

DOI: <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2025-4-172-178>

УДК 551.58

## **Тенденции промерзания почвы на территории Архангельской области в условиях изменения климата**

***И.В. Грищенко***

*Архангельское региональное отделение  
Русского географического общества, г. Архангельск, Россия  
ovenir2011@yandex.ru*

Проведен анализ изменения параметров промерзания почвы (глубины промерзания почвы и сроков промерзания) на территории Архангельской области за период 1961–2020 гг., а также за 30-летия в рамках этого периода (1961–1990, 1971–2000, 1981–2010, 1991–2020 гг.). Установлено уменьшение глубины промерзания в течение всех периодов, за исключением 1961–1990 гг. Рассчитаны коэффициенты линейного тренда для глубины промерзания почвы. Установлена тенденция смещения дат наступления первого и устойчивого промерзания на более поздние сроки.

*Ключевые слова:* глубина промерзания, даты первого и устойчивого промерзания, температура приземного слоя воздуха, линейный тренд

## **Soil freezing trends in the Arkhangelsk region in a changing climate**

***I.V. Grishchenko***

*Arkhangelsk regional branch of the Russian Geographical Society,  
Arkhangelsk, Russia  
ovenir2011@yandex.ru*

An analysis of changes in soil freezing parameters (freezing depth and freezing time) in the Arkhangelsk region for a period of 1961–2020, as well as for 30-years intervals within this period (1961–1990, 1971–2000, 1981–2010, 1991–2020), was conducted. A decrease in the freezing depth was revealed during all periods, except for 1961–1990. The linear trend coefficients for the freezing depth were calculated. A trend towards a shift to later dates was found in the dates of the onset of the first and stable freezing.

*Keywords:* freezing depth, dates of first and stable freezing, surface air temperature, linear trend

### **Введение**

Одной из важнейших климатических характеристик является глубина промерзания почвы. Глубина промерзания определяет условия перезимовки зимующих культур. В весенний период она влияет на формирование стока талых вод, а также на увлажнение почвы после схода снежного покрова. Глубокое промерзание препятствует проникновению талой воды в нижние слои почвы.

Глубина промерзания почвы, на основе которой производят расчеты промерзания грунтов, имеет важное прикладное значение. Она учитывается при прокладке магистральных газо- и нефтепроводов, при строительстве фундаментов различных сооружений. В условиях изменения климата расчеты промерзания грунтов приобретают особое значение [4].

Промерзание почвы характеризуется глубиной промерзания и датами начала промерзания – первого и устойчивого, а также датами оттаивания – первого и полного.

Глубина промерзания почвы зависит от многих факторов, прежде всего, от температуры воздуха и толщины снежного покрова, а также от типа почвы, теплоемкости, теплопроводности и влажности почвы, от обработки почвы и наличия растительности.

Основным фактором, содействующим промерзанию почвы, является температура приземного слоя воздуха. Так, в [6] указывается на зависимость глубины промерзания почвы от суммы отрицательных температур воздуха за холодный период года.

Позднее было установлено, что многолетние изменения среднегодовой температуры грунтов на Восточно-Европейской равнине определяются в большей мере изменениями температуры воздуха, чем изменениями высоты снежного покрова. Отопляющее действие снежного покрова здесь ослаблено. В Сибири, напротив, изменения среднегодовой температуры грунтов определяются в большей мере изменениями высоты снежного покрова, чем изменениями температуры воздуха [5].

Для анализа промерзания почвы на территории Архангельской области была создана база данных за период максимального увеличения промерзания (февраль-март) по средней температуре воздуха и глубине промерзания почвы (см), за период октябрь-январь по датам первого и устойчивого промерзания за 1961–1990, 1971–2000, 1981–2010 и 1991–2020 гг. по 22 метеорологическим станциям (рисунок).

Для каждого наблюдательного пункта были построены линейные тренды с использованием уравнения регрессии:  $y(t) = b_1 t + b_0$ , где  $y(t)$  – среднее значение величины параметра;  $b_0$  – оценка среднего значения величины;  $b_1$  – оценка коэффициента линейного тренда;  $t$  – время в годах.

### **Тенденции изменения параметров промерзания почвы**

Архангельская область занимает на Европейском Севере значительную территорию – 556 тыс. км<sup>2</sup>. Поэтому разнообразие температурного режима, форм рельефа, растительности, почвы приводит к существенным различиям в глубине промерзания почвы.

Промерзание почвы на территории Архангельской области в среднем начинается в третьей декаде октября – первой декаде ноября и достигает своего максимума в конце марта. Наиболее существенное увеличение глубины промерзания происходит в феврале-марте. В весенний период оттаивание почвы идет как снизу, так и сверху мерзлого слоя. В случае возврата

холодов верхний талый слой может вновь замерзнуть, и тогда на некоторой глубине образуется прослойка незамерзшей почвы.



