



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра экспериментальной физики атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: «Динамика наступления первых заморозков в Новосибирске»

Исполнитель Шайдуллина Анастасия Сергеевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Сероухова Ольга Станиславовна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Восканян Карина Левановна
(фамилия, имя, отчество)

«12» июня 2026 года

Санкт-Петербург
2026

Содержание

Введение.....	3
1. Заморозки и их типы.....	5
1.1 Влияние заморозков.....	6
1.2 Климат Новосибирска и Новосибирской области.....	8
1.3 Технические средства для определения момента наступления заморозков	9
2. Методика сбора и обработки архивных данных о температурном режиме для оценки условий возникновения заморозков.....	12
2.1 Обоснование выбора источника метеорологических данных и его функциональные возможности.....	12
2.2 Создание архива данных о минимальной, максимальной, средней температуры для метеостанций Новосибирск и Тогучин.....	13
2.3 Алгоритм для анализа данных.....	14
3. Исследование динамики наступления первых заморозков	16
3.1 Исследование даты наступления и продолжительности первых заморозков в Новосибирске.	17
3.1.1 Постановка задачи и описание исходных данных.....	19
3.1.2 Анализ динамики наступления первых заморозков.....	19
3.1.3 Статистический анализ выборки (оптимальная статистика).....	21
3.1.4 Оценка временной тенденции (анализ тренда).....	22
3.1.5 Распределение частоты наступления первых заморозков	24
3.2 Исследование даты наступления и продолжительности первых заморозков на метеостанции Тогучин	28
3.2.1 Постановка задачи и описание исходных данных.....	28
3.2.2 Анализ динамики наступления первых заморозков.....	29
3.2.3 Статистический анализ выборки (оптимальная статистика).....	31
3.2.4 Оценка временной тенденции (анализ тренда).....	33

3.2.5 Распределение частоты наступления первых заморозков	36
Заключение	41
Список использованных источников	44

ВВЕДЕНИЕ

Заморозки относятся к числу опасных метеорологических явлений, поскольку их интенсивность, продолжительность и время возникновения могут создавать угрозу для природных и хозяйственных систем, а также приводить к значительному ущербу. В официальных критериях опасных явлений погоды заморозки определяются как «понижение температуры воздуха и/или поверхности почвы до значений ниже 0 °С на фоне положительных средних суточных температур в периоды активной вегетации сельскохозяйственных культур или уборки урожая, что может вызывать повреждение растений и частичную либо полную гибель урожая» [1]. Таким образом, заморозки следует рассматривать не только как кратковременное понижение температуры, но и как явление, обладающее выраженным негативным агрометеорологическим эффектом.

Актуальность темы заморозков остается одной из острых по сей день, поскольку оказывает прямое воздействие на многие отрасли и подвергает опасности здоровье человека. Несмотря на развитие технологий прогнозирования и защиты, заморозки по-прежнему наносят огромный ущерб и требуют постоянного внимания. Наступление заморозков важно для многих отраслей хозяйственной деятельности:

- коммунальное хозяйство;
- дорожные службы;
- транспорт;
- сельское хозяйство;
- авиация;
- строительство;

В следующих главах мы рассмотрим отрасли более подробно.

Цель работы заключается в исследовании временной изменчивости наступления первых осенних заморозков в Новосибирске и Новосибирской области за многолетний период. В рамках исследования рассматриваются даты наступления заморозков и их изменения с годами.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать данные о максимальной, минимальной и средней температуре на станции Новосибирск за период 2004-2024гг. и на станции Тогучин за период 1973-2024гг..

2. Выявить тенденции временной изменчивости сроков наступления заморозков за исследуемый период.

Объектом исследования являются заморозки как опасное явление погоды. Предмет исследования – хронология, интенсивность заморозков в августе, сентябре и октябре на территории Новосибирской области.

Выполненная работа состоит из введения, 3 глав и заключения. Текст содержит 11 рисунков, 3 таблицы. Список использованных источников содержит 7 источников.

1. ЗАМОРОЗКИ И ИХ ТИПЫ

Заморозки – понижение температуры воздуха (или почвы) ниже 0 °С в вегетационный период (после перехода среднемесячной температуры через 10 °С весной и до перехода через 10 °С осенью).

Ключевая особенность заморозков заключается в том, что они наблюдаются в переходные сезоны (весной и осенью), когда дневная температура еще держится выше нуля, а ночью происходит резкое похолодание. Заморозки могут фиксироваться как в воздухе (на высоте 2 м), так и исключительно на поверхности почвы, когда температура воздуха при этом остается положительной.

В зависимости от причин возникновения выделяют три типа заморозков: адвективные (вызванные перемещением холодных воздушных масс), радиационные (обусловленные ночным охлаждением земной поверхности) и смешанные адвективно-радиационные.

Таблица 1 – Типы заморозков, возникновение, характеристика, продолжительность.

Тип заморозков	Механизм возникновения	Характеристика	Продолжительность
Адвективные	Связаны с движением (адвекцией) холодных воздушных масс.	Возникают при вторжении холодного воздуха, часто с северо-востока, севера или северо-запада. Занимают большие территории.	Несколько суток подряд (обычно 1-4 дня).
Радиационные	Обусловлены ночным	Возникают в ясные тихие ночи, когда	В течение всей ночи (5-

	выхолаживанием (излучением) поверхности почвы.	почва теряет тепло. Носят локальный характер, особенно выражены в низинах и котловинах.	12 часов). В ясную погоду могут повторяться каждую ночь.
Адвективно- радиационные (смешанные)	Сочетание притока холодного воздуха и последующего ночного выхолаживания.	Холодные массы вторгаются, а при прояснении ночью происходит дополнительное выхолаживание, что усиливает заморозок.	Ограничена ночными часами (обычно 3-4 часа в течение 1-2 ночей) [2].

Заморозки относятся к опасным метеорологическим явлениям, так как их внезапное наступление способно нанести серьезный ущерб различным отраслям хозяйственной деятельности и создать угрозу для здоровья и жизни людей. Особенно коварны первые сезонные заморозки, когда отрасли экономики еще не успели перестроиться на «зимний режим».

1.1 Влияние заморозков

Влияние заморозков на различные отрасли:

1. Коммунальное хозяйство. При наступлении заморозков становится проблема замерзания воды в трубах. Коммунальные службы вынуждены в экстренном порядке переходить на усиленный режим работы, обрабатывая проезжую часть и тротуары противогололедными реагентами. При резком похолодании вода в системах водоснабжения и канализации может замерзнуть, что приводит к разрыву труб и авариям.

2. Дорожные службы. Заморозки напрямую связаны с образованием гололеда на дорожном покрытии, который возникает из-за замерзания талого снега или дождя. Дорожные службы обязаны оперативно реагировать на изменение погодных условий: проводить профилактическую обработку мостов, путепроводов, набережных и опасных участков дорог специальными реагентами. В противном случае резко возрастает риск аварий.

3. Транспорт. Для автомобильного транспорта первые заморозки представляют серьезную опасность по нескольким причинам:

- летняя резина. При снижении температуры до $+5 \dots +7^{\circ}\text{C}$ летние шины начинают терять эластичность, становятся жесткими, что ухудшает сцепление с дорогой и увеличивает тормозной путь на 20 – 30% [3];

- рост аварийности. Статистика Госавтоинспекции показывает, что в период первых заморозков и снегопадов количество ДТП увеличивается на 30 – 40% [3];

4. Сельское хозяйство. Сельское хозяйство – самая чувствительная к заморозкам отрасль. Весенние и осенние заморозки способны уничтожить значительную часть урожая:

- весенние заморозки (поздние весенние), это кратковременное понижение температуры воздуха или поверхности почвы до 0°C и ниже, наблюдаемое после перехода среднесуточной температуры воздуха через отметку 0°C в сторону тепла, в период активного возобновления вегетации растений. Они представляют наибольшую опасность для цветущих садов и только что появившихся всходов яровых культур, так как повреждают генеративные органы растений;

- осенние заморозки (ранние осенние), это понижение температуры до 0°C и ниже, происходящее в вегетационный период при сохранении положительных среднесуточных температур, перед наступлением устойчивого похолодания (перед зимой). Они опасны для еще не убранных теплолюбивых и позднеспелых культур, а также для созревающих плодов, сокращая вегетационный период.

Агрономы учитывают риск заморозков при планировании посевной и уборочной кампаний, а также применяют методы защиты растений (дымление, дождевание, укрывной материал).

5. Авиация. Заморозки вызывают обледенение взлетно-посадочных полос (ВПП) и элементов конструкции самолетов, что требует оперативной обработки реагентами для обеспечения безопасности полетов. Для борьбы с гололедом на аэродромах используются специальные противогололедные реагенты, аналогичные тем, что применяются на автодорогах, но с учетом требований безопасности для авиатехники.

6. Строительство. Отрицательные температуры влияют на технологические процессы, такие как застывание бетона, требуя использования противоморозных добавок или подогрева.

В целом, знание времени наступления и интенсивности заморозков критически важно для всех перечисленных отраслей, позволяя своевременно принять меры профилактики и минимизировать потенциальный ущерб.

1.2 Климат Новосибирска и Новосибирской области

В условиях резко континентального климата Новосибирской области такое явление, как ранние осенние заморозки, представляет собой одну из главных угроз для сельскохозяйственных культур, особенно в период завершения вегетации и уборки урожая.

