

УДК 631.436 (571.5)

DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2017-4(105-113)

И. Е. ТРОФИМОВА, А. С. БАЛЫБИНАИнститут географии им. В. Б. Сочавы СО РАН,
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия, trofimova@irigs.irk.ru; balybina@irigs.irk.ru**ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЛЕТНЕГО ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА
ПОЧВ В ЗАБАЙКАЛЬЕ**

С использованием многолетних данных о температуре почвенной толщи мощностью 3,2 м выполнена дифференциация весьма сложной по рельефу и многолетней мерзлоте территории Забайкалья. Установлено, что более четко ареалы выделяются по средним годовым значениям температуры. На картосхеме изображены ареалы с температурой $-4 \div -1$ °C, $-1 \div 1$ °C, $1 \div 4$ °C, которые хорошо согласуются с характером распространения многолетней мерзлоты (сплошной, прерывистой, островной). Осуществлена классификация термических условий почв по средней месячной наибольшей температуре на всех глубинах. Выделены четыре типа, которые по качественной оценке характеризуются как теплые, умеренно теплые, холодные и очень холодные. Составленная картографическая модель показывает распределение термического режима почв теплого периода года. Используемый точечный способ изображения дает объективную картину имеющейся информации о температуре почвы, что позволило показать наличие ареалов или небольших участков типов термического режима, их разобщенность. Определены современные изменения температуры почвы в августе, которые достаточно хорошо согласуются с региональными изменениями температуры приземного слоя воздуха. И в том, и в другом случае отмечены положительные линейные тренды. Оценка термических ресурсов почвенной толщи, их географические закономерности, относящиеся к широко распространенным котловинно-долинным и долинным природным системам, а также к сравнительно выровненным поверхностям Забайкалья, могут быть использованы как в научных, так и в практических целях.

Ключевые слова: средняя месячная наибольшая и средняя годовая температура почв, классификация, типы термического режима, пространственное распределение, географические закономерности, линейные тренды.

I. E. TROFIMOVA AND A. S. BALLYBINAV. B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
ul. Ulan-Batorskaya, 1, Irkutsk, 664033, Russia, trofimova@irigs.irk.ru, balybina@irigs.irk.ru**GEOGRAPHICAL PATTERNS OF THE THERMAL REGIME OF SOILS IN TRANSBAIKALIA**

Long-term temperature data on a soil layer 3.2 m in thickness have been used in the differentiation of a topographically highly complicated permafrost on the territory of Transbaikalia. It was found that the geographical ranges are most clearly identified from mean annual temperature values. The schematic map displays the areas with the temperatures -4 to -1 °C, -1 to 1 °C and 1 to 4 °C which are in good agreement with the permafrost distribution pattern (continuous and discontinuous permafrost, and permafrost islands). A classification of the thermal conditions of soils is carried out according to the highest mean monthly temperature at all depths. We identified four types which are characterized by the qualitative assessment as warm, moderately warm, cold and very cold. A relevant cartographic model shows the distribution of the thermal regime of soils for a warm season. The dot method was used to provide a clear display of available information on soil temperature, and it was possible to show the existence of small areas of the types of thermal regime and their fragmentation. Current changes in soil temperature were determined for August, which are in good agreement with regional changes in ground air temperature. In either case, we observed positive linear trends. Assessments of thermal resources of the soil layer and their geographical patterns belonging to the widespread depression-valley and valley natural systems as well as to the relatively planate surfaces of Transbaikalia can be used for scientific and practical purposes.

Keywords: mean monthly highest and mean annual soil temperature, classification, types of thermal regime, spatial distribution, geographical patterns, linear trends.

АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Забайкалье занимает юго-восточную часть Азиатской России и представлено двумя ее крупными субъектами — Республикой Бурятия и Забайкальским краем. Забайкалье — уникальная природная

территория. Это связано прежде всего с особым сочетанием горизонтальных и вертикальных ландшафтно-географических зон, на формирование которых повлияли рельеф, климатические и геоэкологические условия и другие факторы, отличающиеся сложностью и разнообразием. При этом многие ведущие факторы влияния на ландшафтно-географические системы взаимосвязаны. Внутриматериковое положение территории (удаленность от океанов и морей), горные сооружения и межгорные понижения (котловины байкальского и забайкальского типов), преимущественно простирающиеся с юго-запада на северо-восток, обусловили контрастный восточносибирский климат: на большей части Забайкалья — резко-континентальный, в котловинах и долинах — ультраконтинентальный, в южных районах и на побережье Байкала — умеренно континентальный. Ведущими факторами формирования и распространения геоэкологических условий являются рельеф (степень его расчлененности, экспозиция склонов и т. д.) и климат. Совокупность природных факторов влияния обусловила на севере территории преобладание сплошного развития многолетней мерзлоты, в южном направлении приоб-ретающей в основном островное и редкоостровное распространение. Для Забайкалья характерна достаточная изученность большинства компонентов природной системы, географические закономерности которых представлены в картографической форме [1].