**Рис.** Метеорологические станции на территории Архангельской области с наблюдениями за промерзанием почвы.

**Fig.** Meteorological stations in the Arkhangelsk region with observations of soil freezing.

За период 1961–2020 гг. глубина промерзания почвы на большей части территории области к концу марта в среднем составляла от 50 до 70 см, на юго-востоке области 75–87 см, на северо-востоке (Мезенский и Лешуконский районы) – от 100 до 115 см, менее всего – на побережье Онежского залива (30–33 см) и в Коношском районе (15–17 см).

Расчет значений максимальной глубины промерзания за 30-летние периоды, которые можно условно принять за климатическую норму этой характеристики, показывает, что величина глубины промерзания меняется существенным образом, а именно происходит уменьшение ее значений.

Так, за период 1991–2020 гг. средняя глубина промерзания оказалась значительно меньше по сравнению с предыдущими 30-летними периодами, а также с периодом 1961–2020 гг. (табл. 1).

**Таблица 1.** Средняя глубина (см) промерзания почвы за 30-летние периоды по данным метеорологических станций Архангельской области  
**Table 1.** The average depth (cm) of soil freezing over 30-year periods according to the meteorological stations in the Arkhangelsk region

30-летний период	Метеорологические станции Архангельской области						
	Мезень	Онега	Каргополь	Шангалы	Вилегодск	В. Тойма	Холмогоры
1961–2020	113	32	62	35	74	52	42
1961–1990	134	43	81	51	88	73	66
1971–2000	122	39	70	35	74	56	45
1981–2010	106	29	52	22	66	41	27
1991–2020	91	21	43	18	61	32	20

Вместе с тем в период 1961–1990 гг. промерзание оказалось наибольшим.

Средняя за февраль–март (период максимального увеличения глубины промерзания) температура воздуха по 30-летиям имела тенденцию к повышению. Наиболее холодным оказался период 1961–1990 гг., а наиболее теплым – период 1991–2020 гг. (табл. 2).

**Таблица 2.** Средняя за февраль–март температура воздуха (°C) по 30-летним периодам по данным метеорологических станций Архангельской области  
**Table 2.** Average air temperature for February–March (°C) for 30-year periods according to the meteorological stations in the Arkhangelsk region

30-летний период	Метеорологические станции Архангельской области						
	Мезень	Онега	Каргополь	Шангалы	Вилегодск	В. Тойма	Холмогоры
1961–2020	-12,5	-10,1	-10,4	-11,1	-12,8	-12,1	-11,6
1961–1990	-13,5	-11,2	-11,6	-12,1	-13,9	-13,3	-12,8
1971–2000	-12,8	-10,4	-10,7	-11,3	-13,1	-12,5	-11,9
1981–2010	-12,6	-10,1	-10,3	-10,9	-12,7	-12,1	-11,6
1991–2020	-11,5	-9,0	-9,2	-10	-11,8	-10,9	-10,4

Соответственно, в период 1961–1990 гг. промерзание в среднем оказалось наибольшим, а в период 1991–2020 гг. – наименьшим.

В разрезе наблюдений по годам наибольшее промерзание наблюдалось в зимние сезоны с 1966 по 1980 г., когда на большей части территории области глубина промерзания почвы достигала 100–150 см. С конца 80-х годов XX века промерзание на глубину более 100 см отмечалось лишь в отдельные годы и в отдельных районах, в основном на северо-востоке области [1].

Абсолютный максимум глубины промерзания почвы в период 1961–2020 гг. был отмечен в зимний сезон 1969–1970 гг. также на северо-востоке Архангельской области (метеорологическая станция Койнас) и составил 209 см.

Вместе с тем в 2018 г. промерзание почвы в Коношском, Красноборском, Верхнетоемском районах составило всего 1–3 см [1].

Расчет линейного тренда глубины промерзания почвы за период 1961–2020 гг. показывает, что наблюдается тенденция уменьшения глубины промерзания почвы на всей территории Архангельской области, коэффициент тренда ( $b_1$ ) колеблется в пределах от -0,6 до -1,4 см/год. В последнее тридцатилетие (1991–2020 гг.) тенденция уменьшения глубины промерзания почвы сохраняется, но по данным некоторых метеорологических станций скорость этого процесса становится меньше (табл. 3).

