

УДК 631.42 (470.22)

ИЗМЕНЕНИЕ МНОГОЛЕТНЕГО РЕЖИМА ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЧВ В КАРЕЛИИ

Л. Е. Назарова

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН»
(пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030)*

В условиях потепления климата оценка изменений температуры почвы как на поверхности, так и на различных глубинах важна не менее, чем оценка изменений температуры воздуха. В представленной статье на основании данных многолетних наблюдений на метеорологических станциях сети Росгидромета, расположенных на территории Республики Карелия, проанализированы изменения в температурном режиме почв. Оценены изменения средних годовых и месячных значений температуры за новый базовый период 1991–2020 гг. на глубинах 20, 80 и 160 см, суммы средних суточных значений температуры выше 10 °С в течение теплого периода года на глубине 20 см, продолжительность периода с температурой почвы, равной и ниже 0 °С, на глубине 20 см. Показано, что с начала XXI века почти на всей исследуемой территории отмечается рост температуры почвы во все месяцы года, изменились даты устойчивого перехода температуры почвы через значение 10 °С на глубине 20 см, увеличились суммы средних суточных значений температуры выше 10 °С в течение теплого периода.

Ключевые слова: температура почвы; климатические нормы; изменение термического режима; Карелия

Для цитирования: Назарова Л. Е. Изменение многолетнего режима температуры почв в Карелии // Труды Карельского научного центра РАН. 2024. № 8. С. 5–13. doi: 10.17076/eco1989

Финансирование. Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (ИВПС КарНЦ РАН, FMEN-2021-0003/121021700118-0, «Роль органического вещества и биогенных элементов в гидрохимическом режиме водных объектов гумидной зоны (на примере водоемов и водотоков Карелии): источники поступления и внутриводоемная трансформация»).

L. E. Nazarova. CHANGES IN THE LONG-TERM SOIL TEMPERATURE REGIME IN KARELIA

Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences (50 Al. Nevsky Ave., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia)

In the situation of warming climate, the variation of soil temperature at the surface and at different depths is important no less than that of air temperature. Based on long-term

data collected by weather stations of the Russian Hydrometeorological Service network located in Republic of Karelia, this paper presents an analysis of changes in the soil temperature regime. Changes in annual and monthly mean soil temperatures at 20, 80 and 160 cm depths, the sums of daily mean temperatures above 10 °C during the warm period at 20 cm depth, and duration of the period with soil temperatures equal to or below 10 °C at 20 cm depth were estimated for the new baseline period 1991–2020. It is demonstrated that soil temperatures have risen since the beginning of the 21st century in all months of the year nearly throughout the study area; the dates of stable soil temperature transition across 10 °C have changed, and the sums of mean daily temperatures above 10 °C in the warm period have increased.

Keywords: soil temperature; climatic normals; thermal regime change; Karelia

For citation: Nazarova L. E. Changes in the long-term soil temperature regime in Karelia. *Trudy Kareli'skogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2024. No. 8. P. 5–13. doi: 10.17076/eco1989

Funding. The study was funded from the Russian federal budget through state assignment to KarRC RAS (Northern Water Problems Institute KarRC RAS, FMEN-2021-0003/121021700118-0).

Введение

Первая формулировка понятия о почвенном климате была предложена П. И. Колосковым в 1946 году: «Климат почвы есть совокупность внутрисочвенных физических явлений годовой и суточной цикличности, влияющих на жизнь и продуктивность почвы и стоящих в зависимости от внешнего климата, почвенного субстрата и воздействия человека на почву и ее покров» [цит. по: Димо, Шульгин, 1985]. В Национальном атласе почв Российской Федерации климат почвы определен как водный, воздушный и температурный режимы почвы в многолетнем цикле [Национальный..., 2011]. В целом климат почвы можно кратко определить как многолетний режим температуры и влажности почвы, зависящий от комплекса природных факторов и производственной деятельности человека.

Термический режим почвы складывается под влиянием радиационного баланса, испарения с поверхности почвы, а также рельефа местности, снежного покрова и атмосферных осадков.