Согласно климатическим нормам, заморозки на почве в регионе начинаются уже во второй половине сентября. Средняя дата первого осеннего заморозка в воздухе в Новосибирске приходится на 22 сентября, однако в отдельные годы они могут наблюдаться значительно раньше, уже в конце августа, или позже – в первой декаде октября. Продолжительность безморозного периода в среднем составляет около 120 дней, но эта величина подвержена

значительным колебаниям – от 91 до 157 дней в разные годы, что создает высокую неопределенность для аграриев [4].

Осенние заморозки имеют свой характер и последствия для агропромышленного комплекса региона.

Заморозки в августе, хотя и случаются реже, представляют большую опасность, так как могут застать врасплох в разгар уборочной страды. По данным Западно-Сибирского гидрометцентра, в конце третьей декады августа в отдельных районах области вероятны похолодания до $0 \dots -2^{\circ}\text{C}$.

Заморозки в сентябре являются наиболее частым явлением. Когда они ожидаются, для садоводов и огородников это означает срочную уборку теплолюбивых культур (томатов, перцев, баклажанов), которые особенно уязвимы при понижении температуры. Некоторые культуры, такие как капуста, горох, способны выдерживать кратковременные заморозки до -5°C , что делает их уборку более гибкой по срокам.

Заморозки в октябре – завершение аграрного сезона. В этом месяце ночные температуры стабильно уходят в минус, что требует завершения всех полевых работ до наступления устойчивых холодов. Корнеплоды (морковь, свекла) необходимо убрать до того момента, как температура опустится ниже -3°C , иначе они потеряют лежкость.

1.3 Технические средства для определения момента наступления заморозков

Для точного определения момента наступления заморозков станции Новосибирск и Тогучин оснащены Автоматизированными метеорологическими комплексами (АМК) и идентичными гидрометеорологическими приборами. Однако их целевое назначение и физико-географические условия работы существенно различаются, что напрямую влияет на специфику фиксации метеорологических параметров.

Физико-географические и функциональные различия:

1. Метеостанция Новосибирск (индекс ВМО 29634) является крупным аэрологическим центром и реперной климатической станцией. Она расположена на территории в долине реки Обь. Из-за выраженного эффекта «острова тепла», создаваемого городом, заморозки здесь обычно наступают позже и чаще носят адвективный характер, то есть приходят вместе с крупными холодными воздушными массами.

Эффект острова тепла (urban heat island – UHI) заключается в формировании тепловой аномалии внутри городской агломерации в сравнении с окружающей её внегородскими территориями [5].

2. Метеостанция Тогучин (индекс ВМО 29636) также имеет статус реперной климатической, но обладает ярко выраженной агрометеорологической направленностью. Она находится на востоке Новосибирской области, в условиях холмистого рельефа предгорий и окружена открытыми агроценозами. В этой локации заморозки наступают значительно раньше, длятся дольше и носят преимущественно радиационный характер, когда в ночные часы происходит интенсивное выхолаживание подстилающей поверхности, а холодный воздух застаивается в низинах.

Специфика работы измерительных приборов:

На обеих станциях основу мониторинга составляют платиновые термометры сопротивления в составе АМК, которые фиксируют точный момент перехода температуры через 0°C. Однако интерпретация данных имеет свои особенности.

На станции Тогучин первостепенную роль играет датчик температуры на поверхности почвы и травостоя. Из-за рельефа радиационный заморозок у земли здесь может начаться и быть зафиксирован датчиком при температуре воздуха на высоте 2 метров порядка +3 ... +4°C. В Новосибирске из-за городского перемешивания воздуха разница между приземным слоем и двухметровой высотой сглажена, поэтому показания датчиков АМК более однородны.

Различается и состав классического оборудования, используемого для верификации автоматики. В Новосибирске развернут базовый комплекс вытяжных и коленчатых термометров. В Тогучине же, как на агрометеостанции, применяется расширенная группа приборов, включая термометры Савинова, которые глубоко контролируют температурный слой на глубинах от 5 до 20 см. Это необходимо для оценки того, сопровождается ли поверхностный заморозок промерзанием почвы, критическим для корневой системы сельхозкультур. Горизонтальные спиртовые минимальные термометры на обеих станциях выступают в качестве эталонов, фиксирующих абсолютную точку ночного выхолаживания, но в Тогучине они значительно чаще регистрируют более глубокие отрицательные значения.

2. МЕТОДИКА СБОРА И ОБРАБОТКИ АРХИВНЫХ ДАННЫХ О ТЕМПЕРАТУРНОМ РЕЖИМЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЗАМОРОЗКОВ

2.1 Обоснование выбора источника метеорологических данных и его функциональные возможности

Для проведения ретроспективного анализа дат наступления первых осенних заморозков на территории Новосибирска и Новосибирской области за максимально возможный период наблюдений принципиальное значение имеет выбор источника первичных метеорологических данных. В рамках работы в качестве основного источника был выбран специализированный интернет-ресурс «Погодные сервисы» [6], доступный по адресу <https://pogoda-service.ru>. Данный сайт предоставляет структурированный архив погоды начиная с 1929 года, что позволяет охватить временной интервал продолжительностью более девяноста лет.

В отличие от многих других аналогичных ресурсов, например gr5.ru или ogimet.com, которые содержат данные преимущественно с начала 2000-х годов, «Погодные сервисы» обеспечивают доступ к наблюдениям практически за весь период инструментальных метеорологических измерений на постсоветском пространстве. Кроме того, сайт поддерживает поиск метеостанций по их международным кодам WMO.

Для каждого дня архив содержит значения максимальной, минимальной и среднесуточной температуры воздуха, что полностью соответствует задачам исследования, так как именно эти три параметра позволяют комплексно оценивать условия возникновения заморозков. $T_{\min}$ (минимальная) выступает прямым индикатором перехода температуры через ноль градусов, $T_{\max}$ (максимальная) характеризует интенсивность дневного прогрева и возможность

оттепелей, а T_{avg} (средняя) даёт представление об общем тепловом режиме месяца и устойчивости отрицательных температур.

2.2 Создание архива данных о минимальной, максимальной, средней температуры для метеостанций Новосибирск и Тогучин

Процесс сбора данных с сайта pogoda-service.ru был организован в виде последовательных шагов, единообразно применяемой для метеостанций. На первом этапе на компьютере были созданы отдельные документы (блокнот) для хранения информации станций. Затем осуществлялся переход на главную страницу сайта и выбор раздела «Архив погоды», после чего в соответствующие поля формы вводились параметры запроса. Для станции указывался ее идентификатор [Рисунок 1], взятый с сайта <https://meteo-otgw.ru/meteobooks/Список%20метеостанций%20РФ.pdf>.

29634	Новосибирск город	55,1	82,9	176	Российская Федерация
29636	Тогучин	55,2	84,4	173	Российская Федерация

Рисунок 1 – Идентификаторы станций и координаты

Временной интервал задавался с 1 августа 1929 года по 31 октября 2025 года, чтобы охватить все доступные данные за август, сентябрь и октябрь - месяцы, критически важные для анализа первых осенних заморозков. Из набора метеорологических параметров отмечались только поля с минимальной, максимальной и среднесуточной температурой, тогда как данные о давлении, ветре и осадках отключались для ускорения загрузки. После выполнения запроса сайт формировал HTML-таблицу с результатами, которую необходимо было скопировать в буфер обмена и вставить в предварительно подготовленный файл электронной таблицы (формат Microsoft Excel).

При работе с длинными временными рядами, охватывающими период с 1929 года, неизбежно возникают пропуски в данных, обусловленные различными причинами – от перерывов в работе метеостанции до утраты части архивных записей. Особенно много таких пропусков приходится на годы Великой Отечественной войны, когда многие станции временно прекращали наблюдения, а также на первые десятилетия существования сети, когда технические средства регистрации были несовершенны.

Некоторые данные отсутствовали несколько лет, поэтому было принято решение пропустить их, не используя. Так же был выждан момент, когда они начнут идти последовательно и без пропусков в несколько лет. Годы, взятые для станций:

1. Новосибирск (2004-2024 год).
2. Тогучин (1973-2024 год).

2.3 Алгоритм для анализа данных

После создания архива [Рисунок 2], [Рисунок 3] и проверки данных на пропуски производились расчеты даты наступления и продолжительности заморозков для этой цели была использована программа, реализованная в виде макроса, написанного на языке Visual Basic в табличном процессоре Excel.