**Таблица 3.** Параметры линейных трендов глубины промерзания почвы за февраль–март 1961–2020 и 1991–2020 гг. по данным метеорологических станций Архангельской области

**Table 3.** The parameters of the linear trends in soil freezing depth for February–March in 1961–2020 and 1991–2020 based on data from meteorological stations in the Arkhangelsk region

Метеостанция	Коэффициент тренда $b_1$ , см/10 лет		Коэффициент детерминации, %	
	1961–2020	1991–2020	1961–2020	1991–2020
Мезень	-1,3	-1,2	41,2	12,2
Онега	-0,6	-0,6	22,7	15,3
Каргополь	-1,2	-1,0	44,5	2,7
Шангалы	-0,9	-0,1	27,6	0,2
Вилегодск	-1,4	-0,1	37,3	0,2
В. Тойма	-1,2	-0,1	32,4	0,1
Холмогоры	-1,4	-0,4	45,9	5,1

О тенденции изменения глубины промерзания можно судить также и по историческим данным. Так, газета «Архангельск» за 21 августа 1909 г. писала, что «...при рытье канавы на ул. Серафимовича (центр Архангельска) на глубине 1 аршина (около 70 см) была встречена мерзлая земля...»,

а в этой же газете за июнь 1913 г. сообщалось, что «...при аналогичных земляных работах, несмотря на теплую погоду и дожди, также была встречена мерзлая земля...» [2], то есть в начале XX века даже летом на глубине более 0,5 м сохранялся мерзлый слой почвы.

В настоящее время в районе Архангельска промерзание почвы наблюдается с ноября по апрель и составляет в среднем 40–42 см.

Температура воздуха существенным образом влияет и на сроки первого и устойчивого промерзания.

Если за период 1961–2020 гг. средние даты первого промерзания почвы на территории области приходились на 22–23 октября, то в XXI веке начало промерзания сместилось на более поздние сроки. За период 1991–2020 гг. оно стало в среднем начинаться 28–29 октября.

Средние даты устойчивого промерзания почвы за период 1961–2020 гг. приходились на 14–16 ноября, за период 1991–2020 гг. эти даты сместились на 20–21 ноября.

Самые ранние даты первого промерзания почвы на территории области были зафиксированы в первой пятидневке октября 1977 г. в связи с установлением уже в начале октября отрицательной температуры воздуха, которая оказалась ниже нормы на 5–7 °С.

Самые поздние даты первого промерзания пришлись на конец ноября 2020 года.

В связи с увеличением частоты оттепелей в этом регионе в ноябре-декабре [3], в XXI веке стали наблюдаться аномально поздние даты устойчивого промерзания, а именно декабрь (2003, 2006, 2008, 2009, 2015 гг.) и январь (2016, 2017 гг.).

### Заключение

Изменение климата, наблюдаемое в настоящее время, подтверждается и динамикой такой важной климатической характеристики, как промерзание почвы. Исследование, проведенное по данным метеостанций, расположенных на территории Архангельской области, показывает, что происходит уменьшение глубины промерзания на всей территории области, а даты первого и устойчивого промерзания смещаются на более поздние сроки.

Наибольшие аномалии проявляются в сроках наступления устойчивого промерзания. Зафиксированы случаи наступления устойчивого промерзания почвы в декабре и январе.

### Список литературы

1. Грищенко И.В. Климат Архангельской области, Архангельск: КИРА, 2021, 232 с.
2. Грищенко И.В. Опасные природные явления на Европейском Севере. Архангельск: КИРА, 2023. 235 с.
3. Грищенко И. В. Тенденции в возникновении оттепелей на территории Архангельской области // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 1 (371). С. 119–126.

4. *Климат России* / Под ред. Н.В. Кобышевой. СПб.: Гидрометеоиздат, 2001. 655 с.
5. *Шерстюков А. Б.* Изменения климата и их последствия в зоне многолетней мерзлоты России. Обнинск: ГУ ВНИИГМИ-МЦД, 2009. 127 с.
6. *Шкадова А.К.* Температурный режим почв на территории СССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1979. 239 с.

### References

1. *Grishchenko I.V.* Klimat Arhangel'skoj oblasti, Arhangel'sk, KIRA publ., 2021, 232 p. [in Russ.].
2. *Grishchenko I.V.* Opasnye prirodnye yavleniya na Evropejskom Severe. Arhangel'sk, KIRA publ., 2023, 235 p. [in Russ.].
3. *Grishchenko I.V.* Tendencii v vozniknovenii ottepelej na territorii [Arhangel'skoj oblasti Trends in the occurrence of thaws in the Arkhangelsk region]. *Gidrometeorologicheskie issledovaniya i prognozy* [Hydrometeorological Research and Forecasting]. 2019, no. 1 (371), pp. 119-126 [in Russ.].
4. *Klimat Rossii: Pod red. N.V. Kobyshevoj.* Saint Petersburg, Gidrometeoizdat publ., 2001, 655 p. [in Russ.].
5. *Sherstyukov A.B.* Izmeneniya klimata i ih posledstviya v zone mnogoletnej merzloty Rossii. Obninsk: GU VNIIGMI-MCD publ., 2009. 127 p. [in Russ.].
6. *Shkadova A.K.* Temperaturnyj rezhim pochv na territorii SSSR. Leningrad, Gidrometeoizdat publ., 1979, 239 p. [in Russ.].

*Поступила 17.11.2025; принята в печать 26.11.2025.  
Submitted 17.11.2025; accepted for publication 26.11.2025.*