининградской области) составляет более 35 градусов долготы, приводя к постепенному усилению континентальности климата по мере продвижения в глубь материка и уменьшению влагосодержания воздушных масс. Положение северных и южных районов СЗФО различается более чем на 10 градусов широты, что приводит к существенным различиям радиационного баланса и термического режима в северной и южной частях региона. Зимой отепляющее влияние атлантического воздуха приводит к тому, что уменьшение температуры происходит с запада на восток. Летом изотермы располагаются квазиширотно, температура растет с севера на юг. Дополняют эти факторы формирования климата территории наличие крупных водоемов суши и степень удаленности от Атлантического и Северного Ледовитого океанов, что влияет на абсолютное и относительное влагосодержание воздуха. Еще более усложняет пространственные климатические особенности наличие неоднородного рельефа. Долины многих, особенно крупных рек вытянуты в субмеридиональном направлении с юга на север, в этом же направлении постепенно понижается рельеф в целом. На локальные черты климата в разных районах СЗФО влияет наличие возвышенностей со средними высотами 150–300 м, многие из которых также вытянуты с юга на север на пространстве

междуречий. С учетом преобладающих направлений общего переноса воздушных масс, на обращенных к западу и юго-западу склонах возвышенностей количество осадков больше, чем на восточных. Кроме того, перетекание воздушных масс даже над такими небольшими поднятиями способствует изменению температуры и влажности воздуха и увеличению пестроты их пространственного распределения.

В работе использованы данные наблюдений на 57 метеорологических станциях Росгидромета на территории СЗФО за период с 1986 по 2022 г. (Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620081), которые перед размещением в общем архиве данных проходят предварительный контроль качества [12]. Была сделана выборка данных наблюдений за атмосферными явлениями, в частности за гололедом (шифр 12 «Гололед» в массиве данных об атмосферных явлениях) и явлениями, благоприятствующими формированию гололеда согласно шифрам: 24 — морось или дождь с образованием гололеда; 56 — морось слабая, образующая гололед; 57 — морось умеренная и сильная, образующая гололед; 66 — дождь слабый, образующий гололед; 67 — дождь умеренный или сильный, образующий гололед^{2,3}. Периодичность наблюдений составляет 3 часа. На сервере Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации — Мирового центра данных (ВНИИГМИ-МЦД) доступ к массиву данных, выборка данных по интересующим пользователя станциям, их просмотр и копирование обеспечиваются специализированной технологией Аисори⁴.

Расчет средних многолетних значений выполнялся для последних 37 лет, когда ряды наблюдений по всем станциям имеют одинаковую продолжительность. Расположение станций показано на рис. 1. Выбранные станции распределены по территории относительно равномерно с незначительным сгущением плотности расположения в западных субъектах СЗФО (Калининградская, Ленинградская, Псковская области и Республика Карелия). Метеорологические станции, расположенные на островах Баренцева и Белого морей, не включены в рассмотрение. Островной микроклимат в значительной мере отличается от континентального, поэтому требует дополнительного анализа для определения метеорологических условий, благоприятных для формирования гололедных отложений.

Для характеристики тенденции изменения повторяемости случаев гололеда за год использованы коэффициенты линейного тренда, рассчитанные по данным каждой метеорологической станции за период 1986–2022 гг., когда фиксировалось явление гололеда. Коэффициент линейного тренда был получен с помощью метода наименьших квадратов. Значимость оценивалась с помощью критерия Стьюдента. Коэффициенты линейного тренда рассматривались для тех случаев, где коэффициенты статистически значимы на 5%-ном уровне. Общий тренд повторяемости дней с гололедом для всей территории СЗФО был рассчитан по средним значениям всех станций округа.

² Булыгина О.Н., Веселов В.М., Разуваев В.Н., Александрова Т.М. Описание массива срочных данных об основных метеорологических параметрах на станциях России. URL: <http://meteo.ru/data/163-basic-parameters#описание-массива-данных> (дата обращения: 15.11.2023).