Для решения теоретических и практических задач, связанных с оценкой отклика земной поверхности на изменения климата, важное значение имеет температура почв. Она определяет функционирование наземных биогеоценозов, позволяя судить о чувствительности ландшафтов к антропогенному воздействию, изменению природной среды и климатическим флуктуациям [Национальный..., 2011]. Сведения о температурном режиме почв территории Карелии приведены в работе А. А. Романова [1961], разделы «Температура почвы» опубликованы в монографиях «Климат Петрозаводска» [1982] и «Климат Сортавалы» [1988]. Карта, отражающая

агроклиматическое районирование территории республики и основные характеристики районов, приведена в «Атласе Карельской АССР» [1989]. Осредненные данные опубликованы в Справочнике по климату СССР [1965] и Научно-прикладном справочнике по климату СССР [1988]. Современные изменения температуры воздуха в Карело-Кольском регионе исследуются довольно активно, чего нельзя сказать об изучении изменений температуры почвы. Температурный режим горных почв Кольской субарктики исследуют в Институте проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН по данным проводимых ими измерений [Зенкова, 2013; Зенкова, Штабровская, 2022; Штабровская, Зенкова, 2024 и др.]. Настоящая статья посвящена исследованию современного состояния температурного режима почвы территории Карелии по данным наблюдений на метеорологических станциях республики.

Материалы и методы

Начало наблюдений за температурой почв на метеорологических станциях Карелии относится к концу 1940-х – началу 1950-х гг. Для анализа и оценки изменений температурного режима почв республики в представленной работе использованы данные многолетних наблюдений на семи станциях сети Росгидромета РФ по СЗФО, расположенных на исследуемой территории (Петрозаводск, Сортавала, Реболы, Паданы, Калевала, Олонец, Медвежьегорск). Ряды многолетних наблюдений указанных станций представлены на сайте Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации –

Мирового центра данных (ВНИИГМИ МЦД). База данных содержит сведения с 1950-х до 2020 г. включительно. В работе использованы средние годовые, средние месячные значения, а также результаты ежедневных наблюдений. Для обработки климатических рядов применялись методы статистической обработки данных.

С 1 июля 2022 года подведомственные учреждения Росгидромета перешли на использование в оперативно-производственной практике климатических норм, рассчитанных за период 1991–2020 гг. В данном исследовании климатические нормы рассчитаны за два базовых периода: 1961–1990 и 1991–2020 гг. Новые климатические нормы сравниваются с предыдущим периодом для выявления тенденции изменения климата.

Результаты и обсуждение

Общая характеристика режима температуры поверхности почвы для исследуемой территории составлена по средним значениям, рассчитанным за период 1991–2020 гг. Температура поверхности почвы измеряется термометрами, которые в теплый период года устанавливаются на поверхности, освобожденной от растительного покрова, зимой – на поверхности снега. Термометры наполовину погружаются (горизонтально) в почву или снег, поэтому их показания соответствуют температуре поверхностного слоя 0,5–1,0 см, а не самой поверхности. Средняя годовая температура поверхности почвы по территории Карелии изменяется от 1,2–1,5 °С в северных районах до 3,0–3,5 °С на юге

республики, самые высокие значения средней годовой температуры почвы, до 4,3 °С, отмечены в районе г. Сортавала. В годовом ходе температуры поверхности почвы минимум приходится на январь–февраль, максимум – на июль. Средние многолетние значения температуры января в исследуемом районе составляют от –8,6 до –13,5 °С. Абсолютные минимальные значения по данным наблюдений на станциях севера Карелии составляют –48,0...–49,0 °С (МС Лоухи, Юшкозеро, 1966 г.), в центральных и южных районах республики –46,0 °С (МС Петрозаводск, Сортавала). Средняя многолетняя температура поверхности почвы самого теплого месяца (июля) изменяется от 18,4 до 19,7–20,5 °С с севера на юг территории республики. Абсолютные максимумы значений температуры отмечены разными станциями в разные годы и составляют 49,0–54,0 °С для различных районов территории Карелии. Температура почвы существенно зависит от механического состава. В теплое время года супесчаные и песчаные почвы теплее суглинистых из-за большой теплоемкости и влагоемкости последних [Справочник..., 1965].