Однако при многочисленных исследованиях тепловых свойств и термического режима почв в разных регионах России, обзор которых представлен в [2, 3], в Забайкалье крайне мало внимания уделяется изучению термических условий верхних горизонтов криолитозоны (почвы, грунтов). Между тем почвенный климат (температурный и водный режимы) как трансформированный подстилающей поверхностью и самой почвенной толщей атмосферный климат можно рассматривать в качестве приоритетного показателя общих климатических ресурсов территории, к тому же влияющий на почвообразование и природные системы в целом. К немногочисленным работам по термическому режиму почв Забайкалья следует отнести монографию В. Н. Димо [2], в которой представлена классическая классификационная схема тепловых режимов почв СССР, а также отмечены особенности режимов длительно сезонно-промерзающих и мерзлотных почв. В более поздних публикациях рассматриваются термические условия почв конкретных местоположений в отдельных районах Забайкалья [4–9].

Недостаточность знаний о географических закономерностях современного состояния термического режима почв сложной по рельефу и многолетней мерзлоте территории Забайкалья определила целесообразность проведения исследований. Основные направления работы — оптимизировать известные методические приемы анализа и оценки термического режима почвенных толщ применительно к сложным в природном отношении территориям; оценить степень влияния на летний термический режим почв внешних по отношению к ним (во многом климатических) и внутренних (тепловых свойств самой почвы) факторов; выполнить классификацию и составить картографическую модель; выявить географические закономерности термического режима почв; определить реакцию температуры почвы на современные климатические изменения.

ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ, МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ

Изучение термического режима почв основывается на массиве данных, накопленных в результате многолетних наблюдений на сети метеорологических станций Забайкальского территориального управления по гидрометеорологии [10]. Использовались данные инструментальных измерений температуры почвенной толщи 0,2–3,2 м в основном в 1964–1990 гг. Для расширения информационной базы в рассмотрение включены и короткие температурные ряды, которые для корректного их применения сопоставлялись с теми же периодами в длинных рядах наблюдений близлежащих метеостанций. Однако такое сопоставление имеет приоритетное значение лишь при одинаковых внешних и внутренних факторах влияния на температуру почвы. Выбор базового периода обусловлен тем, что в этот временной интервал наблюдения проводились на большом количестве метеостанций. В дальнейшем произошло вынужденное сокращение не только измерений температуры почвы, но и наблюдательной сети в целом, к тому же данные стали менее доступны.

Хотя используемая информация метеорологических ежемесячников имеет высокую степень надежности, тем не менее в процессе формирования массива данных о температуре почвы, ее систематизации и анализа обнаруживались некоторые неточности, которые потребовали устранения. Дополнительная корректировка значений температуры на некоторых глубинах проводилась на метеостанциях, на которых из-за мерзлотных явлений происходило выпучивание почвы (грунтов), в результате чего смещалась глубина установки термометров или вообще происходила их поломка. Нами анализировались данные каждого года многолетнего ряда, поэтому восстановление значений температуры на

конкретной глубине осуществлялось по температурам соседних глубин. Использование в 1970-х гг. электрических термометров М-54 в качестве альтернативы вытяжным термометрам не дало хороших результатов. Поскольку сведений о параллельных измерениях по этим типам термометров практически нет, то информация подвергалась дополнительной проверке, вплоть до ее исключения из анализа. С учетом устранения некоторых неточностей в используемой информации полученные средние многолетние величины температуры почвы за рассматриваемый период объективно отражают механизм внутрипочвенного теплообмена и географические закономерности. Оценка отклика температуры почвы на климатические изменения осуществлялась по многолетним рядам показателя, в которых отсутствуют нарушения их однородности и имеются доступные данные начала XXI в. Почвы существенно различаются в зависимости от местоположения метеостанции, использовались сведения об их свойствах из источников [11, 12].