	A	B	C	D	E	F
1	НОВОСИБИРСК					
2	Дата	Макс	Мин	Сред	Осад.мм	
3	01.08.2004	24,4	15,5	18,6	0	1
4	02.08.2004	24,4	15,5	18,6	0	2
5	03.08.2004	24,4	15,5	18,6	0	3
6	04.08.2004	22,4	15,3	18,3	15	4
7	05.08.2004	19	13,5	16,2	8	5
8	06.08.2004	23	10,6	15,8	3	6
9	07.08.2004	14	9,9	11,3	8	7
10	08.08.2004	12,7	9,4	10,8	8	8
11	09.08.2004	17,5	7,7	13,3	7	9
12	10.08.2004	21,8	10	17,8	0	10
13	11.08.2004	16,8	7,7	12,8	0	11
14	12.08.2004	20,6	6,2	14,7	0	12
15	13.08.2004	27,7	11,4	21,3	0	13
16	14.08.2004	29,1	14,6	23,1	0	14
17	15.08.2004	28,6	12,2	20,8	0	15
18	16.08.2004	22,5	9,6	16,4	0	16
19	17.08.2004	26,2	8,4	19,5	0	17
20	18.08.2004	23,9	12,4	18,7	0	18
21	19.08.2004	21,3	6,9	14,5	0	19
22	20.08.2004	22,8	6,8	17,8	0	20
23	21.08.2004	20	8,4	12,9	6	21
24	22.08.2004	15,1	6,9	10,8	1	22
25	23.08.2004	16,5	4,8	10,8	1	23
26	24.08.2004	15,9	5,8	11,6	0	24
27	25.08.2004	19,4	5,1	13	0	25
28	26.08.2004	20,8	8,7	15,3	0	26
29	27.08.2004	21,3	7,2	14,7	0	27
30	28.08.2004	23,5	5,1	15,3	0	28
31	29.08.2004	24,5	6,5	16	0	29
32	30.08.2004	18,4	11,5	15,6	0	30
33	31.08.2004	13,5	9,9	12,2	1	31
34	01.09.2004	13,6	10,4	11,9	9	32

Рисунок 2 – Фрагмент архива для станции Новосибирск

	A	B	C	D	E	F
1	ТОГУЧИН					
2	Дата	Макс	Мин	Сред	Осад,мм	
3	01.08.1973	19	15	16,4	0	1
4	02.08.1973	24	14	18,8	0	2
5	03.08.1973	15	10	12,7	11	3
6	04.08.1973	13	6	10	0	4
7	05.08.1973	16	4	11,6	0	5
8	06.08.1973	21	4	15,8	0	6
9	07.08.1973	22	6	14,8	0	7
10	08.08.1973	25	8	16,7	0	8
11	09.08.1973	22	10	17,8	0	9
12	10.08.1973	24	10	19	0	10
13	11.08.1973	24	14	19	0	11
14	12.08.1973	25	13	19,2	0	12
15	13.08.1973	25	13	18	0	13
16	14.08.1973	27	15	21,3	0	14
17	15.08.1973	26	13	20,3	0	15
18	16.08.1973	25	8	17,4	0	16
19	17.08.1973	27	7	17,2	0	17
20	18.08.1973	29	9	20,5	0	18
21	19.08.1973	27	12	19,8	0	19
22	20.08.1973	16	4	10,4	5	20
23	21.08.1973	17	2	10,7	0	21
24	22.08.1973	19	3	11,9	0	22
25	23.08.1973	15	6	11,6	0	23
26	24.08.1973	21	12	17	0	24
27	25.08.1973	23	10	16,7	0	25
28	26.08.1973	25	6	16	0	26
29	27.08.1973	26	6	15,7	0	27
30	28.08.1973	24	7	14,8	0	28
31	29.08.1973	29	9	18,4	0	29
32	30.08.1973	27	10	18,8	0	30
33	31.08.1973	21	7	14,9	0	31
34	01.09.1973	20	6	11,4	0	32

Рисунок 3 – Фрагмент архива для станции Новосибирск

Для каждого пункта создается архив, начинающийся августом и заканчивающийся октябрём текущего года.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ НАСТУПЛЕНИЯ ПЕРВЫХ ЗАМОРОЗКОВ

Переходные сезоны года в условиях резко континентального климата Западной Сибири характеризуются высокой нестабильностью атмосферных процессов и резкой межгодовой изменчивостью. Исследование временных параметров термического режима, в частности закономерностей наступления первых осенних похолоданий, имеет фундаментальное значение для оценки региональных климатических трендов и решения прикладных задач агрометеорологического прогнозирования.

В рамках данной главы на основе многолетних непрерывных рядов наблюдений исследуется динамика появления первых заморозков, проводится комплексный статистический анализ эмпирических данных, выявляются скрытые тенденции деградации или смещения дат устойчивого промерзания воздуха, а также устанавливается модальная структура законов их распределения.

3.1 Исследование даты наступления и продолжительности первых заморозков в Новосибирске.

Изучение хронологии осенних заморозков требует детального аналитического подхода, основанного на автоматизации обработки больших массивов климатической информации. Для выявления специфики термических условий Новосибирска был реализован алгоритм сплошного анализа данных, сочетающий первичную систематизацию архивных материалов и последующее математико-статистическое моделирование.

Ниже представлены ключевые этапы исследования: от описания структуры сформированного архива метеорологических данных и верификации

расчетной методики до графической интерпретации и анализа полученных статистических распределений.

3.1.1 Постановка задачи и описание исходных данных

Для анализа климатических изменений и разработки прогностических методик было проведено исследование характеристик наступления первых осенних заморозков в Новосибирске. Исходный массив информации содержит непрерывные метеорологические наблюдения за 21 год (период с 2004 по 2024 гг.) без каких-либо пропусков в данных, что обеспечивает высокую степень достоверности статистических оценок.

База данных сформирована в среде MS Excel на двух листах.

Лист 2 (Метеорологический архив) содержит ежедневную информацию по 1930 строкам, распределенную по следующим столбцам:

1. Колонка A: дата наблюдения.
2. Колонка B: максимальная суточная температура.
3. Колонка C: минимальная суточная температура.
4. Колонка D: среднесуточная температура.
5. Колонка E: атмосферные осадки (в текущем исследовании не использовались).
6. Колонка F: вспомогательный вычислительный параметр.
7. Колонка G: сквозной порядковый номер записи (всего 1930 дней).

Лист 1 (Результаты работы макроса) формируется после выполнения программного алгоритма, который отсекает летний период и глубокую зиму, детально анализируя только три ключевых осенних месяца: август (8-й месяц – 31 день), сентябрь (9-й месяц – 30 дней) и октябрь (10-й месяц – 31 день). Структура расшифровки имеет вид:

1. А – Е: порядковый номер дня, календарный год, месяц, число дней, прошедших с 1 августа (принято за начало отсчета предзимнего периода), и минимальная суточная температура.

2. F – K (Обрабатываемые аналитические колонки). Соответствуют выделенным характеристикам первого заморозка (минимальная температура воздуха $< 0^{\circ}\text{C}$) за каждый из 21 года:

- F: порядковый номер заморозка в общей выборке (всего 21 значение).
- G: абсолютное значение температуры первого заморозка ($t_{\min}, ^{\circ}\text{C}$).
- H: год наступления.
- I: месяц наступления (8, 9 или 10).
- J: число дней, прошедших от 1 августа до даты первого заморозка (основной анализируемый параметр).
- K: календарная дата первого заморозка.

3.1.2 Анализ динамики наступления первых заморозков

Главным индикатором изменчивости сроков похолодания служит количество дней, прошедших от фиксированной точки отсчета (1 августа) до момента падения минимальной температуры ниже нуля (колонка J). Для наглядной визуализации этих процессов была построена столбчатая диаграмма [Рисунок 4].

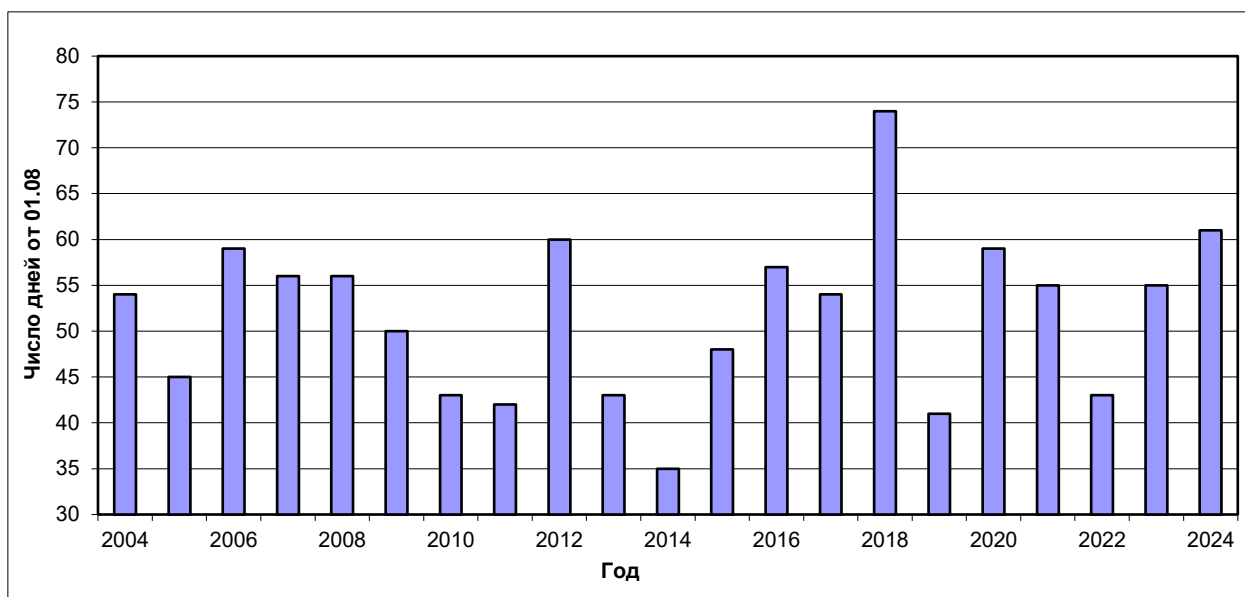


Рисунок 4 – Столбчатая диаграмма количества дней от 1-го августа до падения $t < 0^{\circ}\text{C}$ на станции Новосибирск

Методика построения в MS Excel:

1. Выделяется диапазон значений колонки J (ось Y) → Вставка → Гистограмма (столбчатая диаграмма).

