

*География*

УДК 551.524.37 (502.313)

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ СПЕЦИФИКА ПРОЯВЛЕНИЯ  
ЗАМОРОЗКОВ НА ЮГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Е. С. ВОЛКОВА \*

*Институт мониторинга климатических и экологических систем,  
Сибирское отделение РАН (ИМКЭС СО РАН), Томск, Россия*

Результаты анализа метеоданных за 20-летний период на территории южной тайги и подтайги Западной Сибири показали пространственно-временную изменчивость продолжительности и интенсивности заморозков. Наибольшая вероятность фиксируется по всей территории в первой декаде мая (70–90%) и приходится на начало вегетационного периода. К концу мая вероятность уменьшается в среднем до 40%. Для северо-западной части исследуемой территории вероятность заморозков около 10% существует и в первой декаде июня. В целом по региону заморозки несут значительные риски для устойчивого функционирования местной системы растениеводства. На фоне роста продолжительности периода активной вегетации существует высокая вероятность возникновения заморозков в последующие годы.

<https://doi.org/10.46991/PYSUC.2025.59.2.217>

**Keywords:** frosts, frost-free period, Western Siberia, dangerous climatic phenomena.

**Введение.** Среди опасных климатических явлений по величине ущерба в растениеводстве на первое место выходят засухи, но высокие убытки способны вызвать также заморозки, занимая вторую позицию [1]. Заморозками называют понижение температуры воздуха и/или поверхности почвы (травостоя) до значений ниже 0°C на фоне положительных средних суточных температур воздуха в периоды активной вегетации сельхозкультур или уборки урожая, приводящее к их повреждению, а также к частичной или полной гибели урожая сельхозкультур [2].

Специфика пространственно-временного проявления заморозков, в частности их интенсивность, повторяемость, продолжительность беззаморозкового периода, сроки возврата весенних заморозков, время наступления ранних осенних заморозков, зависит от множества причин: географического положения, атмосферных процессов, особенностей рельефа и подстилающей поверхности и т.д. Это детерминирует три основных типа заморозков: адvectionные, связанные с вхождением холодных воздушных масс; радиационные, возникающие вследствие интенсивного ночного излучения подстилающей

\* E-mail: [elevolko@yandex.ru](mailto:elevolko@yandex.ru)

поверхности; адвективно-радиационные, образующиеся при вторжении холодной массы с последующим выхолаживанием за счет ночного излучения.

Во время периода вегетации заморозки способны привести к неправильным последствиям для роста культурных растений. У древесных культур заморозки ниже  $-3^{\circ}\text{C}$  могут вызвать повреждение почек, подрастающих листьев, хвои и побегов. Для полевых сельхозкультур заморозки еще более опасны, их степень повреждения определяется продолжительностью, интенсивностью заморозков и физиологическими особенностями самих растений. Особенно большие потери из-за ранних весенних заморозков наблюдаются во время цветения, для молодых древесных культур они обычно даже более значительны, чем потери из-за низких зимних температур [3].

Ученые из разных регионов мира занимаются изучением и картографированием территориальных особенностей проявления заморозков, оценкой временной изменчивости случаев с заморозками и длительности беззаморозкового периода [3–5]. Изучению заморозков в России, механизмам их возникновения, территориальным особенностям и методам борьбы с их последствиями также придавалось большое значение. Еще в середине XX в. И.А. Гольцберг дал детальную характеристику заморозков для всей территории РФ и описал действенные методы борьбы с этим опасным явлением [5]. В текущих реалиях потепления климата изучение природы заморозков, их географических закономерностей, временных параметров остается актуальной научно-практической задачей. В этой отрасли знаний можно отметить современные исследования климатических характеристик заморозков для всей территории России, выполненные Н.Н. Коршуновой и С.Г. Давлетшиным более чем за 80-летний период [6]. Результаты их исследования показывают уменьшение безморозного (беззаморозкового) периода в северных областях европейской территории России и центральных районах Западной Сибири. В.М. Мирвис и И.П. Гусева также отмечают, что на фоне увеличения продолжительности вегетационного периода во многих районах нашей страны не наблюдалось тенденции к увеличению безморозного периода [7].

