

УДК 551.584(571.5)

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КЛИМАТА КОТЛОВИН ЮГО-ЗАПАДНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ

© 2015 г. О.В. Василенко*, Н.Н. Воропай**,**

* *Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, Россия; oksa_na85@mail.ru*

** *Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия; voropay_nn@mail.ru*

Поступила в редакцию 13.10.2014 г.

В статье анализируются данные мониторинга температурного режима на территории Тункинской и Мондинской котловин (Республика Бурятия). Исследования проводились с помощью электронных программируемых датчиков – термохрон на 35 модельных площадках в интервале высот от 718 м до 2325 м в 2007–2013 гг. Описываются многолетние климатические изменения на территории котловин Юго-Западного Прибайкалья, приводится сравнительный анализ результатов микроклиматических исследований температуры воздуха с наблюдениями на метеостанциях исследуемого района.

Ключевые слова: климат, температура воздуха, котловины юго-западного Прибайкалья, термические датчики, потепление.

Известно, что глобальное потепление в XX–XXI вв. было не вполне однородным. Наиболее интенсивным считается потепление, начавшееся после 1976 г. В это же время заметно возрос интерес к исследованиям, посвященным проблеме изменения климата. Согласно результатам работы Межправительственной группы экспертов по проблеме изменения климата (МГЭИК) с 1880 по 2012 г. повышение глобальной температуры приземного воздуха на континентах и океанах составило 0.85 (от 0.65 до 1.06) °С. С 1951 г. скорость роста температуры приземного воздуха – 0.12 (от 0.08 до 0.14) °С/10 лет, а за 1998–2012 гг. – только 0.05 (от –0.05 до +0.15) °С/10 лет. Замедление роста приземной температуры связано с естественными колебаниями климатической системы и не может служить доказательством прекращения глобального потепления [11]. Анализу происходящих климатических изменений на территории России посвящено большое количество работ [1, 4–8 и др.]. Согласно Пятому оценочному докладу МГЭИК, в отличие от глобальной ситуации, изменение климата России в целом (в среднем за год и по территории) следует охарактеризовать как продолжающееся потепление, а тенденция к замедлению потепления прослеживается только зимой. При этом многие авторы подчеркивают очень важную роль естественной изменчивости климатической системы в масштабах десятилетий, особенно для отдельных регионов.

В последние годы внимание научного сообщества привлечено к горным территориям [2, 3, 15, 16 и др.]. Этому способствовало понимание важности их эколого-климатического изучения для оценки современного состояния и прогнозирования устойчивости региональных и глобальных природных систем.

Метеорологические станции обычно располагаются на открытых местах, удаленных от зданий и других препятствий, оказывающих влияние на воздушный поток. При установке метеостанций в горных условиях, приходится учитывать особенности местного рельефа – такие, как вершина, склон и дно долины. Кроме того, на измерение климатических параметров оказывают влияние ориентация склона, угол его наклона, топографическая закрытость территории, а также неровности местности малого масштаба.

Тункинский район занимает Саяно-Прибайкальскую часть Республики Бурятия, с севера граница проходит по гольцам Восточного Саяна (Тункинским гольцам), с запада по массиву Мунку-Сардык, с юга по хребту Хамар-Дабан, с востока же ограничивается руслом реки Большая Быстрая. Ветвь котловин Юго-Западного Прибайкалья представлена шестью отдельными котловинами: Быстринской, Торской, Тункинской, Туранской, Хойтогорской и Мондинской. Благодаря местоположению, ограниченности пространства здесь сложились уникальные по своему разнообразию природно-климатические условия.

Резко континентальный климат района характеризуется большими суточными и годовыми амплитудами температур, небольшим количеством годовых сумм осадков. В холодное время года здесь господствует азиатский антициклон, ему соответствует ясная, безветренная, морозная погода. Зима с отрицательными средними суточными температурами начинается в середине ноября и длится около семи месяцев. Уже в сентябре горы покрываются снегом, а сходит он только в июне. В марте резко возрастает лавинная опасность. Летом преобладает циклоническая погода. Среднегодовая норма осадков на исследуемой территории минимальная по всему Восточному и Центральному Саяну и составляет 350–400 мм в долинах, в Тункинских гольцах – 500–600 мм, на склонах Хамар-Дабана – до 1000 мм. При этом основная масса осадков выпадает летом, а на зимние месяцы приходится 30–35 мм. Распределение снежного покрова очень неравномерно. На высоту и плотность снежного покрова значительное влияние оказывают пересеченность рельефа и перенос снега сильными западными и северо-западными ветрами. Глубоко в долинах, как правило, высота снежного покрова не превышает 0.5 м, ближе к границе леса она достигает 1–1.5 м. Снег здесь рыхлый, на склонах северной экспозиции его больше, чем на южных. Выше зоны леса под действием ветра снег уплотняется, образуя твердые застрugi, наддувы [3].