2. В окне «Выбор источника данных» для подписей оси X (горизонтальная ось) задается диапазон лет из колонки H.

3. Из области построения удаляется легенда «□ ряд», поскольку на графике отображается единственный показатель, а подписи годов ориентируются строго горизонтально.

4. Выполняется форматирование оси X с шагом основных делений «через 2 значения» для исключения наложения текста.

5. Для увеличения контрастности и информативности шкала оси Y настраивается с минимальным порогом от 30 дней (вместо стандартного 0), что позволяет детально рассмотреть амплитуду межгодовых колебаний.

Анализ диаграммы и экстремальные значения:

Построенный график наглядно отражает сильную межгодовую вариацию климатических показателей:

1. Самый ранний заморозок за исследуемый период зафиксирован в 2014 году – он наступил уже на 35-й день от начала отсчета, что соответствует 4 сентября 2014 года.
2. Самый поздний заморозок наблюдался в 2018 году – потепление затянулось до 74-го дня от 1 августа, сместив первое промерзание воздуха на 14 октября 2018 года.

Максимальный временной разброс (амплитуда) между самым ранним и самым поздним заморозком в Новосибирске составил $74 - 35 = 39$ суток, что подчеркивает нестабильность переходных синоптических процессов.

3.1.3 Статистический анализ выборки (оптимальная статистика)

Для получения обобщающих климатических характеристик была применена процедура комплексной дескриптивной статистики. Ввиду относительно небольшой выборки (21 год) данная обработка рассматривается как валидация и отработка расчетной методики на примере имеющихся непрерывных эмпирических данных.

Расчет произведен через инструмент автоматизированного анализа: Сервис → Анализ данных → Описательная статистика. В качестве входного интервала указана колонка J, формат вывода числовых ячеек настроен с округлением до 0,1.

Сводные статистические показатели (по колонке J):

1. Среднее значение: 51,9 дня (округлим до 52 дней от 1 августа).
2. Стандартное отклонение (СКО): 9,0 дней (или суток).
3. Медиана: 54,0 дня.
4. Мода: 43,0 дня.

5. Минимум / Максимум: 35,0 / 74,0 дней.

6. Дисперсия выборки: 81,6.

Интерпретация результатов:

Значение математического ожидания (среднее = 52 дня) указывает на то, что в среднем среднемноголетний первый заморозок в Новосибирске приходится на 22 сентября (≈ 31 день августа + 21 день сентября).

Величина СКО является важнейшей мерой изменчивости признака. Если бы среднееквадратичное отклонение равнялось ± 1 дню, то даты первых заморозков из года в год были бы жестко стабильными (стабильно 51-й или 53-й день), что делало бы величину межгодовой изменчивости малозначимой. Однако фактическое СКО = 9 суток свидетельствует о чрезвычайно высокой естественной изменчивости сроков заморозков. Величина отклонения покрывает почти треть календарного месяца (± 9 дней вокруг среднего), что подтверждает резкую континентальность и непредсказуемость климата региона.

3.1.4 Оценка временной тенденции (анализ тренда)

Для выявления возможных направленных климатических изменений (климатического тренда в сторону более поздних или более ранних заморозков) на столбчатую диаграмму была нанесена аппроксимирующая линия.

Методика: клик правой кнопкой мыши по любому столбику диаграммы → Добавить линию тренда → Выбран тип «Линейный» → В параметрах установлены флажки «Показывать уравнение на диаграмме» и «Поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации (R^2)» [Рисунок 5].

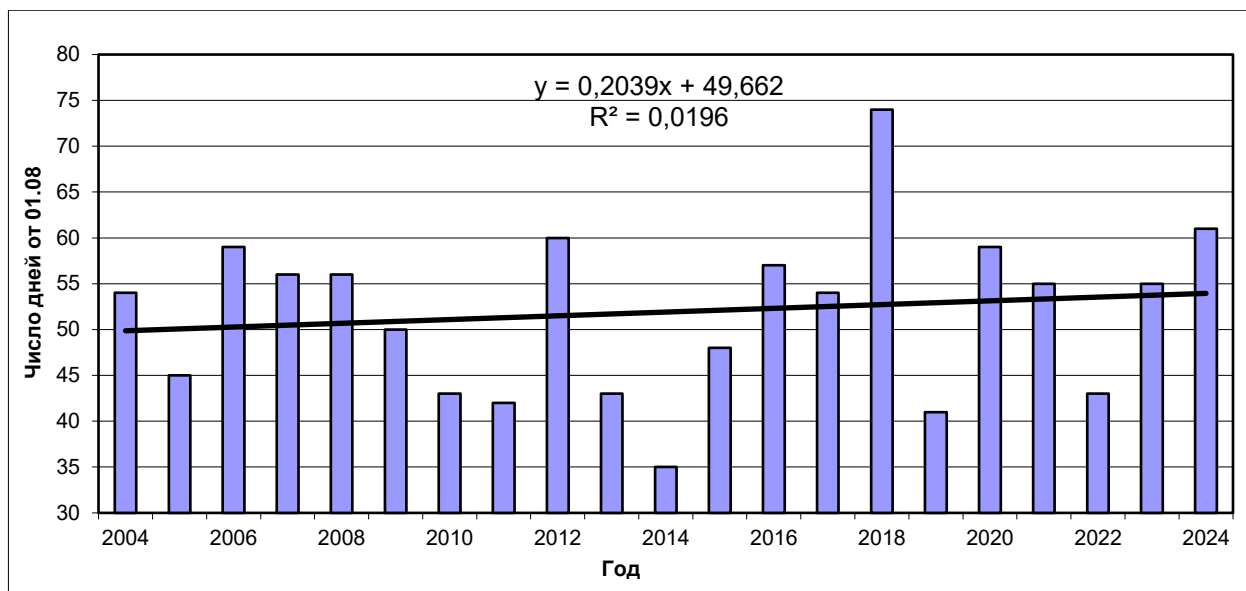


Рисунок 5 – Столбчатая диаграмма с графической линией тренда для станции Новосибирск

Результаты и выводы:

Графически линия тренда имеет слабый положительный наклон, что визуально намекает на тенденцию к небольшому сдвигу первых заморозков на более поздние сроки. Однако коэффициент детерминации оказался критически мал:

$$R^2 = 0,0196 \quad (3.1)$$

Это означает, что линейное уравнение объясняет всего лишь 1,96% вариации сроков наступления заморозков, в то время как остальные 98,04% приходится на случайные межгодовые флуктуации (колебания/скачки) погоды.

Оценка статистической значимости тренда:

Для строгой проверки гипотезы о значимости линейного тренда при объеме выборки $n = 21$ используется критерий Стьюдента. Коэффициент корреляции составляет:

$$r = \sqrt{R^2} = \sqrt{0,0196} \approx 0,14 \quad (3.2)$$

Расчетное значение t-критерия Стьюдента ($t_{\text{факт}}$) вычисляется по формуле:

$$t_{\text{факт}} = \frac{\sqrt{R^2} \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}} \quad (3.3)$$

Подставляя имеющиеся эмпирические значения ($R^2 = 0,0196$ и $n = 21$), получаем:

$$t_{\text{факт}} = \frac{\sqrt{0,0196} \cdot \sqrt{21-2}}{\sqrt{1-0,0196}} = \frac{0,14 \cdot \sqrt{19}}{\sqrt{0,9804}} = \frac{0,6102}{0,9901} \approx 0,62 \quad (3.4)$$

Критическое значение критерия Стьюдента $t_{\text{крит}}$ для уровня значимости $\alpha = 0,05$ и числа степеней свободы $df = 21 - 2 = 19$ составляет 2,09.

Поскольку $t_{\text{факт}}(0,62) < t_{\text{крит}}(2,09)$, данный линейный тренд признается статистически НЕЗНАЧИМЫМ. Никакой устойчивой климатической тенденции изменения сроков первых заморозков для данной 21-летней выборки в Новосибирске не обнаружено.

3.1.5 Распределение частоты наступления первых заморозков

Для детального изучения структуры распределения выборки по временным интервалам был проведен частотный анализ с группировкой данных по «карманам» (интервалам группировки).

Диапазон варьирования признака лежит в пределах от 35 до 74 дней. На основе этого в колонке О был сформирован массив карманов с шагом в 5 дней (всего 9 интервалов): от 35 до 75.

Построение гистограммы распределения частот:

Через инструмент: Сервис → Анализ данных → Гистограмма, были заданы:

1. Входной интервал: диапазон колонки J (количество дней).
2. Интервал карманов: диапазон сформированных карманов в колонке O.