На обширной территории юга Западной Сибири также отмечается незначительное, но увеличение продолжительности вегетационного периода [8]. В то же время в некоторые годы вегетационный период начинается раньше среднемноголетних значений. Вместе с тем вероятность проявления заморозков остается высокой и имеет большую вариабельность во времени и пространстве. В Томской области среднемноголетние значения дней с заморозками в воздухе, по данным метеостанции “Томск”, колебались от 1 дня в 2020 г. до 14 дней в 2006, 2010 гг. В масштабе юга Западной Сибири годовой перепад дней с заморозками может достигать 26 дней.

В борьбе с заморозками важное место занимает вопрос их предвидения, который включает в себя не только краткосрочный прогноз, но и оценку степени рисков возникновения опасного явления на основании статистического анализа многолетних метеоданных. Таким образом, целью данного исследования является установление территориальных особенностей и временных закономерностей проявления заморозков на примере южной тайги и подтайги Западной Сибири для оценки возможных рисков, особенно в сфере растениеводства.

**Материалы и методы исследования.** Пространственно-временной анализ динамики и распределения заморозков в регионе исследования строился на основе созданной базы данных в ИМКЭС СО РАН “Характеристика опасных и неблагоприятных климатических явлений периода вегетации для растениеводства на территории южной тайги Западной Сибири” [9], по 32 наиболее репрезентативным метеостанциям, которые расположены в пяти субъектах Западно-Сибирского федерального округа (Омская, Новосибирская, Тюменская, Томская и Кемеровская области). Для анализа заморозков был выбран временной интервал теплого периода года с 1 мая по 30 сентября, когда весной и осенью фиксируется устойчивый переход среднесуточной температуры через 5°C и 10°C и происходит активная вегетация многих местных сельскохозяйственных культур.

Исследование пространственно-временных закономерностей проявления заморозков проводилось в рамках программного обеспечения ArcGIS с помощью статистического анализа многолетних рядов метеоданных с 2005 по 2024 гг.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Полученные рядом ученых данные показывают, что на фоне более раннего наступления вегетационного периода риски от заморозков не уменьшаются. В значительной степени это связано с потеплением и изменением вегетационного периода на более ранние сроки. Теплая зима и ранняя весна могут повлечь за собой преждевременное начало вегетации сельхозкультур, что при последующих поздних весенних заморозках может способствовать резкому снижению их продуктивности [3, 10].

По региону исследования также отмечается сдвиг вегетационного периода, по некоторым данным за 30-летний период он происходит на 3–5 дней раньше предыдущего среднемноголетнего показателя [11, 12]. По нашим расчетам для некоторых западных станций вероятность сроков наступления устойчивого перехода через 10°C наиболее высокая в первой декаде мая и составляет 74%, во второй декаде мая снижается до 16%, в конце мая и начале июня – до 5%. Для более восточных станций наибольшее значение вероятности наступления периода активной вегетации сдвигается на вторую декаду мая, составляя в среднем 44%.

Несмотря на вероятность более ранних сроков периода вегетации, выявлена высокая степень рисков заморозков как в весенне-летний, так и в осенний периоды. В целом для всей территории вероятность наступления заморозков в этот период составляет 100%, за исключением западных станций “Викулово” и “Ярково” с вероятностью 95%. Распределение заморозков имеет определенные территориальные закономерности. На юго-западных станциях суммарное количество дней с заморозками воздуха за последний 20-летний период колеблется от 113 до 128 дней. Увеличение суммарного количества дней идет в северо-восточном направлении, начиная от 177 дней, достигая максимума в 325 дней на ст. “Пудино” Томской области.

В соответствии с этой закономерностью даты поздних весенне-летних и ранних летне-осенних заморозков за последние 20 лет в региональном масштабе также изменяются. Высокая вероятность возникновения заморозков в последней декаде мая существует для всех станций. Лишь на крайнем юго-западе (ст. “Ялуторовск”, “Викулово”) поздние весенне-летние заморозки зафиксированы

только в конце мая (рис. 1, а). На всех остальных территориях существует вероятность июньских заморозков, которые на некоторых станциях наблюдаются до конца первой декады июня (рис. 1, б). И даже если температура воздуха в июньские заморозки понижается не столь значительно, как в мае, такое понижение остается опасным для развития растений в период активной вегетации.