Как было установлено ранее [Филатов и др., 2012; Назарова, 2014; Filatov et al., 2019; Резников, Исаченко, 2021 и др.], с конца XX века на территории Северо-Запада России практически во все годы отмечаются положительные отклонения значений средней годовой температуры воздуха от климатической нормы. Исследования многолетней динамики средней годовой температуры поверхности почвы показали, что эти тенденции характерны и для данной климатической характеристики (рис. 1).



Рис. 1. Средние годовые значения температуры поверхности почвы, °С, в 1950–2020 гг.

Fig. 1. Annual mean surface soil temperature, °C, 1950–2020

Сравнение средних за два стандартных периода расчета значений годовой температуры воздуха и поверхности почвы (табл. 1) позволило сделать следующие выводы. Современные климатические нормы выше предыдущих как для первого, так и для второго параметра. Как для воздуха, так и для поверхности почвы рост средних многолетних значений составил 1,2–1,4 °С.

Температура почвы на различных глубинах испытывает значительно меньшие колебания от года к году, чем температура поверхности почвы и прилегающих слоев атмосферы. Однако и на глубинах до 320 см отмечено значительное повышение температуры с начала XXI века (рис. 2).

Ранее установлено [Филатов и др., 2012; Назарова, 2014; Filatov et al., 2019; Резников, Исаченко, 2021], что наибольшее повышение

температуры воздуха характерно для зимних месяцев, особенно для января (средние значения за 1991–2020 гг. превышают предыдущие климатические нормы на 2,8–3,2 °С). Поэтому изменчивость температуры почвы именно в зимний период года вызывает особый интерес. Так же, как и для температуры воздуха, наибольшие изменения температуры поверхности почвы наблюдаются в зимний период года. В январе средние значения за 1991–2020 гг. были выше средних за предыдущий период на 2,6–3,1 °С (рис. 3). Для декабря и февраля отклонения составили 1,5–2,5 °С.

В марте, апреле и ноябре средние значения температуры поверхности почвы в основном находились в пределах климатической нормы. Летом и в начале осени почва нагревалась в среднем за каждый месяц на 0,5–1,7 °С больше, чем за период 1966–1990 гг.

Таблица 1. Средняя годовая температура воздуха и поверхности почвы, °С

Table 1. Annual mean air and surface soil temperatures, °С

Станция Stations	Температура воздуха Air temperature		Температура поверхности почвы Surface soil temperature	
	1961–1990	1991–2020	1961–1990	1991–2020
Калевала Kalevala	0,3	1,7	0,3	1,6
Реболы Reboly	1,1	2,4	0,7	2,2
Паданы Padany	1,6	2,8	1,4	2,7
Петрозаводск Petrozavodsk	2,4	3,7	2,6	3,8
Сортавала Sortavala	3,0	4,4	3,1	4,3

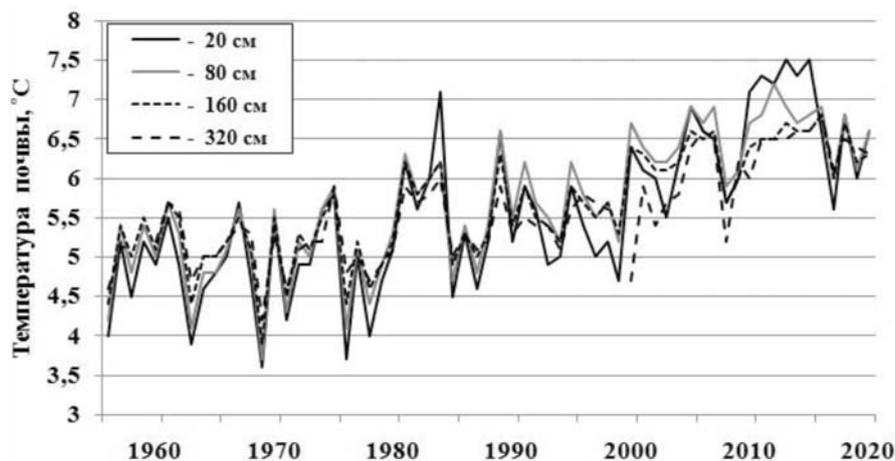


Рис. 2. Средняя годовая температура почвы на разных глубинах, МС Петрозаводск, 1956–2020 гг.