Режимные наблюдения за температурой почвенной толщи 0,2–3,2 м осуществляются круглогодично на пяти (реже восьми) стандартных глубинах, в результате создан большой массив данных. Выявление закономерностей пространственного распределения и временных изменений температуры на его основе является трудной задачей, поэтому для анализа были предложены показатели максимальной информативности. К ним отнесены средняя годовая температура — обобщенная величина для всех сезонов года, средняя месячная наибольшая температура на всех глубинах, отражающая суммарный эффект накопления тепла в почвенной толще [13]. Методические приемы анализа информации о температуре всех горизонтов почвенного профиля впервые были предложены для равнинных территорий [14]. Для сложных в орографическом отношении территорий они были скорректированы [15]. Дополнительные приемы относились в основном к другой, чем на равнинах, форме изображения географического распределения температуры почвы. Заключались они в том, что все данные, полученные в локальных местоположениях (на площадках метеостанций) и отнесенные к тому или иному типу термического режима, особыми значками наносились на географическую карту. Для обобщения региональных географических закономерностей типов термического режима почв использовался метод сопряженного анализа компонентов природной среды, находящихся во взаимодействии. Учитывая, что территория Забайкалья сложна не только по характеру рельефа, но и по распространению разных типов многолетней мерзлоты (сплошное, прерывистое, островное и т. д.), предлагается несколько иная дифференциация термического режима почв. Она состоит в том, что весь массив данных о температуре почвенной толщи разбивается на градации с разными величинами интервалов, которые определяются по количественным значениям температуры и характеру ее распределения по глубине.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Взаимосвязь температуры почвы с температурой воздуха. Термический режим почв Забайкалья формировался под воздействием современных климатических условий, рельефа, многолетней мерзлоты и ряда других факторов. Из климатических показателей теплого периода года выделяется температура приземного слоя воздуха. Например, в [16] приводятся обобщающие результаты исследований по связям между средней годовой температурой воздуха и температурой почвы на глубине 0,2 м, свидетельствующие о достаточно тесной прямолинейной связи, и в то же время отмечаются различия в сезонных соотношениях, отражаемые уравнениями регрессии. В работе [2] показаны некоторые региональные различия в связях между показателями. В наших исследованиях отмечено, что взаимосвязь температуры почвы с температурой воздуха не только имеет региональные различия, но и существенно зависит от географического положения части территории в пределах крупных физико-географических регионов [14, 15]. Это утверждение согласуется с полученными результатами определения связей между температурой почвы и воздуха в Забайкалье, территориально разделенном по геокриологическим условиям. Для выявления соотношений между данными показателями привлекались многолетние значения температуры воздуха [11, 12] и почвы, рассчитанные за рассматриваемый период наблюдений.

Между средними годовыми температурами почвы на глубине 0,2 м и приземного слоя воздуха существует тесная прямолинейная связь (коэффициент корреляции 0,89). Однако из-за влияния на температуру почвы не только температуры воздуха, но и целого ряда других факторов точки связи на графике разбросаны и дифференцируются на две группы (рис. 1, а). В первом случае корреляционное поле (обозначено красными значками) представлено температурой почвы в пределах 0–3,5 °С и температурой воздуха 0÷–5 °С (коэффициент корреляции 0,69). Во втором случае (поле обозначено синими значками) температура почвы 0÷–4 °С соотносится с температурой воздуха –3÷–11 °С (коэф-

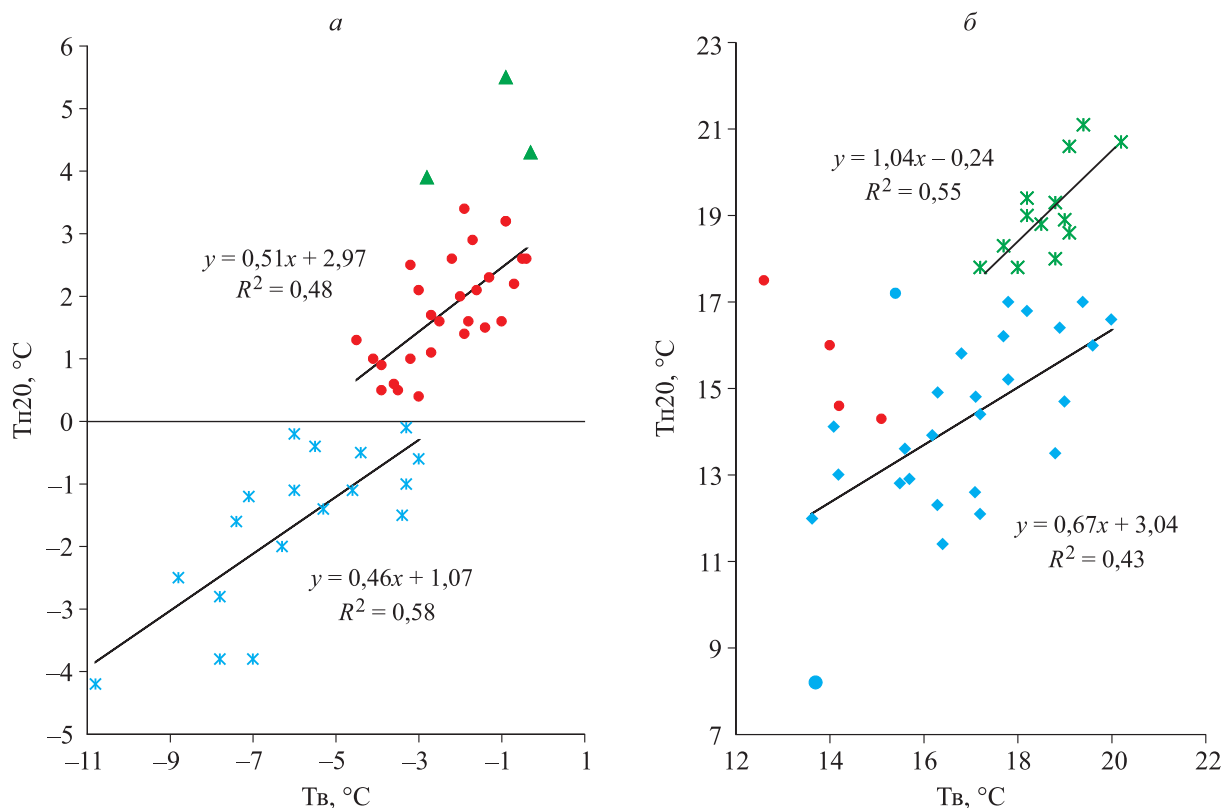


Рис. 1. Взаимосвязь температуры почвы (Тп) на глубине 20 см и температуры приземного слоя воздуха (Тв) за год (а) и в июле (б).