Ранние летне-осенние заморозки для большинства сельхозкультур не несут рисков, если они начинаются в сентябре. Но для восточных станций они могут наступать уже во второй декаде августа (рис. 1, б). Самая ранняя зарегистрированная дата летне-осеннего заморозка – 03.08.2018 на ст. “Кыштовка” Новосибирской области. Но все же для большинства метеостанций в этот период заморозки фиксируются с вероятностью около 8% с последней декадой августа, а к третьей декаде сентября вероятность достигает максимума – 80% и более. Отмечается, что количество осенних заморозков по дням несколько ниже, чем весенних.

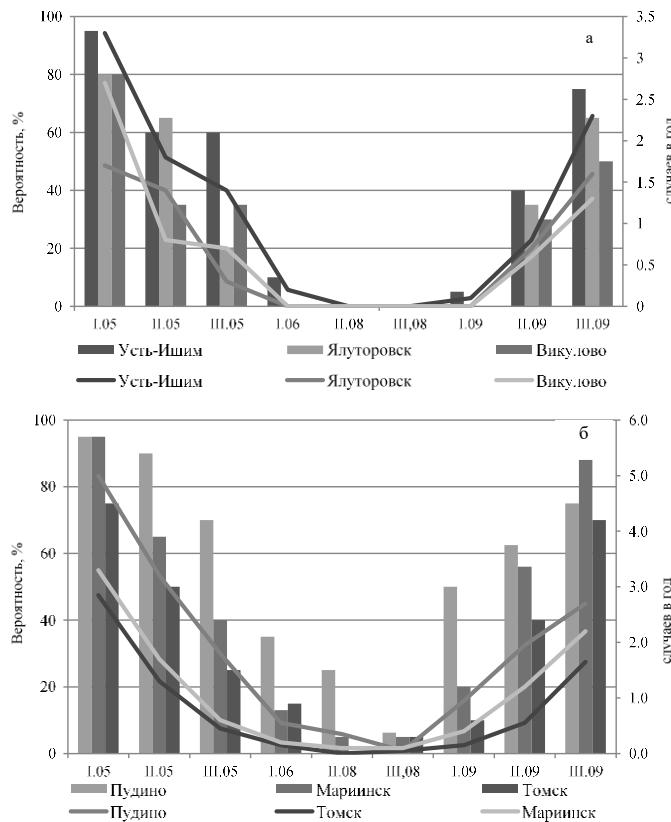


Рис. 1. Изменение рисков возникновения и случаев проявления заморозков по декадам теплого периода: а) метеостанции, расположенные на юге и западе южно-таежной подзоны Западной Сибири; б) метеостанции, расположенные на севере и востоке южно-таежной подзоны Западной Сибири.

В регионе исследования в начале периода активной вегетации (конец мая, начало июня) опасными считаются заморозки, при которых температура

опускается ниже  $-1,2^{\circ}\text{C}$ . Вероятность возникновения таких заморозков составляет на юго-западных станциях 75%, на северо-восточных – 94%. В третьей декаде мая вероятность снижается до 18% и 75% соответственно.

По показателю продолжительности беззаморозкового периода, который определяется числом дней от даты последнего заморозка в воздухе весной до первого заморозка осенью, также наблюдается определенная территориальная зональность: высокие среднемноголетние значения отмечаются на юге Тюменской и Омской областей (120–130 дней), на севере Томской и Кемеровской областей снижаются до 102–111 дней. Изменение среднемноголетних значений показателя продолжительности беззаморозкового периода, начиная с северных станций и далее в южном направлении, происходит в среднем на 10 дней (рис. 2).

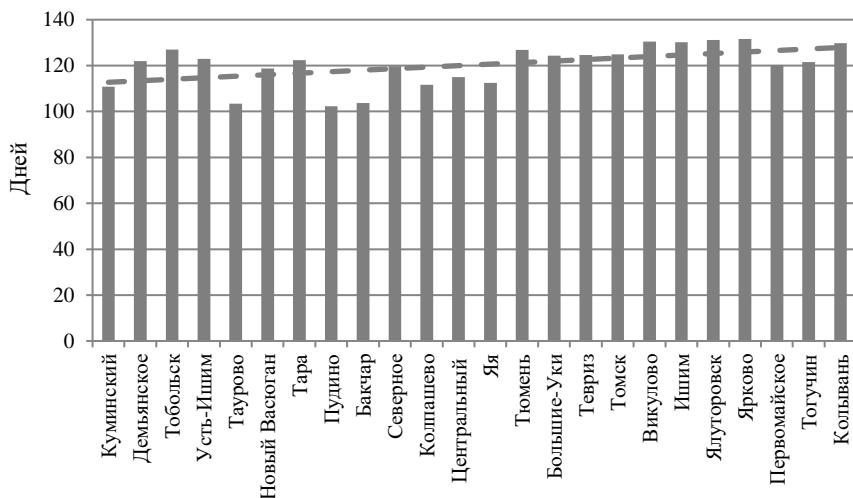


Рис. 2. Среднемноголетние значения показателя продолжительности беззаморозкового периода по метеостанциям юга Западной Сибири.