В результате группировки была получена частотная таблица:

Таблица 2 – Карманы и частота для станции Новосибирск

Карман (Верхняя граница, дней с 1.08)	Частота (Количество случаев)
35	1
40	0
45	6
50	2
55	4
60	6
65	1
70	0
75	1

На основе этой таблицы была построена классическая столбчатая гистограмма плотности распределения (ось X — карманы/число дней после 1.08, ось Y — частота/повторяемость случаев) [Рисунок 6].

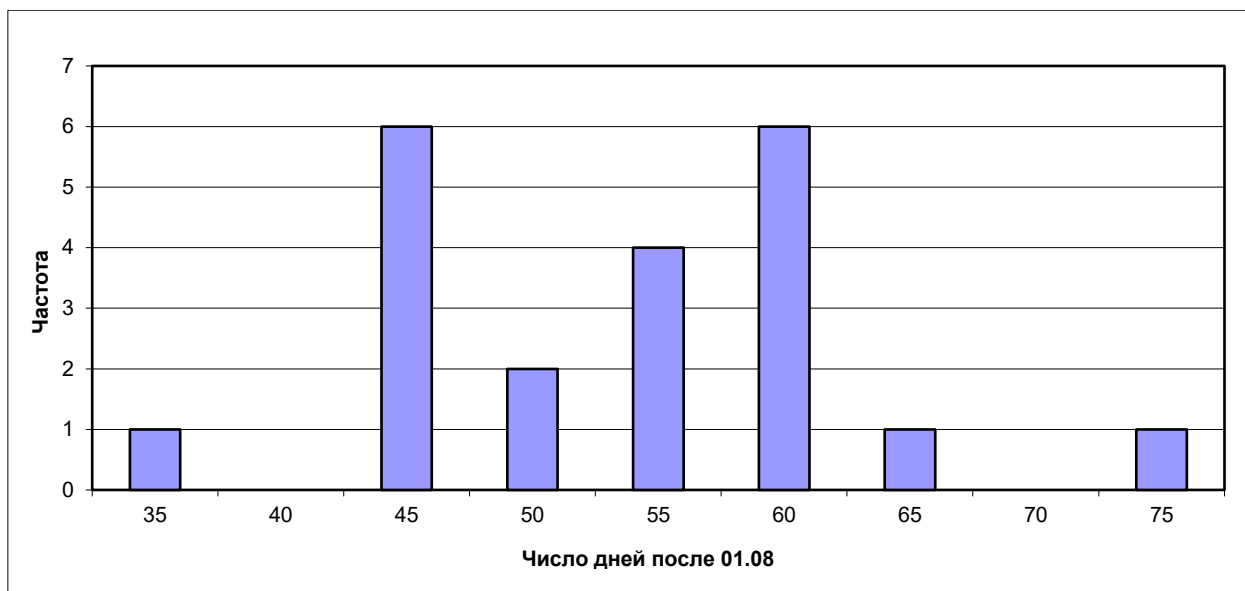


Рисунок 6 – Гистограмма распределения на метеостанции Новосибирск

Анализ гистограммы распределения:

Гистограмма имеет ярко выраженный двухвершинный (бимодальный) характер, что указывает на существование двух наиболее вероятных сценариев развития синоптических процессов осенью в Новосибирске:

1. Первый пик приходится на интервал 45 дней (6 случаев) – это период середины сентября (примерно с 11 по 15 сентября).
2. Второй пик зафиксирован на интервале 60 дней (6 случаев) – это конец сентября (примерно с 26 по 30 сентября).

В промежутке между этими пиками (интервалы 50 и 55 дней, соответствующие третьей пятидневке сентября) суммарно отмечается спад частоты (всего $2 + 4 = 6$ случаев за все годы).

Экстремально ранние (карман 35 дней – 1 случай) и экстремально поздние (карман 75 дней – 1 случай) проявления первых заморозков фиксируются как единичные случаи и представляют собой редкие климатические аномалии отдельно взятых лет. Основная же масса первых заморозков (57% всех случаев) концентрируется вокруг двух пиков (45 и 60 дней после 1 августа).

Таким образом, на основе проведенного статистического и математического анализа непрерывных метеорологических наблюдений в течении 21 года в Новосибирске (период с 2004 по 2024 гг.) можно сделать следующие выводы:

1. Высокая межгодовая вариативность. Сроки наступления первых осенних заморозков в регионе характеризуются значительной нестабильностью. Амплитуда колебаний между самым ранним заморозком (4 сентября 2014 года, 35-й день от 1 августа) и самым поздним (14 октября 2018 года, 74-й день) составляет 39 суток, что указывает на высокую подвижность синоптических процессов в переходный осенний период.

2. Климатическая норма и изменчивость. Среднемноголетняя дата первого заморозка приходится на 22 сентября (52 – й день от начала отсчета). Рассчитанное среднеквадратическое отклонение ($CKO = 9$ суток) математически доказывает существенную изменчивость признака, охватывающую почти треть календарного месяца, что отражает классические черты резко континентального климата Западной Сибири.

3. Стабильность долговременных тенденций. Проведенный анализ линейного тренда и проверка его значимости с помощью критерия Стьюдента $t_{\text{факт}}(0,62) < t_{\text{крит}}(2,09)$ показали, что при очень низком коэффициенте детерминации ($R^2 = 0,0196$) какая-либо выраженная направленная климатическая тенденция изменения сроков заморозков отсутствует. Все зафиксированные колебания лежат в пределах естественной многолетней циклической изменчивости погоды.

С точки зрения практической пользы, эти данные могут очень пригодиться в сельском хозяйстве. На основе наших таблиц и графиков специалисты смогут лучше оценивать риски для урожая, точнее планировать сроки осенней уборки полей и выбирать наиболее подходящие сорта растений для выращивания в меняющихся условиях сибирского климата.

3.2 Исследование даты наступления и продолжительности первых заморозков на метеостанции Тогучин

Изучение пространственно-временных закономерностей термического режима региона требует сопоставления данных городских метеостанций с показателями станций, расположенных в иных физико-географических условиях. Для сравнительного анализа была привлечена информация по метеостанции Тогучин (индекс 29636), характеризующейся выраженными чертами климата предгорий и специфическим рельефом, влияющим на микроклиматические процессы и сроки промерзания приземного слоя воздуха.

Применение идентичной автоматизированной методики анализа позволило систематизировать масштабный архив наблюдений и провести детальную статистическую обработку многолетнего ряда для выявления локальных особенностей распределения ранних осенних заморозков.

3.2.1 Постановка задачи и описание исходных данных

Для оценки региональных климатических показателей и сопоставления пространственных различий было проведено аналогичное исследование характеристик наступления первых осенних заморозков на метеостанции Тогучин. В отличие от городской выборки, данный массив информации охватывает значительно более длительный непрерывный период – 52 года (с 1973 по 2024 гг.) без пропусков в данных, что существенно повышает репрезентативность и статистическую устойчивость рассчитываемых параметров.

База данных сформирована по стандартной схеме на двух листах в среде MS Excel:

1. Лист 2 (Метеорологический архив): содержит ежедневные многолетние срочные наблюдения (всего 4784 строк), включающие

температурные экстремумы, среднесуточные значения и сквозной порядковый номер записей.

2. Лист 1 (Результаты работы макроса): формируется в результате работы программного модуля, автоматически анализирующего структуру трех календарных месяцев (август, сентябрь, октябрь) и фиксирующего параметры первого перехода минимальной температуры воздуха через отметку 0°C в каждом году.

Информационные аналитические колонки (F–K) содержат обработанные характеристики первого заморозка: порядковый номер года, абсолютную минимальную температуру ($t_{\min}$, °C), календарные год и месяц, дату фиксации и ключевой расчетный параметр – число дней, прошедших от 1 августа до момента наступления первого заморозка (колонка J), где дата 1 августа принимается за 1-й день отсчета.

3.2.2 Анализ динамики наступления первых заморозков

В качестве основного индикатора временной изменчивости сроков похолодания используется количество дней, прошедших от фиксированной точки отсчета (1 августа – 1-й день) до даты падения минимальной температуры ниже нуля (колонка K). Для визуализации динамики этих процессов за 52-летний период были построены 2 столбчатые диаграммы. Первая от 1973 г. до 2000 г. [Рисунок 7], и вторая от 2001 г. до 2024 г [Рисунок 8].