Fig. 2. Annual mean soil temperature at different depths, Petrozavodsk, 1956–2020

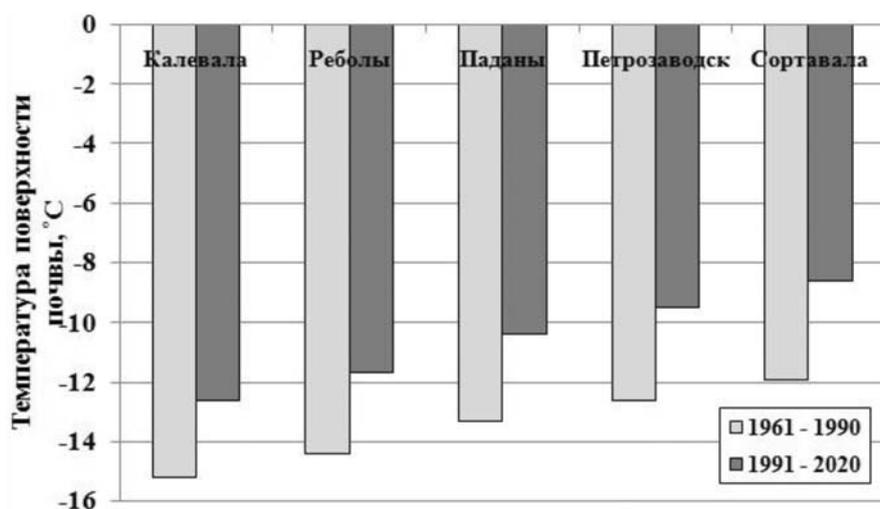


Рис. 3. Средняя январская температура поверхности почвы
Fig. 3. January mean surface soil temperature

На глубинах температура почвы измеряется ртутными термометрами. Для определения температуры почвы на глубинах от 5 до 20 см служат коленчатые термометры Савинова. Измерения производят под оголенной поверхностью в теплый период года. Когда температура на глубине 5 см опускается ниже 0 °С, термометры убирают на зиму. В течение всего года наблюдения проводят на глубинах от 20 до 320 см под естественным покровом (летом – травостой, зимой – снег) при помощи вытяжных термометров. Измерения выполняют один раз в сутки. В нашем исследовании использованы данные ежедневных наблюдений на метеорологических станциях с 1961 по 2020 г.

на глубине 20, 80 и 160 см. В результате проведенного анализа получены следующие результаты. Значения средней годовой температуры почвы на указанных глубинах в последнее тридцатилетие превышают средние значения за предыдущий базовый период на 0,3–0,6 °С в северных и центральных районах республики и на 0,8–1,0 °С в южных районах (табл. 2).

Во внутригодовом распределении наибольшие значения средней месячной температуры почвы отмечаются на глубине 20 см в июле, 80 и 160 см в августе и составляют от 15 до 17 °С (1991–2020 гг.) (табл. 3). В теплый период года средняя за 1991–2020 гг. температура почвы на всех глубинах устойчиво превышает

Таблица 2. Средняя годовая температура почвы на разных глубинах под естественным покровом, °С
Table 2. Annual mean soil temperature at different depths under natural cover, °С

Станция Stations	Почва Soil	1961–1990 гг.			1991–2020 гг.		
		20 см 20 cm	80 см 80 cm	160 см 160 cm	20 см 20 cm	80 см 80 cm	160 см 160 cm
Калевала Kalevala	Подзолисто-глеявая супесчаная Podzolic-gley sabulous	4,2	4,1	4,2	4,8	4,7	5,0
Реболы Reboły	Слабоподзолистая песчаная Low podzolic sandy	4,7	4,7	-	4,8	5,1	-
Медвежьегорск Medvezhegorsk	Дерново-подзолистая песчаная Sod-podzolic sandy	5,5	5,8	5,9	6,1*	6,4*	6,5*
Петрозаводск Petrozavodsk	Дерново-подзолистая супесчаная Sod-podzolic sabulous	5,1	5,2	5,3	6,3	6,3	6,1
Олонец Olonets	Подзолистая суглинистая Podzolic loamy	5,8	5,8	5,7	6,3*	6,1*	6,1*
Сортавала Sortavala	Подзолистая суглинистая Podzolic loamy	5,5	5,6	5,6	6,4	6,4	6,2**