Характеристику полей и уравнений линейной связи см. в тексте.

коэффициент корреляции 0,76). Связь между анализируемыми показателями характеризуется прямыми, которые описываются линейными уравнениями с различными эмпирическими коэффициентами (см. рис. 1, а). Вне выделенных корреляционных полей зафиксировано несколько точек связи показателей (зеленые значки), относящихся к побережью Байкала.

Сопоставление температуры почвы на глубине 0,2 м и приземного слоя воздуха в июле выявило некоторые особенности. Как и в случае средних годовых показателей, точки связи на графике разбросаны и дифференцируются на две основные группы (см. рис. 1, б). Корреляционное поле (зеленые значки) соответствует условиям, когда температура почвы (17,5–21 °С) несколько выше температуры воздуха (17,5–20 °С), коэффициент корреляции составляет 0,74. На другом поле (синие значки) температура почвы (12–17 °С) ниже температуры воздуха (13,5–20 °С), коэффициент корреляции — 0,66. Прямые линий связей описываются уравнениями, эмпирические коэффициенты которых несколько различаются (см. рис. 1, б). Следует отметить, что характер соотношений рассматриваемых показателей на побережье Байкала (красные значки) не вписывается в общее корреляционное поле, чем подчеркиваются специфические почвенно-климатические условия на побережье. К тому же имеющуюся единичную информацию по термическим показателям в горной местности (Троицкий Прииск, 1321 м над ур. моря) с высокой долей вероятности можно охарактеризовать другой мерой сопряженности (синяя точка), которая не укладывается в общее корреляционное поле ровных поверхностей Забайкалья.

Приведенные примеры сопоставления температуры воздуха и почвы на глубине 0,2 м показали существующую между ними взаимосвязь. Мера сопряженности показателей на территории Забайкалья разная. Она зависит от географического положения в пределах крупного физико-географического региона отдельных частей территории, имеющих характерные природные особенности. Это может быть равнинная или горная поверхность, побережье Байкала и т. д. Четко разделяются эмпирические коэффициенты линейных уравнений связи между показателями в северной и южной частях территории, которым свойственны разные типы многолетней мерзлоты (распространение сплошное или редкоостровное соответственно). Дифференциацию коэффициентов связи в зависимости от географиче-

ского положения территории следует учитывать в расчетах количественных значений температуры верхних слоев почвы. Это послужит дополнительной информацией для территорий, где отсутствуют наблюдения за температурой почвы, особенно в условиях подстилаяния их талыми или многолетнемерзлыми породами.

Классификация и картографическое выражение термического режима почв. При классификации термического режима почв используется средняя годовая температура почвы как результирующая характеристика ее годового цикла, к тому же играющая большую роль в почвообразовании. Поскольку для территории Забайкалья характерны области многолетней и сезонной мерзлоты [1], то важно применить дифференцированный подход для оценки термического режима почв, подстилаемых многолетнемерзлыми и талыми породами. В рассматриваемом регионе средняя годовая температура почвы по всему вертикальному профилю изменяется от отрицательных значений на севере территории до положительных — в южных районах. Локально отмечены и сложные вертикальные профили температуры, когда верхние слои почвы имеют ее положительные значения, а нижние — отрицательные, и наоборот.

Значения средних годовых отрицательных температур по всему почвенному профилю изменяются в пределах от -4 до 0 °С, положительных — от 0 до 4 °С. Причем в поле положительных температур на юге территории встречаются и незначительные отрицательные температуры ($-0,1 \div -1$ °С). Весь массив фактических данных разделен на три группы с разными величинами интервалов. Определено пространственное распределение температуры почвы, и установлены границы контуров групп (рис. 2). К группе А отнесено поле отрицательных температур $-4 \div -1$ °С. Контур занимает северную часть Забайкалья и практически все Витимское плоскогорье. Группа Б характеризуется полем температур $-1 \div 1$ °С и сложными температурными профилями. Это переходная зона, в которой происходит смена отрицательных значений температуры на положительные. Она простирается узкой полосой с востока на запад и далее на северо-восток. В эту зону включены Баргузинская, Верхнеангарская и Муйско-Куандинская котловины: в них распространены как участки многолетней мерзлоты, так и острова таликов. Для группы В характерно положительное поле температур ($1-4$ °С) с единичным