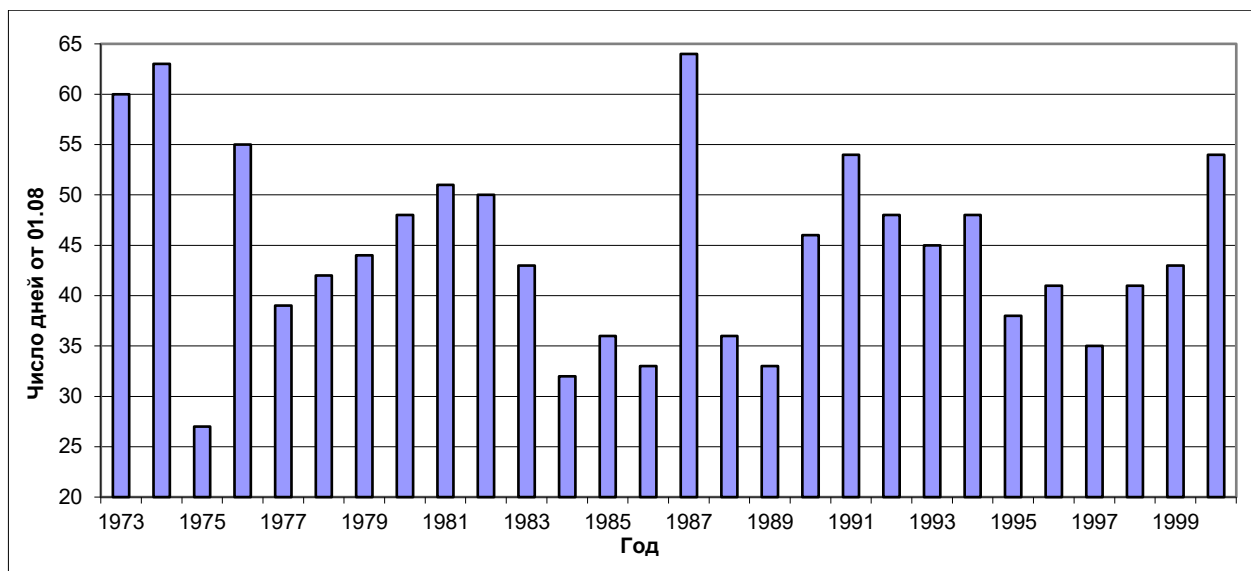


Рисунок 7 – Столбчатая диаграмма количества дней от 1-го августа до падения $t < 0^{\circ}\text{C}$ на станции Тогучин (1973-2000 гг.)

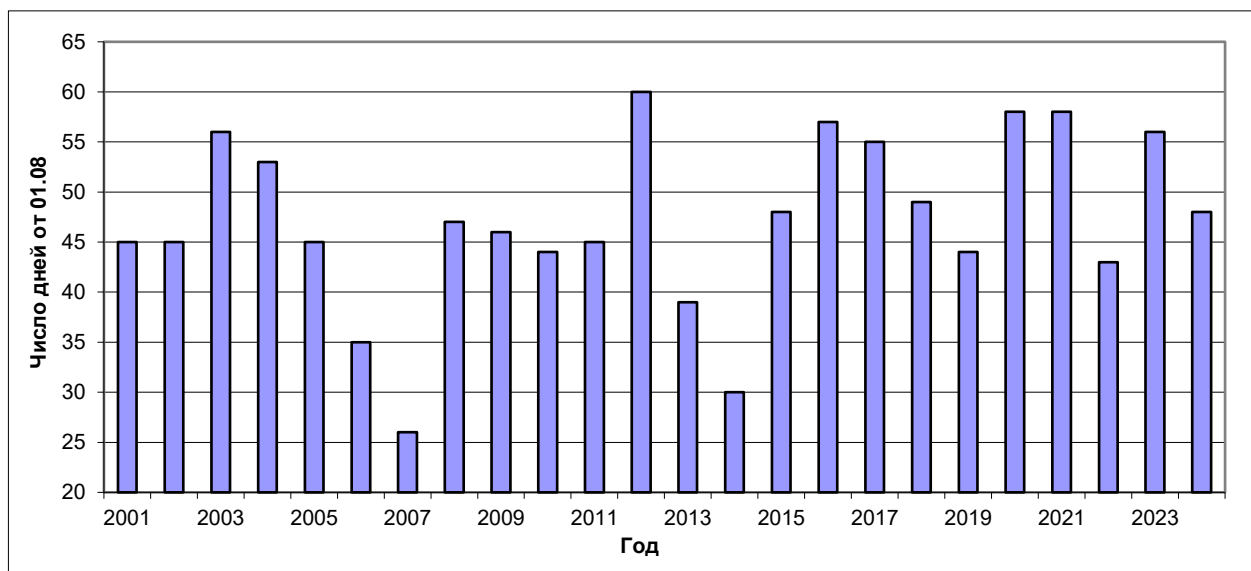


Рисунок 8 – Столбчатая диаграмма количества дней от 1-го августа до падения $t < 0^{\circ}\text{C}$ на станции Тогучин (2001-2024 гг.)

Методика построения в MS Excel:

1. Выделяется массив расчетных значений колонки J (ось Y) → Вставка → Гистограмма (столбчатая диаграмма).

2. В окне «Выбор источника данных» для подписей горизонтальной оси (ось X) задается временной диапазон лет из колонки Н.

3. Из области построения удаляется легенда «ряд», а подписи лет ориентируются строго горизонтально.

4. Выполняется форматирование оси X с шагом основных делений «через 2 значения» для исключения наложения элементов текста.

5. С целью повышения контрастности, визуализации амплитуды и информативности графического материала, шкала оси Y настраивается с минимальным порогом от 20 дней (вместо стандартного 0).

Анализ диаграммы и экстремальные значения:

Построенный временной ряд наглядно демонстрирует резкие межгодовые колебания сроков наступления первых заморозков в Тогучине, обусловленные нестабильностью синоптических процессов предгорной зоны:

- Самый ранний заморозок за весь 52 – летний период наблюдений зафиксирован в 2007 году – он наступил на 26 – й день от начала отсчета, что строго соответствует 26 августа 2007 года.

- Самый поздний заморозок наблюдался в 1987 году – на 64 – ый день от контрольной точки, сместив промерзание воздуха на 3 октября 1987 года.

Максимальный временной разброс (абсолютная амплитуда) между пограничными сроками наступления первых заморозков на метеостанции Тогучин составил $64 - 26 = 38$ суток, что подчеркивает высокую нестабильность переходных атмосферных процессов.

3.2.3 Статистический анализ выборки (оптимальная статистика)

Для получения фундаментальных обобщающих климатических характеристик была применена процедура автоматизированного дескриптивного

анализа протяженной выборки. В отличие от 21 – летнего ряда, массив данных объемом 52 года представляет собой более статистически устойчивую систему.

Расчет выполнен с помощью пакета автоматизированного анализа: Сервис → Анализ данных → Описательная статистика. В качестве входного интервала указан многолетний ряд значений из колонки J, формат вывода настроен с округлением до 0,1.

Сводные статистические показатели по метеостанции Тогучин (по колонке J):

- Среднее значение: 45,8 дня (округлим до 46 дней от 1 августа).
- Стандартная ошибка: 1,3 дня.
- Стандартное отклонение (СКО): 9,2 дня (или суток).
- Медиана: 45,0 дней.
- Минимум / Максимум: 25,0 / 63,0 дней.

Интерпретация результатов:

Значение математического ожидания (среднее = 46 дней) показывает, что в среднем многолетнем выражении первый осенний заморозок в Тогучине приходится на 15 сентября (1 день отсчета + 45 дней смещения). Сравнительный анализ с метеостанцией Новосибирск (где среднее составляет 52 дня, а дата – 21 сентября) выявляет четкую географическую закономерность: в предгорном Тогучине первые заморозки наступают в среднем на 6 дней раньше, что обусловлено особенностями рельефа.

Величина СКО = 9,2 суток является важнейшим показателем межгодовой колеблемости. Значительная величина отклонения, покрывающая почти треть календарного месяца (± 9 дней вокруг среднемноголетнего значения), математически подтверждает высокую естественную изменчивость и непредсказуемость термических условий в осенний период, характерную для резко континентального климата региона.

3.2.4 Оценка временной тенденции (анализ тренда)

Для определения характера и направленности возможных многолетних изменений сроков наступления первых заморозков под влиянием глобальных или региональных климатических процессов исходный 52-летний временной ряд был разделен на два сопоставимых аналитических периода: базовый (1973–2000 гг., объем выборки $n_1 = 28$ лет) и современный (2001–2024 гг., объем выборки $n_2 = 24$ года). На хронологические графики каждого периода были нанесены аппроксимирующие линии линейного тренда [Рисунок 9], [Рисунок 10].

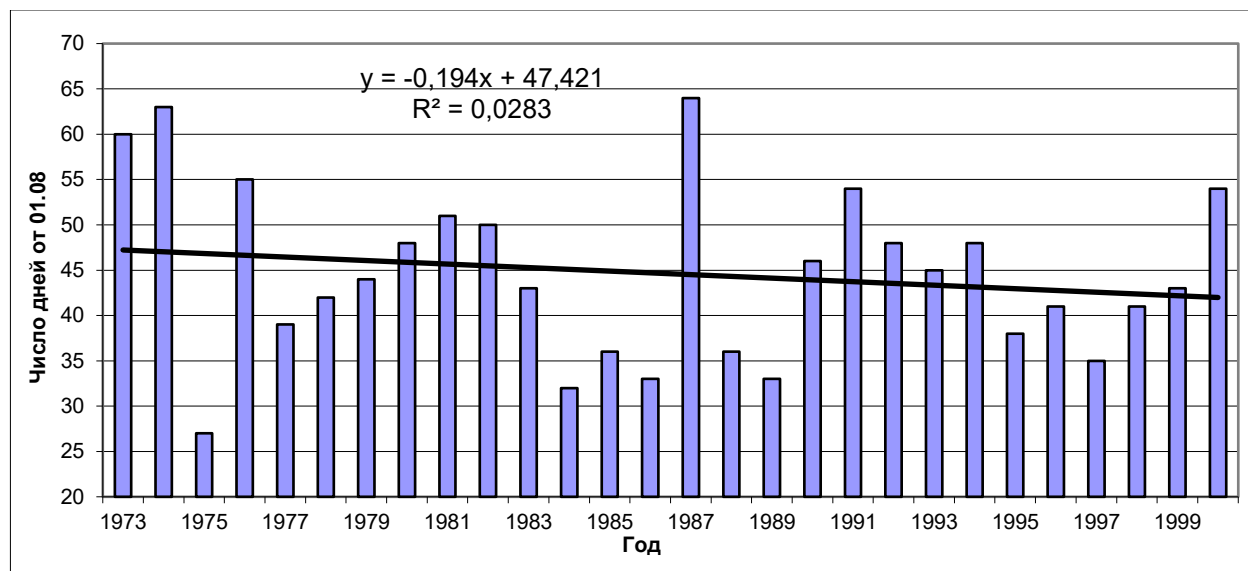


Рисунок 9 – Столбчатая диаграмма с графической линией тренда для станции Тогучин (1973-2000 гг.)