³ Булыгина О.Н., Веселов В.М., Александрова Т.М., Коршунова Н.Н. Описание массива данных по атмосферным явлениям на метеорологических станциях России. Обнинск. ВНИИГМИ-МЦД. URL: <http://meteo.ru/data/345-atmosfernye-yavleniya-sroki#http://meteo.ru/data/163-basic-parameters#описание-массива-данных> (дата обращения: 15.11.2023).

⁴ Технологии Аисори. URL: <http://meteo.ru/it/178-aisori> (дата обращения: 15.11.2023).

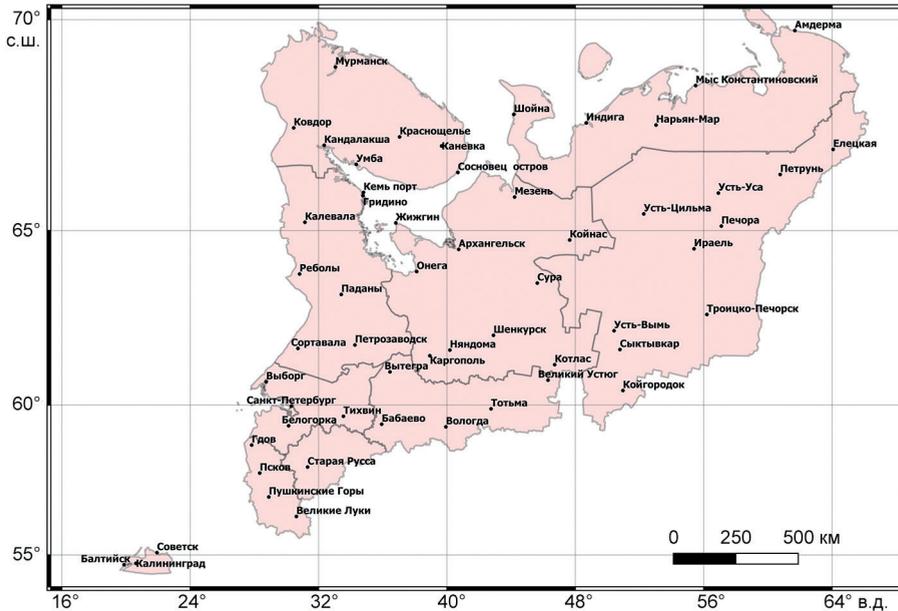


Рис. 1. Расположение станций, данные которых были использованы для анализа распространения гололеда за период 1986–2022 гг.

Fig. 1. Stations whose data were used to study glaze ice over the period 1986–2022

Результаты исследования и обсуждение

С точки зрения формирования гололеда регион СЗФО интересен тем, что сезонный ход температуры, количества атмосферных осадков и влажности воздуха очень различен по территории. Это определяется большой протяженностью округа с севера на юг и с запада на восток и разнообразным рельефом.

Для каждой исследуемой станции был рассчитан средний многолетний сезонный ход повторяемости гололеда по месяцам. Примеры, отражающие эти изменения, представлены на рис. 2 для ряда типичных станций в различных районах СЗФО. При анализе особенностей годового хода гололедных явлений они дополнительно сопоставлялись со средними многолетними месячными значениями температуры и суммы осадков для каждой станции, чтобы сравнить месяцы перехода температуры через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ и годовой ход осадков. Результаты показали, что при переходе средней месячной температуры воздуха через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ весной и осенью частота формирования гололеда определяется количеством осадков и числом дней с осадками, а также влажностью воздуха. Увеличение скорости ветра также способствует образованию гололеда.

Отметим, что в целом для большей части станций отмечается летний минимум повторяемости явлений гололеда или же полное отсутствие явления в теплый сезон, что естественно при положительной летней температуре, особенно в южных районах. Наибольшая повторяемость гололеда происходит в зимний и переходные сезоны. Особенно часто это может происходить при адвекции южных воздушных масс в теплых секторах циклонов. В прибрежных регионах Баренцева моря значительное влияние оказывают теплые течения. При переходе в район влияния Карского