Примечание. *Рассчитано за период 1991–2011 гг., **рассчитано за период 1991–2014 гг.
Note. * Calculated for the period 1991–2011, ** calculated for the period 1991–2014

Таблица 3. Средняя месячная температура почвы на разных глубинах (°С) по данным наблюдений МС Калевала и Петрозаводск за 1991–2020 гг.

Table 3. Annual mean soil temperature at different depths (°C). Observational data from MS Kalevala and Petrozavodsk, 1991–2020

Месяц Month	Калевала Kalevala			Петрозаводск Petrozavodsk		
	20 см 20 cm	80 см 80 cm	160 см 160 cm	20 см 20 cm	80 см 80 cm	160 см 160 cm
I	-1,0	0,9	3,2	0,0	1,4	2,8
II	-1,1	0,5	2,7	-0,2	0,9	2,1
III	-0,7	0,4	2,3	-0,1	0,7	1,7
IV	-0,1	0,5	2,0	0,5	0,8	1,3
V	3,8	1,9	2,1	6,8	4,4	3,0
VI	11,7	8,0	4,8	13,4	10,2	7,2
VII	15,4	11,9	8,0	16,8	13,9	10,6
VIII	14,2	12,5	9,6	16,3	14,9	12,6
IX	9,8	10,1	9,1	12,3	12,7	12,0
X	4,4	6,1	7,3	6,9	8,7	9,6
XI	0,9	2,9	5,3	2,4	4,5	6,4
XII	-0,3	1,6	4,0	0,6	2,4	4,1

средние многолетние значения предыдущего базового периода – на 0,5–1,0 °С в северных районах Карелии и на 1,3–1,8 °С в южных. По данным МС Петрозаводск и Сортавала, климатические нормы для мая выросли на 2,0 °С (на глубине 20 см). Одним из основных показателей тепловых ресурсов почвы являются суммы средних суточных значений температуры выше 10 °С на глубине 20 см [Национальный..., 2011]. Для территории Карелии они увеличиваются с севера на юг и ранее изменялись в пределах от 1300 до 1500 °С (по средним значениям за 1961–1990 гг.). Как было показано выше, температурный режим почв изменился в настоящее время. Ранее средняя суточная температура почвы на глубине 20 см устойчиво переходила через 10 °С в сторону повышения в первую декаду июня в южных районах Карелии и к середине второй декады июня в северных районах. Продолжительность периода с температурой выше 10 °С составляла 90 дней на севере и 110 дней на юге. Даты окончания изменялись с севера на юг от конца первой до начала третьей декады сентября. В настоящее время даты начала указанного периода смещены на более ранние сроки, окончания – на более поздние, в результате чего продолжительность периода с температурой выше 10 °С увеличилась на одну неделю в северных районах Карелии и на две недели – в южных. Это позволяет почве на глубине 20 см накопить от 1400 до 1800 °С в течение летнего периода года. Начиная с 2010 года в районах Петрозаводска и Сортавалы суммы средних суточных значений

температуры почвы на указанной глубине практически ежегодно превышали 2000 °С.

Самая низкая средняя месячная температура почвы на глубине 20 см характерна для февраля (до -1,5 °С в северных районах), на глубине 80 см – для марта (-0,3 ...+1,0 °С), 160 см – для апреля (1,2–2,2 °С) (табл. 3).