В качестве территории исследования были выбраны две котловины – Тункинская и Мондинская. Выбор продиктован тем, что черты геоморфологического строения, а также характер развития Тункинской котловины (она самая большая по площади) повторяются и в других впадинах Тункинской ветви. Здесь наблюдается наибольшая амплитуда высот (1300–2300 м) между днищем и высотой хребтов. Мондинская впадина – наиболее высокорасположенная и компактная, замыкает на западе Тункинскую ветвь котловин. Амплитуда высот между днищем и высотой хребтов составляет 550–1891 м. Благодаря особенностям ее тектонического и исторического развития она отличается от других котловин морфологией и характером развития долины.

В работе использованы данные средних месячных наблюдений на метеорологических станциях Аршан, Тунка, Кырен, Монды за период с 1960 по 2012 г. Станция Аршан (была закрыта в 1997 г.) расположена у подножья южных отрогов хребта Тункинские гольцы. Метеоплощадка базируется на обширном пологом в 240 м к востоку от берега р. Кынгарга. Абсолютная высота этого места 885 м. Поверхность террасы возвышается над рекой на

10–12 м. Основной дренаж Тункинской котловины осуществляет река Иркут, на левом берегу которой, в 2 км к северу, на ровном открытом месте находится станция Тунка (абсолютная высота 721 м). На правом берегу реки Иркут на расстоянии 2 км к югу располагается метеоплощадка станции Кырен. В районе станции котловина расширяется и достигает 22 км. Поверхность террасы, на которой расположена площадка, осложнена небольшими возвышениями и понижениями амплитудой не более 1.5 м. Абсолютная высота площадки 755 м. Метеостанция Монды базируется в горной долине верхнего течения реки Иркут, носящей название Мондинской котловины. Метеоплощадка станции расположена на ровной поверхности в 400 м к северу от реки Иркут. Абсолютная высота 1303 м.

В течение года средняя месячная температура в этом районе плавно меняется от отрицательных зимних до положительных летних значений. Изменение температуры воздуха протекает синхронно на всех метеорологических станциях и имеет лишь небольшие различия в зимний и летний периоды, что подтверждается высокими коэффициентами корреляции в отдельные месяцы, а также в среднем за год.

Самые низкие значения многолетней средней месячной температуры на станции Тунка (–25.9 °С, январь). На этой же станции отмечаются и самые высокие средние месячные температуры (17.0 °С, июль). Температура на станции Аршан, которая находится у подножья гор, на 3–6 °С выше зимой и на 2–4 °С ниже в летние месяцы. Лишь в межсезонья эта разница равна десятым долям градуса. Многолетняя средняя годовая температура на станциях имеет отрицательное значение и составляет –0.9 °С (Аршан), –2.1 °С (Кырен), –2.4 °С (Монды), –2.5 °С (Тунка).

Максимум амплитуды средней месячной температуры приходится на холодный период года, он варьирует в интервале от 6.5 °С (Тунка, октябрь) до 16.3 °С (Тунка, январь). Минимальные же значения наблюдаются в теплый период года и колеблются в пределах от 4.1 °С (Аршан, июль) до 5.9 °С (Аршан, сентябрь). Годовая амплитуда составляет 35 °С (Аршан) – 42.9 °С (Тунка).

За период инструментальных наблюдений отмечаются в основном положительные тренды температуры воздуха в течение всего года. Самый длительный период наблюдений на станции Тунка. Здесь проводятся измерения температуры воздуха с 1888 г. по настоящий момент (рис. 1). В период 1976–2012 гг. тенденции выше, чем за стандартный период (1961–1990 гг.) и за весь