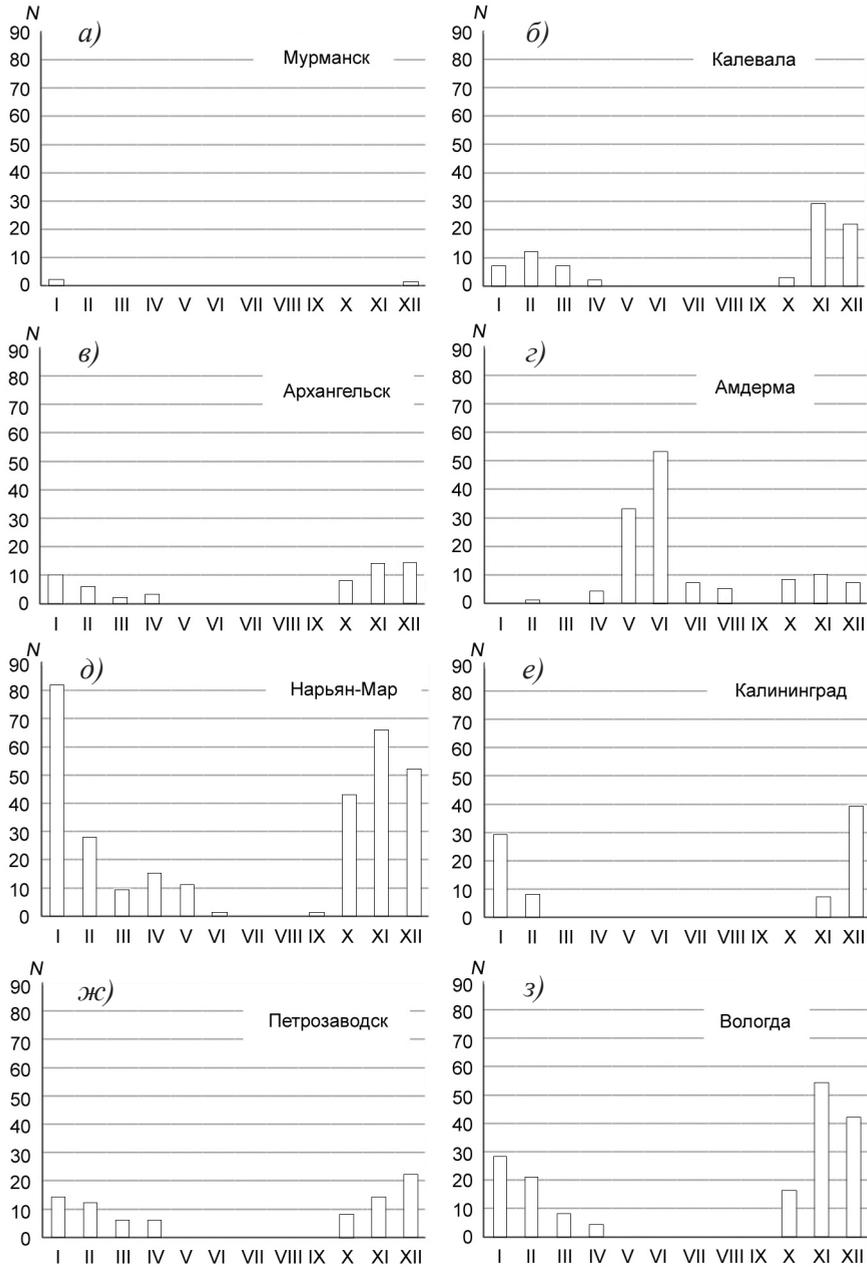


Рис. 2. Повторяемость метеорологических явлений, приводящих к образованию гололеда.

По оси ординат представлено общее количество метеорологических явлений в срочные часы наблюдений, приводящих к образованию гололедных отложений, за период 1986–2022 гг.

Fig. 2. Recurrence of meteorological phenomena leading to the formation of ice.