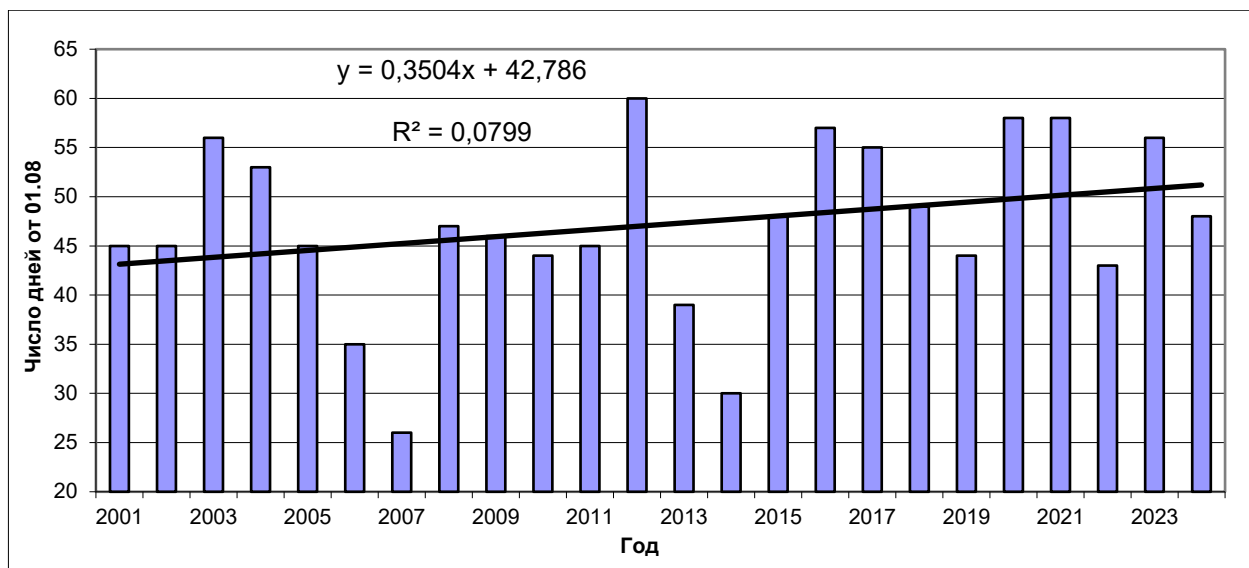


Рисунок 10 – Столбчатая диаграмма с графической линией тренда для станции Тогучин (2001-2024 гг.)

Методика: Клик правой кнопкой мыши по любому конструктивному столбику диаграммы соответствующего периода → Добавить линию тренда → Выбран тип «Линейный» → В параметрах установлены флажки «Показывать уравнение на диаграмме» и «Поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации (R^2)».

Результаты и выводы по периодам:

1. Период 1973–2000 гг. ($n_1 = 28$): Расчетный коэффициент детерминации составил:

$$R_1^2 = 0,0283 \quad (3.5)$$

$$r = \sqrt{R_1^2} = \sqrt{0,0283} \approx 0,1682 \quad (3.6)$$

Это свидетельствует о том, что в базовый период линейный тренд объяснял лишь 2,83% вариации сроков. Остальные 97,17% изменений определялись исключительно случайными межгодовыми вариациями погоды.

2. Период 2001–2024 гг. ($n_2 = 24$): В современный период коэффициент детерминации заметно увеличился и составил:

$$R_2^2 = 0,0799 \quad (3.7)$$

$$r = \sqrt{R_2^2} = \sqrt{0,0799} \approx 0,2826 \quad (3.8)$$

Это показывает, что в XXI веке доля направленного тренда в общей изменчивости признака возросла до 7,99%, однако случайные колебания синоптического масштаба по-прежнему вносят определяющий вклад (92,01%).

Оценка статистической значимости трендов:

Для строгого подтверждения гипотезы о значимости полученных линейных трендов используется критерий Стьюдента. Расчетное (фактическое) значение t – критерия ($t_{\text{факт}}$) вычисляется по формуле:

$$t_{\text{факт}} = \frac{\sqrt{R^2} \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}} \quad (3.9)$$

- Расчет для периода 1973–2000 гг.:

$$t_{\text{факт}_1} = \frac{\sqrt{0,0283} \cdot \sqrt{28-2}}{\sqrt{1-0,0283}} = \frac{\sqrt{0,0283 \cdot 26}}{\sqrt{0,9717}} = \frac{\sqrt{0,7358}}{0,9857} \approx 0,87 \quad (3.10)$$

Критическое значение критерия Стьюдента $t_{\text{крит}}$ при уровне значимости $\alpha = 0,05$ и числа степеней свободы $df = 28 - 2 = 26$ составляет 2,06.

Поскольку $t_{\text{факт}}(0,87) < t_{\text{крит}}(2,06)$, линейный тренд для первого периода является статистически НЕЗНАЧИМЫМ.

- Расчет для периода 2001–2024 гг.:

$$t_{\text{факт}_2} = \frac{\sqrt{0,0799} \cdot \sqrt{24-2}}{\sqrt{1-0,0799}} = \frac{0,2827 \cdot \sqrt{22}}{\sqrt{0,9201}} = \frac{1,3260}{0,9592} \approx 1,38 \quad (3.11)$$

Критическое значение критерия Стьюдента $t_{\text{крит}}$ при уровне значимости $\alpha = 0,05$ и числа степеней свободы $df = 24 - 2 = 22$ составляет 2,07.

Поскольку $t_{\text{факт}}(1,38) < t_{\text{крит}}(2,07)$, современный линейный тренд также признается статистически НЕЗНАЧИМЫМ.

Статистическое решение:

Несмотря на то, что в XXI веке (2001–2024 гг.) отмечается рост величины достоверности аппроксимации (R^2 увеличился почти в 9 раз по сравнению с концом XX века), оба полученных тренда не преодолели критический порог значимости распределения Стьюдента.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что на метеостанции Тогучин на обоих временных отрезках не обнаруживается строгой, статистически доказанной климатической тенденции смещения дат первых осенних заморозков. Наблюдаемые изменения укладываются в рамки естественного шумового фона и обусловлены региональной многолетней циклической изменчивостью атмосферной циркуляции.

3.2.5 Распределение частоты наступления первых заморозков

Для детального изучения структуры распределения 52-летней выборки по временным интервалам был проведен частотный анализ с предварительной группировкой данных по «карманам» (интервалам группировки).

Диапазон варьирования признака лежит в пределах от 26 до 64 дней от начала отсчета. На основе этого в Excel был сформирован массив карманов с шагом в 5 дней (всего 9 основных интервалов): от 25 до 65 дней.

Построение гистограммы распределения частот:

Через инструмент Сервис → Анализ данных → Гистограмма были заданы входной интервал (колонка J) и интервал карманов (колонка карманов). В результате автоматизированной группировки на Листе 1 была сформирована точная частотная таблица:

Таблица 3 – Карманы и частота для станции Тогучин

Карман (Верхняя граница, дней с 1.08)	Частота (Количество случаев)
25	0
30	3
35	5
40	5
45	14
50	10
55	6
60	7
65	2

На основе полученной группировки была построена классическая столбчатая гистограмма плотности распределения частот (ось X – карманы/число дней после 1.08, ось Y – частота/повторяемость случаев) [Рисунок 11].