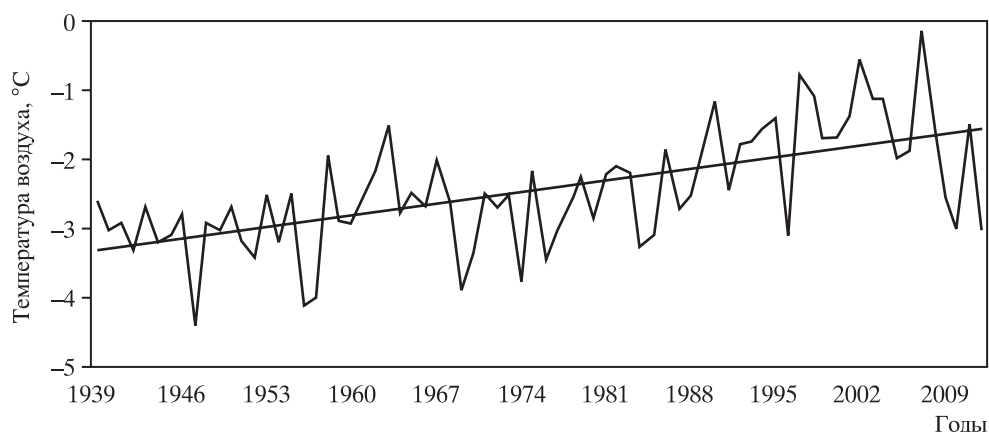


Рис. 1. Многолетние изменения температуры воздуха на метеорологической станции Тунка.

Таблица 1. Тенденции изменения температуры воздуха на метеорологической станции Тунка, °C/10 лет

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
1939–2013 гг.												
0.37	0.55	0.51	0.15	0.24	0.10	0.16	0.10	0.13	0.30	0.56	0.40	0.27
1961–1990 гг.												
0.19	-0.18	0.23	0.70	0.06	-0.14	0.01	-0.21	0.32	0.21	0.24	0.17	0.08
1976–2013 гг.												
0.52	0.87	0.83	0.70	0.45	0.26	0.09	0.51	0.26	0.45	0.90	0.48	0.55

период в целом (табл. 1). Это согласуется с глобальными тенденциями изменения температуры воздуха.

Изучению климата горных районов юга Сибири посвящено много работ. Они характеризуют климатические условия в отдельных районах, долинах, бассейнах. Но большинство из них базируется на эпизодических маршрутных исследованиях, по которым невозможно описать закономерности формирования климата в горах. По данным метеостанций района также сложно судить об особенностях климата горно-котловинных ландшафтов. Метеорологические станции на территории Тункинской долины расположены на равнинных, открытых участках, высота которых не превышает средней высоты днщ котловин.

В связи с этим в Институте географии им. В.Б. Сочавы СО РАН в 2007 г. были начаты наблюдения за температурой воздуха на территории котловин Тункинской ветви с помощью программируемых электронных датчиков – термохрон (Thermochron i-Button DS1922L-F5, Dallas Semiconductors, USA). Это датчики, представляющие собой полностью защищенный двухканальный электронный самописец (логгер), накапливающий в собственной энергозависимой

памяти значения температуры окружающей его корпус среды, с привязкой к реальному времени. Датчики были запрограммированы на измерения с периодичностью сбора показаний через каждые 3 часа, синхронно с измерениями на метеостанциях. Рассматривается профиль Тункинской и Мондинской котловин, включающий северный и южный склоны, а также днище котловин. Каждая из площадок имеет индивидуальную ландшафтную характеристику в соответствии с высотой, на которой она расположена (табл. 2). Охвачены гольцовые, подгольцовые, горнотаежные лиственничные, подгорные лиственнично-кедровые и сосновые, лугово-болотные и лугово-степные ландшафты, а также антропогенно-нарушенные участки.

Всего на территории котловин организовано 35 модельных площадок, с установленными на них термохронами: 23 расположены в Тункинской котловине в интервале высот от 718 м до 2119 м, 12 – в Мондинской котловине в интервале высот от 1264 м до 2325 м. На выбранных площадках термохрон устанавливался на дереве на высоте 2 м с северной стороны ствола. На сегодняшний день получены срочные данные по температуре воздуха за период с 2007 по 2013 г.

Таблица 2. Расположение площадок исследования

Площадка	Тункинская котловина										
	T2	T7	T8	T11	T4	T10	T9	T26	T15	T14	T13
Экспозиция	Ю	Ю	Ю	Ю	Ю	Ю	Ю	С	С	С	С
Высота, м	863	946	1210	1071	1418	1735	1968	818	980	1070	1192
Площадка	T27	T16	T23	T22	T1	T26	T17				
	С	Д	Д	Д	Д	Д	Д				
Экспозиция	С	Д	Д	Д	Д	Д	Д				
Высота, м	1405	736	769	786	806	817	720				
Площадка	Мондинская котловина										
	M12	M10	M5	M4	M3	M2	M1	M8	M7	M9	M6
Экспозиция	Д	Ю	Ю	Ю	Ю	Ю	Ю	С	С	С	С
Высота, м	1274	1380	1695	1941	2105	2167	2325	1627	1887	1403	1996

Примечание: Д – днище котловины

Проведена статистическая обработка и анализ полученных данных. Для каждой площадки рассчитаны средние месячные, экстремальные температуры, амплитуда суточных, месячных, годовых колебаний, оценены вертикальные температурные градиенты на склонах котловин, проведен корреляционный анализ с данными метеорологических станций.