The ordinate axis represents the total number of meteorological phenomena in urgent observation hours leading to the formation of ice deposits, for the period 1986–2022

моря быстро нарастает континентальность климата с очень холодной продолжительной зимой и коротким холодным летом. Этому способствует также охлаждающее влияние морских льдов, которые в зимнее время занимают практически всю акваторию Карского моря. В качестве примера приведены результаты по ст. Амдерма (рис. 2з), кардинально отличающейся по сезонному ходу повторяемости гололеда. Здесь наибольшее число метеорологических явлений, приводящих к образованию гололеда, в среднем отмечается в летний период с максимумом в июне, когда температура воздуха переходит через 0°C , но часты возвраты холодов. Лето короткое и холодное, но сочетание температуры и осадков при летних похолоданиях может быть благоприятно для формирования гололеда. Яркие примеры таких летних условий отмечались в 1972 и 1987 гг., когда в июне среднемесячная температура воздуха была отрицательной (до -4°C и ниже), в то время как средняя температура июля в Амдерме $8,0^{\circ}\text{C}$, средний минимум средней месячной температуры июля $4,7^{\circ}\text{C}$, абсолютный минимум $-4,4^{\circ}$ (1972 г.). Зима суровая, теплые вторжения в это время редки, поэтому вероятность выпадения осадков в жидком виде маловероятна. Зимние атлантические циклоны в этот район приходят реже, осадков выпадает примерно в два раза меньше, чем в летний период.

На большинстве остальных станций максимум повторяемости гололеда приходится на холодный период и переходные сезоны, различаясь лишь абсолютными значениями с учетом количества осадков и влагосодержания воздуха. С учетом температурного режима, продолжительности теплого и переходного сезонов период без гололеда составляет в основном от 3 до 5 месяцев. В западной части региона и для значительной части прибрежных станций, где климат более мягкий, в переходные сезоны года земная поверхность не переохлаждена до такой степени, чтобы выпадающие осадки в жидком виде быстро охлаждались и приводили к гололедным отложениям. Там меньше общее количество случаев гололеда за год.

Из данных наблюдений следует, что для запада и центра территории СЗФО характерно общее увеличение повторяемости гололеда с запада на восток (рис. 3а), что связано с увеличением континентальности климата и понижением температуры при достаточном количестве осадков и влажности воздуха. Далее, с увеличением континентальности в восточной части региона количество осадков и влажность воздуха уменьшаются, поэтому повторяемость гололеда снижается. Таким образом, наибольшие значения в среднем наблюдаются в центральной части СЗФО в зоне $40\text{--}50^{\circ}$ в. д. Исключения составляют отдельные станции, где местные условия и расположение станций способствуют увеличению числа случаев с гололедом. Такими факторами могут быть возвышенности на ЕТР, где на наветренных склонах выпадает больше осадков, а выхолаживание при подъеме создает благоприятный для образования гололеда фон.

Еще одним существенным фактором является выход атлантических и южных циклонов, которые постепенно смещаются на север. Таким образом, северные территории ЕТР оказываются под влиянием атмосферных фронтов и теплых секторов циклонов, где достаточное количество осадков и адвекция в северные широты относительно теплого воздуха создают благоприятные условия для образования гололеда. Особенно ярко это проявляется в холодный период.

На рис. 3б показаны коэффициенты линейного тренда числа дней с гололедом за исследуемый период для каждой станции. Отрицательные значения коэффициента невелики. Наиболее заметна тенденция увеличения повторяемости в центральной части