Самый короткий беззаморозковый период для разных территорий изменяется от 63 дней (ст. “Кыштовка” Новосибирской области, 2018 г.) до 108 дней (ст. “Викулово” и “Ишим” Тюменской области, 2024 г.) и имеет сходную территориальную закономерность со среднемноголетней продолжительностью беззаморозкового периода (рис. 3).

Показатель максимально возможной продолжительности беззаморозкового периода имеет более неравномерную территориальную дифференацию и колеблется от 129 дней в году (ст. “Куминский”) до 153 (ст. “Ярково”). Если брать во внимание отдельные значения разных лет, то на некоторых северных станциях продолжительность беззаморозкового периода может быть даже больше, чем для более южных станций, что связано в первую очередь с особенностями подстилающей поверхности.

В целом продолжительность беззаморозкового периода в среднем для региона исследования за последний 20-летний период возросла на 2,5 дня, но значение этого показателя существенно отличается по станциям. Например,

для более южной ст. “Ялуторовск” Тюменской области продолжительность уменьшилась на 1,4 дня, в то время как на северной ст. “Пудино” Томской области она увеличилась на 10 дней.



Рис. 3. Пространственное распределение минимального беззаморозкового периода на территории южной тайги Западной Сибири за период 2005–2024 гг: 1) продолжительность, дней; 2) наиболее поздняя возможная дата заморозка в воздухе в весенне-летний период.

**Заключение.** Исследования географии заморозков на южно-таежной и подтаежной территории Западной Сибири показали, что их пространственно-временное проявление имеет по некоторым показателям закономерный характер. Для юго-запада среднегодовое количество дней с заморозками в весенне-летний период составляет 7,5 дней при средней продолжительности беззаморозкового периода 120–130 дней. На северо-востоке среднегодовое количество дней с заморозками возрастает до 12 дней при средней продолжительности беззаморозкового периода 102–110 дней. По показателю максимального беззаморозкового периода географическая закономерность нарушается, что, очевидно, связано с особенностями рельефа и подстилающей поверхности. Проявление заморозков существенно варьирует по годам: наименьший беззаморозковый период зафиксирован в 2014 и 2022 гг. (98 и 111 дней соответственно); наибольший период – 142 дня в 2020 г. Динамика изменения беззаморозкового периода в среднем по станциям показывает его рост на 2,5 дня, в то время как среднемноголетнее количество дней с заморозками увеличилось на 0,9 дня. Но по станциям эти показатели существенно варьируют, и возникновение заморозков имеет локальные особенности.

В заключение можно отметить, что получаемые сведения о пространственно-временных закономерностях проявления заморозков позволяют зарлаговременно продумывать меры адаптации: планировать график проведения полевых работ и время посадки семян и сбора урожая, принимать превентивные меры для предотвращения потерь и т.д.

*Исследование выполнено в рамках государственного задания Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН.*