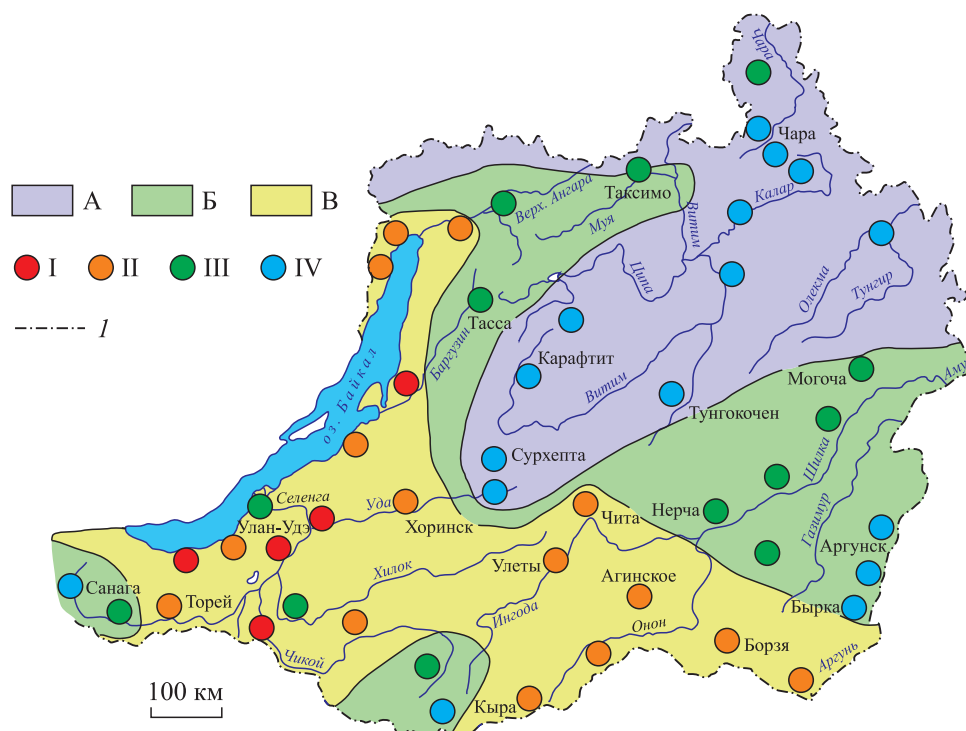


Рис. 2. Картограмма пространственного распределения термических условий почвенной толщи в Забайкалье.

Среднегодовая температура почвы, °С: А — $-4 \div -1$, Б — $-1 \div 1$, В — $1-4$. Типы термических условий почвы теплого периода года: I — теплые, II — умеренно теплые, III — холодные, IV — очень холодные. I — граница Забайкалья.

Количественная и качественная оценка термических условий почвы

Термические условия (тип)	Глубина, м	Градации температуры, °С
Теплые (I)	0,2	21–18
	0,4	19,6–16,6
	0,6	18,4–15,4
	0,8	17,2–14,2
	1,6	13,1–10,4
	2,4	10,8–8,1
	3,2	9–6,5
Умеренно теплые (II)	0,2	18–15
	0,4	16,6–13,6
	0,6	15,4–12,4
	0,8	14,2–11,2
	1,6	10,4–7,7
	2,4	8,1–5,4
	3,2	6,5–4
Холодные (III)	0,2	18–13,5
	0,4	15,8–11,3
	0,6	13,2–9,7
	0,8	11,2–8,2
	1,6	7,7–5
	2,4	5,4–2,7
	3,2	4–1,5
Очень холодные (IV)	0,2	13,5–9
	0,4	11,3–6,8
	0,6	9,7–6,2
	0,8	8,2–5,2
	1,6	5–2,3
	2,4	2,7–0
	3,2	1,5÷–1

включением отрицательных значений. Она занимает южные районы Забайкалья и побережье Байкала. В целом территориальный анализ каждой группы средней годовой температуры почвы выявил достаточно хорошую согласованность с характером распространения типов многолетнемерзлых пород (сплошным, прерывистым, островным).

Для классификации летнего термического режима почвенной толщи взяты количественные значения средней месячной наибольшей температуры в годовом цикле на всех глубинах, характеристики активных температур и другие показатели. Полученная информация систематизирована в банк данных. В пределах рассматриваемой территории температура изменяется в широких пределах. На глубине 0,2 м она варьирует от 21 до 9 °С, 3,2 м — от 9 до –1 °С. Следует отметить, что изменение температуры по глубине хотя и носит криволинейный характер (инсоляционный тип), но температурные профили существенно различаются. Это во многом зависит от того, подстигается почвенная толща многолетнемерзлыми породами (и на какой глубине) или нет. Естественно, существует зависимость и от механического состава почвообразующих пород, однородности или слоистости почвенного профиля и от других факторов влияния.