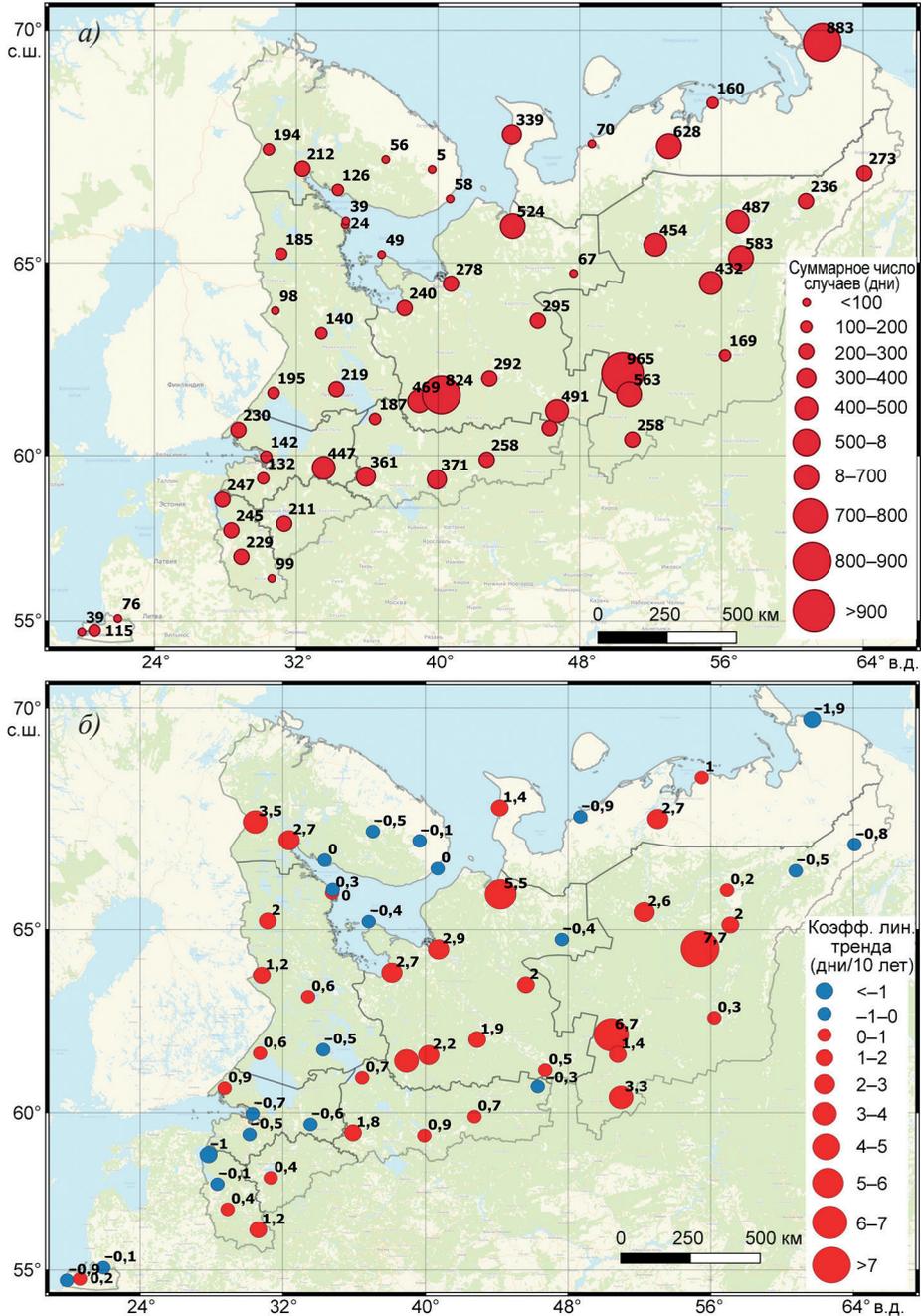


Рис. 3. Общее число срочных наблюдений (1986–2022гг.), во время которых на метеорологических станциях наблюдались гололедные отложения, на территории СЗФО

Fig. 3. Total number of urgent observations (1986–2022), in the course of which ice deposits were observed at the meteorological stations, in the territory of the Northwestern Federal District

СЗФО. Это может быть связано с циркуляционным фактором, в частности с ростом повторяемости выхода циклонов умеренных широт на север и влиянием их теплых секторов и осадков атмосферных фронтов на фоне слабоотрицательной температуры, способствующих увеличению числа случаев гололеда. С прохождением циклонов также связано усиление ветра, способствующего еще более активному нарастанию гололеда.

Рост температуры и количества осадков в СЗФО отмечается и в Третьем оценочном докладе об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации [13]. Это согласуется с общей тенденцией роста повторяемости гололеда, полученной в данной работе (рис. 3б).

Таким образом, совместное влияние циркуляционного и физико-географического факторов на фоне потепления и увеличения количества осадков формирует неоднородную в пространстве картину повторяемости гололеда в СЗФО.