Поступила 04.04.2025  
Получена с рецензии 17.05.2025  
Утверждена 15.08.2025

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бедрицкий А.И., Коршунов А.А., Хандожко Л.А., Шаймарданов М.З. Показатели влияния погодных условий на экономику: чувствительность потребителя к воздействующему гидрометеорологическому фактору. *Метеорология и гидрология* **2** (2000), 5–9.
2. РД 52.27.724–2019. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения. Москва, Гидрометцентр России (2019), 66.
3. Javier R. Spring Frosts in Deciduous Fruit Trees. Morphological Damage and Flower Hardiness. *Scientia Horticulturae* **92** (2000), 155–173.  
[https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(99\)00150-8](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(99)00150-8)
4. Маргарян В.Г., Азизян А.О. Изменения пространственно-временного распределения ранних весенних и поздних осенних заморозков в Араратской котловине. Ученые записки Ширакского государственного университета им. М. Налбандяна, **A** **2** (2024), 71–82.  
<https://doi.org/10.54151/27382559-24.2pa-71>
5. Гольцберг И.А. Климатическая характеристика заморозков и методы борьбы с ними в СССР. *Труды ГТО* **17** (1949), 112.
6. Коршунова Н.Н., Давлетшин С.Г. Климатические характеристики заморозков на территории России. *Труды ВНИИГМИ-МЦД* **186** (2020), 5–20.
7. Мирвис В.М., Гусева И.П. Оценки изменения продолжительности безморозного периода вегетации на территории России и сопредельных государств в XX веке. *Метеорология и гидрология* **1** (2006), 106–113.
8. Мельник М.А., Семенова К.А., Волкова Е.С. Пространственно-временная характеристика комплекса климатических рисков в сфере растениеводства подзоны южной тайги Западной Сибири. *Геосферные исследования* **4** (2024), 160–177.  
<https://doi.org/10.17223/25421379/33/10>
9. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024624752 “Характеристика опасных и неблагоприятных климатических явлений периода вегетации для растениеводства на территории южной тайги Западной Сибири” 20.10.2024 г.
10. Gu L., Hanson P.J., et al. The 2007 Eastern US Spring Freeze: Increased Cold Damage in a Warming World? *BioScience* **58** (3) (2008), 253–262.  
<https://doi.org/10.1641/B580311>
11. Фомин Э.С., Фомина Т.И. Изменение фенологии многолетних растений в Западной Сибири на фоне глобального потепления климата. *Сибирский экологический журнал* **28** (2021), 543–556.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.15372/SEJ20210504>
12. Гордов Е.П., Богомолов В.Ю. и др. Анализ региональных климатических процессов Сибири: подход, данные и некоторые результаты. *Вестник Новосибирского гос. университета. Серия: Информационные технологии* **9** (2011), 56–66.

Ե. Ս. ՎՈԼԿՈՎԱ

ԱՐԵՎԱՏՅԱՆ ՍԻԲԻՐԻ ՀԱՐԱՎՈՒՄ ՑՐՏԱՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ  
ԴՐՍԵՎՈՐՄԱՆ ՏԱՐԱԾՈ-ԺԱՄԱՆԱԿԱՅԻ  
ԱՌԱՋՆԱԿԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ամփոփում

Արևատյան Սիբիրի հարավային տայգայի և ենթատայգայի տարածքում 20-ամյա ժամանակահատվածի օդերևութարանական տվյալների վերլուծության արդյունքները ցույց են տալիս ցրտահարությունների տևողության և ինտենսիվության տարածական և ժամանակային փոփոխություն: Ամենամեծ հավանականությունը գրանցվում է ամբողջ տարածքում մայիսի առաջին

տասնօրյակին (70%-ից մինչև 90%) և դիտվում է վեգետացիոն շրջանի սկզբին: Մայիսի վերջին հավանականությունը նվազում է միջինը մինչև 40%: Ուսումնասիրվող տարածքի հյուսիսարևմտյան մասում հունիսի առաջին տասնօրյակին ցրտահարությունների հավանականությունը կազմում է մոտ 10%: Հնրիանուր առմամբ, ցրտահարությունները ներկայացնում են զգայի ռիսկեր տարածաշրջանում տեղական մշակաբույսերի արտադրության համակարգի կայուն գործունեության համար: Հաջորդ տարիներին, ակտիվ վեգետացիոն շրջանի տևողության աճմանը զուգընթաց, կա ցրտահարությունների առաջացման մեծ հավանականություն:

E. S. VOLKOVA

## THE SPATIO-TEMPORAL FEATURE OF FROSTS IN THE SOUTH OF WESTERN SIBERIA

### Summary

The results of the meteorological data analysis for a 20-year period in the southern taiga and subtaiga of Western Siberia showed a spatio-temporal variability in the duration and intensity of frosts. The highest probability is recorded throughout the territory in the first decade of May (from 70% to 90%) and falls at the beginning of the growing season of agricultural plants. The probability decreases to an average of 40% to the end of May. The probability of frost is about 10% in the first decade of June for the North-Western part of the study area. In the region as a whole, frosts they cause significant risks to the sustainable functioning of the local crop production system. Against the background of an increase in the duration of the active growing season, there is a high probability of frost in subsequent years.