Как показано в [Национальный..., 2011], глубина промерзания почвы зависит от многих факторов: температуры воздуха, снежного и растительного покрова, типа почвы и ее гранулометрического состава, влажности почвы, рельефа местности, хозяйственной деятельности человека. Торфяные почвы промерзают меньше, чем суглинистые, суглинистые – меньше, чем песчаные. При одной и той же температуре почва с большим содержанием влаги имеет меньшую глубину промерзания [Справочник..., 1965]. Глубина проникновения температуры 0 °С в почву больше глубины промерзания почвы. По данным ежедневных измерений температуры почвы на глубине 20 см с 1961 по 2020 г. рассчитано число дней с температурой почвы, равной или ниже 0 °С. Анализ полученных результатов показал, что в северных районах Карелии продолжительность периода с указанной температурой почвы практически не изменилась (табл. 4, Калевала). При этом с начала XXI века в холодный период года чаще наблюдается суточная температура 0...-1,0 °С. Для южных районов республики характерно значительное сокращение дней с температурой почвы ≤ 0 °С. В отдельные годы в течение всего холодного периода на глубине 20 см температура ни разу

Таблица 4. Число дней с температурой почвы ≤ 0 °C на глубине 20 см

Table 4. Number of days with soil temperature ≤ 0 °C at a depth of 20 cm

Месяцы Month	Калевала Kalevala		Петрозаводск Petrozavodsk	
	1961–1990	1991–2020	1961–1990	1991–2020
XI	6	5	1	1
XII	18	16	12	5
I	25	26	24	14
II	25	26	24	20
III	28	27	27	22
IV	20	20	20	13
V	5	3	2	1
Год Year	127	123	110	76

не опускалась до нуля градусов. Нужно отметить, что если начиная с 50-х годов XX до начала XXI в. это происходило крайне редко (например, по данным МС Петрозаводск, это зимние сезоны 1981/82 или 1988/89 гг.), то из 20 лет нового века таких зим было отмечено шесть. Причем пять из них – подряд, с зимы 2010/11 до зимы 2014/15 гг. Для района Петрозаводска начиная с 2000 г. промерзание до $-1,0...-1,2$ °C на глубине 20 см отмечалось лишь дважды – в 2016 и 2019 годах. Для района города Сортавала [Климат..., 1988] глубина промерзания почвы ранее составляла в среднем от 30 см в январе до 42 см в марте. Однако в течение 2000–2021 гг., по данным ежедневных измерений, на глубине 20 см отрицательные значения температуры наблюдались не ежегодно и составляли в основном от $-0,1$ до $-0,5$ °C. Минимальное значение температуры почвы на указанной глубине ($-2,7$ °C) отмечено в январе 2016 г.

В монографии «Климат Петрозаводска» [1982] приводятся сведения о том, что на глубине 80 см отрицательные значения температуры в районе Петрозаводска наблюдаются с февраля по апрель. Средняя глубина проникновения температуры 0 °C составляет в феврале 94 см, в марте 105 см, в апреле 95 см. По данным ежедневных наблюдений МС Петрозаводск, с начала XXI века до настоящего времени не отмечено ни одного дня с нулевой или отрицательной температурой почвы на глубине 80 см.

В работе [Назарова и др., 2022] на примере водосбора реки Шуя (Республика Карелия) показано, что снижение промерзания почвы в зимний период года могло явиться одним из факторов, повлекших в течение последних 10 лет увеличение зимнего стока реки и поступление железа с речными водами в Петрозаводскую губу Онежского озера.

Выводы

Анализ данных многолетних наблюдений за температурой почвы на метеорологических станциях Карелии позволяет сделать следующие выводы. С конца XX века на исследуемой территории повсеместно отмечается повышение значений средней годовой температуры поверхности почвы. Современные климатические нормы этой характеристики превышают нормы предыдущего базового периода на $1,2-1,4$ °C. Наибольшее повышение температуры поверхности почвы характерно для зимних месяцев, особенно для января (средние многолетние значения выросли на $2,6-3,1$ °C). Нормы средних годовых значений температуры почв на глубинах также увеличились – на $0,3-0,6$ °C в северных и центральных районах республики и на $0,8-1,0$ °C в южных районах. Отмечается смещение дат устойчивого перехода температуры почвы на глубине 20 см через 10 °C, в результате чего продолжительность периода с температурой выше 10 °C увеличилась на одну неделю в северных районах Карелии и на две недели в южных. Это позволяет почве накапливать большие суммы средних суточных значений температуры выше 10 °C. В холодный период года для южных районов Карелии характерно значительное сокращение числа дней с температурой почвы, равной или ниже 0 °C на глубине 20 см. Продолжительность периода с указанными значениями температуры почвы в северных районах республики осталась без изменений. Таким образом, изменение температурного режима территории Карелии подразумевает не только повышение температуры воздуха, но и рост температуры почвы от поверхности до глубины 160 см.