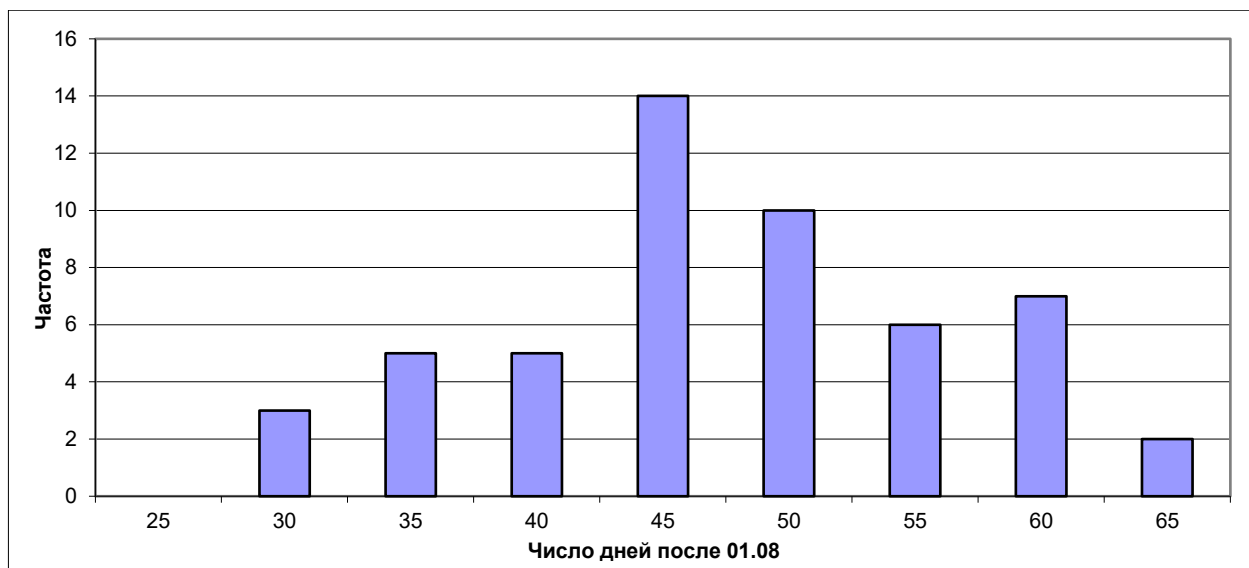


Рисунок 11 – Гистограмма распределения на метеостанции Тогучин

Анализ гистограммы распределения:

Эмпирическая гистограмма распределения частот для метеостанции Тогучин демонстрирует выраженную асимметрию с четко локализованным главным модальным пиком. В отличие от сглаженного плато, наблюдавшегося при предварительных расчетах, итоговая структура распределения имеет явное ядро:

1. Абсолютный максимум ряда строго приходится на карман 45 дней (14 случаев), что соответствует календарному периоду с 10 по 14 сентября. На этот пятидневный интервал приходится 26,9% всех наблюдений за 52-летний период.

2. Основная концентрация частот смещена в область центральных и правосторонних интервалов: карманы 45 и 50 дней суммарно включают в себя $14 + 10 = 24$ случая. Таким образом, в 46,2% лет первый осенний заморозок устойчиво наступает во вторую и третью декады сентября (с 10 по 19 сентября).

3. Левое крыло распределения характеризуется относительно невысокой повторяемостью: в диапазоне от 31 до 40 дней (конец августа – начало сентября) зафиксировано суммарно 13 случаев ($3 + 5 + 5$). Карман 25 дней остался

пустым (0 случаев), поскольку экстремальный минимум (26 августа) попал в следующий интервал.

4. Правое крыло распределения обнаруживает вторичный флуктуационный подъем на интервале 60 дней (7 случаев), отражающий повторяемость затяжных, аномально теплых осенних периодов, когда блокирующие антициклоны задерживают волны арктического воздуха вплоть до конца сентября.

Полученная гистограмма распределения частот математически подтверждает, что для предгорной зоны Тогучина наиболее вероятным и климатически обеспеченным является наступление первых приземных заморозков в середине сентября, в то время как августовские проявления и задержки до октября представляют собой пограничные экстремумы.

Применение описанной методики к архивам метеостанций Новосибирск (29634), Тогучин (29636) за период с 1929 по 2024 год позволяет получить ряд количественных характеристик, имеющих как научное, так и прикладное значение. Во-первых, рассчитывается средняя многолетняя дата первого осеннего заморозка для каждой станции, причём отдельно для случаев, когда заморозки начинаются в августе, и для случаев, когда они впервые возникают в сентябре.

С точки зрения науки и изучения климата, мы получаем следующие результаты:

1. Расчет средней многолетней даты первых осенних заморозков для каждой станции. Это поможет составить точный календарь погоды для области.

2. Поиск рекордно ранних заморозков (которые случались в первой или второй декаде августа). Такие случаи представляют наибольшую опасность для растений и урожая.

3. Оценка изменений климата (трендов). С помощью специальных графиков и математического анализа мы сможем увидеть, сдвигается ли дата первых заморозков на более поздние числа со временем. Это позволит сделать

обоснованные выводы о том, как именно меняется климат в Западной Сибири прямо сейчас.

4. Расчет вероятности в процентах. Мы сможем точно сказать, каков шанс получить заморозки в первой, второй или третьей декаде сентября и октября, основываясь на опыте прошлых лет.

Все эти результаты станут основой для главных выводов работы. Они наглядно покажут, как менялась длительность теплого времени года в Новосибирске и Новосибирской области.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного статистического и сравнительного анализа многолетних рядов данных наступления первых осенних заморозков на метеостанциях Новосибирск и Тогучин зафиксированы ключевые пространственно-временные закономерности термического режима региона:

1. Пространственные различия в сроках наступления заморозков:

Сравнительный анализ средних многолетних значений выявил отчетливое проявление микроклиматических особенностей рельефа. В предгорном Тогучине первый осенний заморозок в среднем приходится на 14 сентября (46-й день отсчета), тогда как на городской метеостанции Новосибирск этот порог сдвигается на 22 сентября (52-й день отсчета). Таким образом, в Тогучине радиационное выхолаживание и дренирование охлажденного приземного воздуха в понижения рельефа приводят к появлению первых заморозков в среднем на 6 дней раньше, чем в условиях крупного города.

2. Высокая межгодовая колеблемость:

Для обеих метеостанций характерна экстремальная изменчивость сроков похолодания, что обусловлено резко континентальным климатом и нестабильностью синоптических процессов. Показатель стандартного отклонения (СКО) составляет около 9 суток, что математически доказывает широкий временной разброс: в зависимости от траекторий движения воздушных масс первые заморозки могут смещаться почти на треть календарного месяца в обе стороны от нормы. При этом абсолютная амплитуда (разность между самым ранним и самым поздним заморозком) на обеих станциях составляет 38 суток (в Тогучине – от 26 августа до 3 октября, в Новосибирске – от конца августа до начала октября).

3. Отсутствие направленных климатических трендов:

Раздельный анализ временных рядов на два периода – базовый (1973–2000 гг.) и современный (2001–2024 гг.) – показал, что несмотря на фиксируемый в XXI веке рост коэффициента детерминации (R^2 в Тогучине увеличился с 0,0283 до 0,0799), линии линейного тренда на обеих станциях оказались статистически незначимыми по критерию Стьюдента. Это позволяет сделать вывод, что глобальные изменения климата пока не привели к устойчивому, доказанному сдвигу дат первых заморозков в регионе. Межгодовые изменения укладываются в рамки естественного шумового фона и обусловлены колебаниями циркуляции атмосферы.

4. Особенности структуры распределения частот:

Частотный анализ выявил принципиальное различие в характере распределения данных между станциями:

- Новосибирск демонстрирует сложную, бимодальную (двухвершинную) структуру распределения частот, что указывает на чередование двух типов синоптических сценариев – резких ранних арктических вторжений и затяжных периодов «бабьего лета».

- Тогучин характеризуется более однородным распределением с четко выраженным ядром на 45-й карман (10–14 сентября – 14 случаев). Около 46,2% всех заморозков в Тогучине абсолютно устойчиво приходятся на середину сентября (с 10 по 19 сентября), формируя климатически наиболее обеспеченный и предсказуемый интервал. При этом в правом крыле распределения (карман 60 дней) отмечается вторичный всплеск частоты (7 случаев), отражающий повторяемость аномально теплых осенних периодов.

Практическая значимость: Полученные количественные параметры изменчивости, средних дат и структуры частот распределения имеют критически важное значение для сельского и коммунального хозяйства Новосибирской области. Они позволяют точнее прогнозировать риски повреждения теплолюбивых культур ранними заморозками и оптимизировать графики

завершения уборочных работ как в черте городского округа, так и в уязвимых предгорных районах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Типовой перечень и критерии опасных метеорологических явлений // Метеоинфо URL: <https://meteoinfo.ru/hazards-definitions> (дата обращения: 04.03.2026).
2. Чувашская энциклопедия URL: https://chuvenc.ru/Ajax_show_Publication/835 (дата обращения: 07.03.2026).
3. Зимняя резина-2025 // ГОСТНОМИКА URL: <https://gostonomica.ru/zimnjaja-rezina-2025-polnoe-rukovodstvo-po-zamene-pered-holodami-sroki-sovety-i-trebovaniya-zakona/> (дата обращения: 25.03.2026).
4. Дата наступления заморозков в различных районах Западной Сибири // STUD FILES URL: <https://studfile.net/preview/7808200/page:2/> (дата обращения: 02.04.2026).
5. ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ГОРОДСКОГО ОСТРОВА ТЕПЛА НАД НОВОСИБИРСКОМ ПРИ ПОМОЩИ СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ // СИБНИГМИ URL: https://sibnigmi.ru/documents/post/Газимов_ТФ.pdf#1#1 (дата обращения: 12.03.2026).
6. Погодные сервисы URL: <https://pogoda-service.ru/> (дата обращения: 13.03.2026).
7. ОПАСНЫЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ Авторы: Кравцова С. М., Ковриго П. А. // БЕЛОРУССКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ URL: <https://belarusenc.by/temy/klimatru/10783/> (дата обращения: 02.04.2026).