Весь массив данных по средней месячной наибольшей температуре почв, представленный в форме вертикальных профилей, разбивается на градации количественных значений с определенными интервалами. Строгих правил, определяющих ширину интервала градаций, нет. Чаще всего классификационные построения зависят от качества информационного ресурса о температуре почвы и научно-практических задач. Поскольку градации определяются по графикам вертикального распределения температуры, то интервалы выражены не круглым числом, а величинами температуры на конкретных глубинах. В основном соблюдался принцип, когда нижняя

граница интервала совпадает с верхней границей следующего интервала. Каждой градации присваивалась качественная характеристика по степени летнего нагревания почв.

С учетом широкого диапазона температуры почв на территории Забайкалья выделены четыре градации (типа) термического режима и установлена ширина их интервалов, которые уменьшаются с глубиной: в слое 0,2–0,8 м она составляет 3 °С, на глубине 3,2 м — 2,5 °С. Данная закономерность нарушена в третьей и четвертой градациях. Для этой ситуации характерна весьма высокая температура почвы в слое 0,2–0,6 м и значительное ее варьирование. Поэтому для данного слоя взята ширина интервалов 4,5 и 3,5 °С. Ступени шкалы градаций в классификационной схеме показаны в порядке убывания летнего нагревания почв (см. таблицу). Проведенная классификация термического режима почв позволила выявить региональные особенности распространения его типов и обобщить их в картографической форме (см. рис. 2).

Типу I термического режима разных по механическому составу почв (песчаным, супесчаным и суглинистым) свойственны самые высокие значения температуры (см. таблицу). Они близки к возможному нагреванию почв, обусловленному количеством поступающей солнечной энергии на земную поверхность рассматриваемой территории, и соответствуют наибольшим суммам температуры воздуха выше 10 °С. Температура 15 °С проникает до глубины 0,7–1,2 м. На глубине 0,2 м температура выше этого значения присутствует в июне–августе, а на глубине 0,8 м — в июле–августе. Активная температура (10 °С) опускается до 1,7–2,6 м. Температура выше 10 °С сохраняется в июне–сентябре до глубины 0,8 м. Встречаемость термических условий почв этого типа невелика (см. рис. 2). По качественной оценке, это теплые условия, которые зафиксированы в основном в юго-западной части рассматриваемой территории и распределяются хаотично: побережье Байкала, южное замыкание Баргузинской котловины, ровные поверхности и террасы речных долин с высотными отметками от 474 (Выдрино) до 791 м над ур. моря (Кяхта).

Тип II термических условий почв характеризуется последовательным понижением температуры по отношению к типу I. Типу II соответствуют и несколько меньшие суммы температуры воздуха выше 10 °С. По качественной оценке, это умеренно теплые условия (см. таблицу). Следует отметить, что по механическому составу почвы здесь весьма разнообразны. Преобладает сложное чередование слоев почвенной толщи: суглинки, супеси, пески с включением гальки, камней и т. д. Проникновение температуры 15 °С ограничивается глубиной 0,7 м. В верхнем слое почвы температура выше этой величины сохраняется в июле–августе, реже отмечается в июне. Температура 10 °С достигает глубины 1–1,7 м, выше этого уровня она наблюдается в июне–сентябре. На глубине 0,8 м период с температурой выше 10 °С продолжается три месяца (июль–сентябрь), в отдельных местоположениях ее присутствие отмечено и в мае. Умеренно теплые условия почв присущи разным местоположениям в котловинно-долинных и долинных природных системах с высотами поверхностей в пределах 662–907 м над ур. моря. Практически они формируют контур в южной и юго-западной частях территории, хотя имеется разрозненное присутствие других типов (см. рис. 2). Кроме того, тип II достаточно широко распространяется на побережье Байкала с высотами поверхностей от 477 до 490 м над ур. моря, где большинство из вертикальных почвенных профилей имеет более простое чередование слоев.

Типу III присуще совершенно иное распределение температуры по глубине в сложной по механическому составу почвенной толще. Здесь в верхнем слое почвы (0,2–0,6 м) наблюдается достаточно высокая температура, которая сравнима с I и II типами. Поскольку в данном почвенном слое она подвержена существенному влиянию краткосрочных изменений погодных условий, то при качественной оценке типа III целесообразно характеризовать термическое состояние почв с глубины 0,8 м. Это лучше отразит роль собственных почвенных свойств в формировании термического режима. Более того, с этой глубины начинается соблюдение принципа, когда нижняя граница интервала II типа совпадает с верхней границей интервала III типа. Согласно качественной оценке данного типа, он соответствует холодным условиям (см. таблицу). Температура 15 °С отмечена лишь до глубины 0,4–0,5 м, выше этого предела на 0,2 м она может наблюдаться в июле–августе, иногда только в июле, в отдельных местоположениях она вообще не зафиксирована. Температура 10 °С присутствует в слое 0,5–1 м, выше этой величины на 0,2 м она наблюдается в июне–августе, иногда в сентябре. На глубине 0,8 м температура выше 10 °С отмечается в основном в августе, в отдельных случаях эта величина отсутствует. Холодные условия почв присущи разным местоположениям в котловинно-долинных и долинных природных системах, отмечены они и на ровных поверхностях с высотными отметками от 400 до 984 м над ур. моря. Однако их формирование обусловлено сочетанием разных природных факторов влияния. Наибольшее присутствие холодных термических условий зафиксировано в восточной части территории, где среди многолетней мерзлоты значительные площади занимают острова таликов [17]. Тем не менее, если на участках измерения температуры присутствует многолетняя мерзлота даже на больших глубинах, то в определенной степени она оказывает охлаждающее влияние на нижние слои талой почвенной толщи. В локальных местоположениях тип III встречается не только на севере Забайкалья, но и в южных его районах (см. рис. 2).