Литература

Атлас Карельской АССР / Ред. А. Г. Дуров [и др.]. М.: ГУГК, 1989. 40 с.

Димо В. Н., Шульгин А. М. История развития, современное состояние и задачи исследований климата почв // Климат почв: Сб. науч. тр. Пушино: НЦБИ, 1985. С. 3–7.

Зенкова И. В. Летняя динамика температуры в горных почвах заповедника «Пасвик» // Вестник МГТУ. Труды Мурманского гос. технического университета. 2013. Т. 16, № 4. С. 715–724.

Зенкова И. В., Штабровская И. М. Суточная и сезонная динамика температуры и активности фауны в почвенном ярусе заполярных лесов // Почвы – стратегический ресурс России. М.; Сыктывкар: ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2022. Ч. 2. С. 62–64.

Климат Петрозаводска / Под ред. Ц. А. Швер. Л.: Гидрометеоздат, 1982. 212 с.

Климат Сортавалы / Под ред. Ц. А. Швер, Л. С. Раковой. Л.: Гидрометеоздат, 1988. 117 с.

Назарова Л. Е. Изменчивость средних многолетних значений температуры воздуха в Карелии // Известия РГО. 2014. Т. 146, вып. 4. С. 27–33.

Назарова Л. Е., Исакова К. В., Калинин Н. М., Балаганский А. Ф. Влияние потепления климата на зимний сток реки Шуя и последствия для зообентоса Онежского озера // Известия РГО. 2022. Т. 154, № 1. С. 28–36. doi: 10.31857/S0869607122010086

Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Часть 1–6. Вып. 3. Карельская АССР, Ленинградская, Новгородская, Псковская, Калининская и Смоленская области. Л.: Гидрометеоздат, 1988. 693 с.

Национальный атлас почв Российской Федерации / Ред. С. А. Шоба. М.: Астрель, 2011. 632 с.

Резников А. И., Исаченко Г. А. Изменение климатических характеристик западной части тайги Европейской России в конце XX – начале XXI вв. // Известия РГО. 2021. Т. 153, № 1. С. 3–18. doi: 10.31857/S0869607121010055

Романов А. А. О климате Карелии: что необходимо знать работникам сельского хозяйства о климате Карельской АССР. 2-е изд., доп. Петрозаводск: Госиздат Карел. АССР, 1961. 140 с.

Справочник по климату СССР. Вып. 1. Архангельская и Вологодская области, Карельская и Коми АССР. Ч. 2. Температура воздуха и почвы. Л.: Гидрометеоздат, 1965. 359 с.

Филатов Н. Н., Назарова Л. Е., Георгиев А. П., Семенов А. В., Анциферова А. Р. Изменение и изменчивость климата Европейского Севера России и их влияние на водные объекты // Арктика. Экология и экономика. 2012. № 2(6). С. 80–94.

Штабровская И. М., Зенкова И. В. Температурные данные в экологическом мониторинге горных почв Кольской Субарктики // Труды Карельского научного центра РАН. 2024. № 3. С. 105–120. doi: 10.17076/eco1758

Filatov N., Baklagin V., Efremova T., Nazarova L., Palshin N. Climate change impacts on the watersheds of Lakes Onego and Ladoga from remote sensing

and in situ data // Inland Waters. 2019. Vol. 9. P. 130–141. doi: 10.1080/20442041.2018.1533355

References

Dimo V. N., Shul'gin A. M. History of development, current state and tasks of soil climate research. *Klimat pochv: Sbornik nauchnykh trudov = Soil climate: Proceedings*. Pushchino: NTsBI; 1985. P. 3–7. (In Russ.)