В течение года изменение повторяемости гололедных отложений в разные сезоны может проявляться по-разному, необходимо анализировать каждый месяц отдельно. Как показали наши расчеты, в период с февраля по март наблюдается наибольшая скорость увеличения повторяемости гололедных отложений. Распределение максимальных значений тренда повторяемости случаев для исследуемой территории за февраль в наибольшей степени совпадает с годовым трендом. Можно предположить, что именно изменение метеорологических условий в феврале вносит весомый вклад в изменение общего числа случаев с гололедом в течение года.

Получено, что в июне для большей части исследуемой территории, за исключением восточных районов Республики Коми, наблюдается уменьшение числа срочных наблюдений, во время которых были зафиксированы гололедные отложения. Наибольшая скорость многолетнего убывания таких случаев наблюдается в Амдерме (рис. 3). Это может быть связано с повышением летней температуры воздуха.

В прибрежных районах Мурманской и Архангельской областей с июля по сентябрь изменения незначительны и в большинстве случаев отсутствовали. Это объясняется тем, что в теплый период года для этих районов не характерно образование гололедных отложений.

Показано, что наибольшие изменения повторяемости срочных наблюдений, во время которых были зафиксированы гололедные отложения, проявляются в переходные сезоны года. В весенний период на большей части исследуемой территории происходит увеличение повторяемости таких наблюдений, а в осенний распределение случаев носит более сложный характер: неоднородное распределение по изучаемой области.

Общая направленность трендов такова, что там, где были максимумы повторяемости гололеда, их число еще более возросло за 1986–2022 гг. На территориях, где случаи гололеда в среднем происходили реже, их число на протяжении 37 лет уменьшалось.

Многолетние изменения числа дней с гололедом в СЗФО имеют общую тенденцию к увеличению, они были рассчитаны для каждой метеорологической станции. Средние для СЗФО ежегодные значения представлены на рис. 4. Как видно из полученных результатов, несмотря на заметный межгодовой разброс, тренд в целом положительный, а дисперсия временного ряда сохраняется. Среднее квадратическое отклонение, характеризующее пространственный разброс данных в пределах территории, составляет в среднем 7,8 дней в году (максимальный разброс 4,3 дней в году, максимальный — 12,4 дней в году).

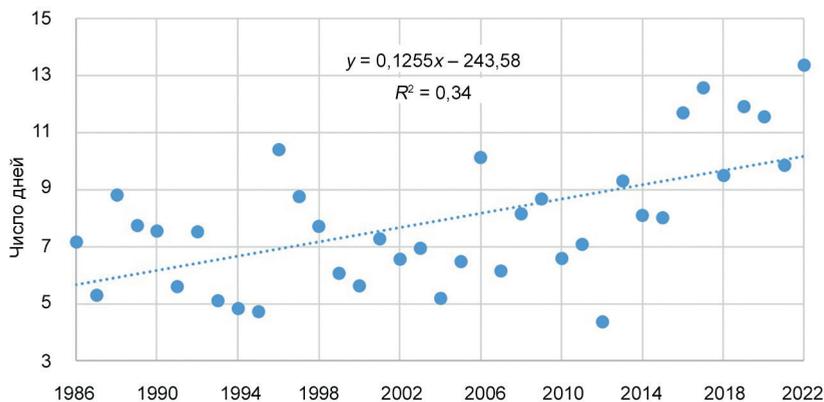


Рис. 4. Число дней с гололедом за год, 1986–2022 гг.

Fig. 4. Number of days with glaze ice per year, 1986–2022

Выводы

– Повторяемость гололедных отложений в течение года имеет неоднородное распределение по пространству СЗФО. Наибольшие значения характерны для центральной части округа, что может быть связано с оптимальным сочетанием температуры и влажности воздуха, количества осадков, поскольку в западной части продолжительность теплого сезона дольше, а в холодной восточной части по мере удаления от океана уменьшается влагосодержание воздуха.