Типу IV свойственно особое распределение температуры по глубине. В верхнем почвенном слое отмечено значительное варьирование температуры. С глубины 0,8 до 3,2 м ширина интервалов соответствует ширине интервалов, используемых для всех прежде рассмотренных типов. Характерная особенность термического состояния почв типа IV — в большинстве местоположений до глубины 2,4 м температура имеет положительные значения, глубже она сменяется слабо отрицательной. По качественной оценке, термические условия почв очень холодные (см. таблицу). В почвенном профиле температура 15 °С отсутствует. Активная температура в слое 0,2–0,6 м наблюдается главным образом в июне–августе, в отдельных северных местоположениях — в июле–августе. Температура 5 °С опускается до 0,8–1,6 м и на глубине 0,2 м сохраняется в июне–сентябре (в Троицком Приисске — в июле–августе). В пределах Забайкалья в котловинно-долинных и долинных природных системах, а также на отдельных равнинных поверхностях (высота от 469 до 1321 м над ур. моря) тип IV распространяется достаточно широко. В основном он преобладает в северных районах и на Витимском плоскогорье. Эта территория относится к области сплошной многолетней мерзлоты [1], здесь зафиксированы отрицательные средние годовые температуры по всему почвенному профилю. Отмечен тип IV на небольшой площади в юго-восточной части территории. Свои особенности имеет термический режим почв в котловинах байкальского типа [9]. Так, если тип IV распространяется на всю Верхнеангарскую котловину, то в Верхнеангарской, Муйско-Куандинской и Баргузинской котловинах могут встретиться как III, так и IV тип. Локально зафиксирован тип IV на юге Забайкалья (см. рис. 2).

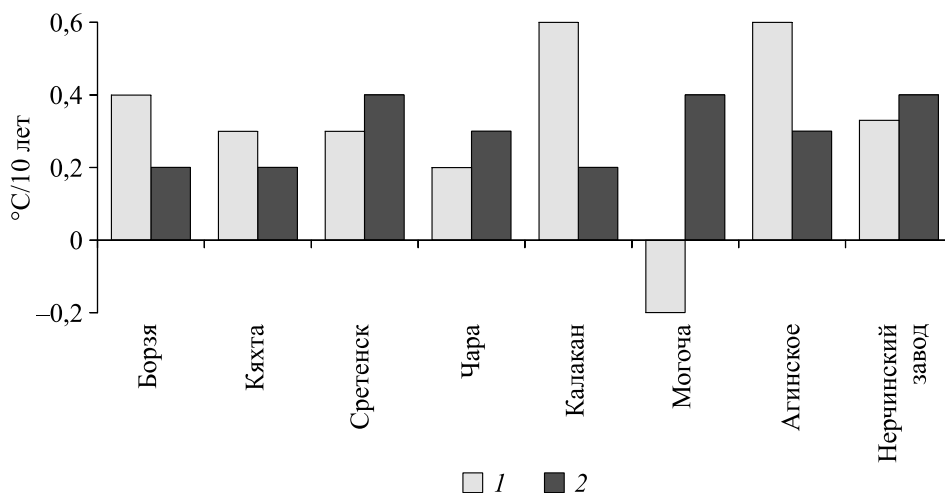


Рис. 3. Тенденции изменения температуры почвы на глубине 80 см (1) и температуры приземного слоя воздуха (2) в августе.

Тенденции современного изменения температуры почвы. На фоне глобального потепления климата важно оценить его региональные проявления. Как выяснилось [18], за 60 лет (1951–2010 гг.) в Забайкалье годовая температура воздуха в среднем по территории повысилась на 1,8 °С, в различных ее частях — от 1,2 до 2,7 °С, что превосходит глобальные изменения. Увеличение температуры зафиксировано в течение всего года, но по месяцам различается. Температура летнего периода выросла примерно на 1,5 °С. Важно оценить реакцию температуры почвы на эти изменения. Для этой цели использовались несколько многолетних рядов температуры почвы (1964–2011 гг., <http://meteo.ru/it/178-aisori>), которые относятся к разным частям рассматриваемой территории и характеризуют все типы термического режима.