Durov A. G. et al. (eds.). Atlas of the Karelian ASSR. Moscow: GUGK; 1989. 40 p. (In Russ.)

Filatov N., Baklagin V., Efremova T., Nazarova L., Palshin N. Climate change impacts on the watersheds of Lakes Onego and Ladoga from remote sensing and in situ data. *Inland Waters*. 2019;9:130–141. doi: 10.1080/20442041.2018.1533355

Filatov N. N., Nazarova L. E., Georgiev A. P., Semenov A. V., Antsiferova A. R. Climate change and variability in the European North of Russia and their influence on water bodies. *Arktika. Ekologiya i ekonomika = Arctic. Ecology and Economics*. 2012;2(6):80–94. (In Russ.)

Handbook of the climate of the USSR. Iss. 1. Arkhangel'sk and Vologda Regions, Karelian and Komi ASSR. Part 2. Air and soil temperature. Leningrad: Hydrometeoizdat; 1965. 359 p. (In Russ.)

Nazarova L. E., Isakova K. V., Kalinkina N. M., Balagansky A. F. The climate warming influence on the Shuya River winter runoff and the consequences for the zoobenthos of Lake Onego. *Izvestiya RGO = Proceedings of the Russian Geographical Society*. 2022;154(1):28–36. (In Russ.). doi: 10.31857/S0869607122010086

Nazarova L. E. Variability of average long-term air temperature values in Karelia. *Izvestiya RGO = Proceedings of the Russian Geographical Society*. 2014;146(4):27–33. (In Russ.)

Reznikov A. I., Isachenko G. A. Change in climatic characteristics of the western part of the taiga of European Russia in the late XX – early XXI centuries. *Izvestiya RGO = Proceedings of the Russian Geographical Society*. 2021;153(1):3–18. (In Russ.). doi: 10.31857/S0869607121010055

Romanov A. A. On the climate of Karelia: what agricultural workers need to know about the climate of the Karelian ASSR. 2nd ed., add. Petrozavodsk: Gosizdat Karel. ASSR; 1961. 140 p. (In Russ.)

Scientific and applied reference book on the climate of the USSR. Series 3. Long-term data. Part 1–6. Iss. 3. Karelian ASSR, Leningrad, Novgorod, Pskov, Kalinin and Smolensk Regions. Leningrad: Hydrometeoizdat; 1988. 693 p. (In Russ.)

Shoba S. A. (ed.). National atlas of soils of the Russian Federation. Moscow: Astrel'; 2011. 632 p. (In Russ.)

Shtabrovskaya I. M., Zenkova I. V. Temperature data in ecological monitoring of the Kola Subarctic mountain soils. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of Karelian Research Centre RAS*. 2024;3:105–120. (In Russ.). doi: 10.17076/eco1758

Shver Ts. A. (ed.). Climate of Petrozavodsk. Leningrad: Hydrometeoizdat; 1982. 212 c. (In Russ.)

Shver Ts. A., Rakova L. S. (eds.). Climate of Sortavala. Leningrad: Hydrometeoizdat; 1988. 117 p. (In Russ.)

Zenkova I. V., Shtabrovskaya I. M. Diurnal and seasonal dynamics of temperature and fauna activity in the soil layer of polar forests. *Pochvy – strategicheskii resurs Rossii = Soils – a strategic resource of Russia*. Pt. 2. Moscow-Syktuykar: IB FIC Komi NTs UrO RAN; 2022. P. 62–64. (In Russ.)

Zenkova I. V. Summer temperature dynamics in the mountain soils of the Pasvik Nature Reserve. *Vestnik MGTU: Trudy Murmanskogo gos. tekhnicheskogo universiteta = Vestnik of MSTU: Scientific Journal of Murmansk State Tech. University*. 2013;16(4):715–724. (In Russ.)

*Поступила в редакцию / received: 06.11.2024; принята к публикации / accepted: 25.11.2024.
Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов / The author declares no conflict of interest.*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Назарова Лариса Евгеньевна

канд. геогр. наук

e-mail: larianazarov@yandex.ru

CONTRIBUTOR:

Nazarova, Larisa

Cand. Sci. (Geogr.)