– Сезонный максимум повторяемости гололедных отложений на большей части округа отмечается в холодный период и переходные сезоны, но в северо-восточной части наблюдается в летний сезон, что связано с малой продолжительностью теплого периода и его низкой температурой. Увеличение частоты явления гололеда в центре СЗФО может быть следствием влияния теплых секторов и осадков на атмосферных фронтах западных и южных циклонов, постепенно поворачивающих к северу.

– Тренд повторяемости гололедных отложений за период 1986–2022 гг. на территории СЗФО распределен по пространству неоднородно: в основном наибольшие значения коэффициента линейного тренда располагаются в тех же районах, где отмечаются наибольшие значения повторяемости в современном климате. Расчеты многолетних трендов для каждого месяца года показали, что они наиболее выражены в феврале и вносят наиболее весомый вклад в изменение годовой суммы повторяемости гололеда по сравнению с другими месяцами.

Конфликт интересов. Отсутствует.

Финансирование. Работа выполнена при поддержке Программы развития МГУ, проект № 23–Ш07–33.

Competing interests. None.

Funding. This work was done with the support of MSU Program of Development, Project No 23-SCH07-33.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. *Российский гидрометеорологический энциклопедический словарь* / Под ред. А.А. Бедрицкого. СПб.; М.: Летний сад; 2008. Т. 1: А–И. 336 с.
2. *Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 3. Часть I. Метеорологические наблюдения на станциях.* Л.: Гидрометеониздат; 1985. 300 с.

3. Акимов В.А., Бедило М.В., Сушков С.П. Опасные метеорологические явления и процессы как источники чрезвычайных ситуаций природного характера: вербальная. *Технологии гражданской безопасности*. 2021;4(70):14–18. <https://doi.org/10.54234/CST.19968493.2021.18.4.70.3.14>
Akimov V.A., Bedilo M.V., Sushchev S.P. Hazardous meteorological phenomena and processes as sources of natural emergencies: verbal. *Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti = Civil Security Technologies*. 2021;4(70):14–18. (In Russ.). <https://doi.org/10.54234/CST.19968493.2021.18.4.70.3.14>
4. *Экология. Экономика. Информатика. Геоинформационные технологии и космический мониторинг*. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН; 2016. Т. 2 (1). 348 с.
5. Рубинштейн К. Г., Игнатов Р. Ю., Юсупов Ю. И., Титов Д. Е. Использование тепло-балансного метода для прогнозирования гололедно-изморозевых отложений на проводах воздушных линий электропередачи. *Энергия единой сети*. 2018;(2): 42–50.
Rubinshtein K. G., Ignatov R. Yu., Iusupov Yu. I., Titov D. E. Use of heat-balance method for forecasting ice and frost deposits on wires of overhead power lines. *Energia edinoj seti = Energy of the Unified Network*. 2018;(2):42–50. (In Russ.)
6. *Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2022 год*. М.: Росгидромет; 2023. 104 с.
7. Алисов Б.П. *Климат СССР*. М.: Московский университет; 1956. 127 с.
8. Аржанова Н.М., Коршунова Н.Н. Характеристики гололедно-изморозевых явлений на территории России в условиях современных изменений климата. *Труды Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации — Мирового центра данных*. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»; 2021. 184: 33–44.
9. Аржанова Н.М., Коршунова Н.Н. Оценка многолетних изменений характеристик гололедно-изморозевых отложений на территории России. *Труды Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации — Мирового центра данных*. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»; 2021. 188: 18–29.
10. Groisman P. Y., Bulygina O.N., Yin X., Vose R., Gulev S.K., Hanssen-Bauer I., Førland E. Recent changes in the frequency of freezing precipitation in North America and Northern Eurasia. *Environmental Research Letters*. 2016;11(4):045007. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/4/045007>
11. Bulygina O.N., Arzhanova N.M., Groisman P.Y. Icing conditions over Northern Eurasia in changing climate. *Environmental research letters*. 2015;10(2):025003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/2/025003>
12. Веселов В.М. Архивы Госфонда на ПЭВМ и технология их организации. *Труды ВНИИГМИ-МЦД*. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»; 2002. 170: 16–30.
13. *Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации*. Под ред. В. М. Катцова. СПб.: Наукоемкие технологии; 2022. 676 с.