На первом этапе исследований проведен корреляционный анализ температуры почвы на глубине 0,8 м и температуры воздуха в августе. Коэффициенты корреляции показателей составили в основном 0,6. Несколько ниже они по данным метеостанций Калакан, Чара и Могоча. На рис. 3 показаны значения линейных трендов данных показателей в августе. В основном на всех метеостанциях линейные тренды температуры почвы положительные. Исключение составляет метеостанция Могоча, где тренд отрицательный при положительном тренде температуры воздуха. Самое высокое значение трендов температуры почвы отмечено на метеостанциях Калакан и Агинское, самое низкое — в Чаре. Положительные тренды температуры почвы в большинстве своем близки величинам линейных трендов температуры воздуха. Значительно выше они только на метеостанциях Калакан и Агинское. В целом и по коэффициентам корреляции, и по линейным трендам определенная согласованность температурных рядов показателей существует.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка термического состояния почвенной толщи до глубины 3,2 м относится в основном к долинным и котловинно-долинным природным комплексам, которые широко распространены в Забайкалье. В южных районах характеризуются термические условия почв сравнительно выровненных поверхностей, чаще всего занятых степной и луговой растительностью. Поскольку данные природные комплексы интенсивно используются в сельском хозяйстве, то знание о термических ресурсах почв как о ключевом факторе, определяющем функционирование и продуктивность агроэкосистем, крайне важно.

Термические ресурсы почв определены только для конкретных природных систем, поэтому сложно провести дифференциацию всей территории по данному показателю. Тем не менее на картосхеме (см. рис. 2) основные ареалы того или иного типа летнего термического режима почв прослеживаются хорошо. Точечный (локальный) характер картографического изображения позволил показать разобщенность небольших участков одного типа. Более четко ареалы зафиксированы по средним годовым значениям температуры всего почвенного профиля, которые достаточно хорошо согласуются с распространением типов многолетнемерзлых пород (сплошным, прерывистым или островным).

Проведенная оценка современных изменений температуры почвы на региональном уровне свидетельствует о достаточно высокой их согласованности с изменениями температуры воздуха. Отмечены в основном положительные тренды температуры почвы, при этом повышение температуры происходит неравномерно как во времени, так и в пространстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас Забайкалья / Под общ. ред. В. Б. Сочавы. — М.; Иркутск: ГУГК, 1967. — 176 с.
2. Димо В. Н. Тепловой режим почв СССР. — М.: Колос, 1972. — 360 с.
3. Архангельская Т. А. Температурный режим комплексного почвенного покрова. — М.: ГЕОС, 2012. — 281 с.
4. Мартыанова Г. Н. Некоторые особенности теплового режима почв Онон-Аргунской степи // Климат почвы. — Л.: Гидрометеоздат, 1971. — С. 103–109.
5. Бадмаев Н. Б., Дугаров В. И. Почвенные катены Забайкалья: морфология, свойства, тепло- и влагообеспеченность // Почвоведение. — 1991. — № 11. — С. 70–79.
6. Бадмаев Н. Б. Классификационная оценка теплового режима мерзлотных катен Витимского плоскогорья // Почвоведение. — 1995. — № 9. — С. 1109–1114.
7. Куликов А. И. Пространственные мерзотно-гидротермические микроконтрасты в почвенном покрове // Почвоведение. — 1997. — № 4. — С. 505–509.
8. Худяков О. И., Кудрявцева Л. Ю., Керженцева В. В., Антипов И. К. Гидротермические поля и климат генетических горизонтов мерзлотных и холодных почв // Почвоведение. — 2000. — № 6. — С. 723–732.
9. Трофимова И. Е., Шеховцов А. И. Оценка термического режима почв котловин Прибайкалья и Северного Забайкалья // География и природ. ресурсы. — 2011. — № 4. — С. 100–107.
10. Метеорологический ежемесячник (1964–1990 гг.). — Чита. — Вып. 23, ч. 2, № 1–13.
11. Справочник по климату СССР. — Л.: Гидрометеоздат, 1966. — Вып. 23, ч. 2. — 318 с.
12. Научно-прикладной справочник по климату СССР. — Л.: Гидрометеоздат, 1989. — Сер. 3, вып. 23, ч. 1–6. — 549 с.
13. Трофимова И. Е. Эколого-географические аспекты почвенно-климатических исследований на юге Восточной Сибири // География и природ. ресурсы. — 1994. — № 2. — С. 91–99.
14. Трофимова И. Е., Балыбина А. С. Районирование Западно-Сибирской равнины по термическому режиму почв // География и природ. ресурсы. — 2015. — № 3. — С. 27–38.
15. Трофимова И. Е., Балыбина А. С. Классификация и географические закономерности термического режима почв Иркутской области // География и природ. ресурсы. — 2016. — № 4. — С. 81–90.
16. Волобуев В. Р. Соотношение между тепловым режимом почв и климатом приземного слоя воздуха // Почвоведение. — 1983. — № 2. — С. 52–63.
17. Шполянская Н. А. Вечная мерзлота Забайкалья. — М.: Наука, 1978. — 130 с.
18. Обязов В. А. Изменения современного климата и оценка их последствий для природных и природно-антропогенных систем Забайкалья: Автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. — Казань, 2014. — 38 с.

Поступила в редакцию 22 июня 2017 г.