Средняя годовая температура воздуха на территории Тункинской котловины отрицательная, на северном ее склоне она составляет -1.6°C , что на 0.4°C ниже, чем на склоне южной экспозиции (табл. 3). Средняя годовая температура воздуха, зафиксированная датчиками, расположенными в днище котловины, заметно ниже, чем на северном и южном склонах, что не соответствует общепринятым закономерностям распределения температуры воздуха межгорных областей. Это можно объяснить наличием в котловине крупного озерно-болотного комплекса, оказывающего охлаждающее влияние на территорию модельных площадок. Если же оценивать температурный режим днища котловины только по данным метеостанции Тунка, то средняя годовая температура здесь примерно на 2°C выше, чем на склонах. На территории Мондинской впадины средняя годовая температура воздуха отрицательная, температура на склоне северной экспозиции равна -4.4°C , склон южной экспозиции теплее северного, здесь средняя годовая температура воздуха -3.9°C , днище котловины теплее северного и южного склона в среднем на 2°C .

Стоит отметить, что разница между средней годовой температурой воздуха северного и южного склонов Тункинской котловины и склонами Мондинской котловины составляет $2.7\text{--}2.8^{\circ}\text{C}$, а разница между температурами датчиков, распо-

ложенными в днище котловин всего 0.2°C , в то время как среднегодовая температура на метеостанции Тунка выше на 4°C , чем на метеостанции Монды.

Средняя температура января на территории Тункинской котловины варьирует в пределах от -25.1°C (днище) до -18.7°C (южный склон), температура воздуха на северном склоне равна -20.5°C . Средние январские температуры воздуха на склонах Мондинской котловины в среднем на 2°C ниже, чем на склонах Тункинской котловины, а температура днища на 3°C выше.

Разница между средней температурой июля северного и южного склонов Тункинской котловины не столь значительна (0.2°C), днище котловины в июле значительно теплее, здесь средняя температура воздуха равна 19.4°C . В Мондинской котловине это значение равно 15.6°C , а разница между средней температурой июля северного и южного склонов -0.6°C . В целом средняя температура воздуха в июле на территории Тункинской котловины на 3.8°C выше температуры воздуха в Мондинской котловине.

Абсолютный максимум температуры воздуха на территории Тункинской котловины отмечен в июле в центральной ее части и равен $+40.9^{\circ}\text{C}$, на склонах южной и северной экспозиции эти показатели равны $+36.5^{\circ}\text{C}$ и $+33.0^{\circ}\text{C}$ соответственно. Значения абсолютного максимума на территории Мондинской котловины в среднем на 3.5°C ниже.

Абсолютный минимум температуры воздуха на склонах и в днище Тункинской котловины наблюдается в декабре, минимальное значение этого показателя зафиксировано в днище котловины (-41°C). На склонах абсолютный минимум температуры

Таблица 3. Статистические характеристики температуры воздуха, °С

Характеристики	Тункинская котловина				Мондинская котловина			
	Мст. Тунка	Сев. склон	Южн. склон	Днище	Мст. Монды	Сев. склон	Южн. склон	Днище
Средняя годовая	0.6	-1.6	-1.2	-2.6	-3.6	-4.4	-3.9	-2.4
Средняя за январь	-24.2	-20.5	-18.7	-25.1	-22	-22.7	-20.2	-21.8
Средняя за июль	18.7	16.6	16.4	19.4	14.4	13	12.4	15.6
Абс. макс.	32.6	33	36.5	40.9	35	33	28	34
Месяц	Август	Июль	Август	Август	Июнь	Июнь	Июнь	Июнь
Высота, м	721	1192	964	736	1303	1867	1995	1264
Абс. мин.	-40.1	-33.5	-37	-41	-36.5	-35	-35	-38.6
Месяц	Дек.	Дек.	Дек.	Дек.	Февр.	Февр.	Дек.	Дек.
Высота, м	721	1192	1968	739	1303	1867	2325	1264

воздуха равен -33.5 °С (северный) и -37 °С (южный). Значения абсолютного минимума температуры воздуха на территории Мондинской котловины на склонах северной и южной экспозиции равны -35 °С, в днище котловины этот показатель равен -38.6 °С. Разница между абсолютным минимумом температуры воздуха Тункинской и Мондинской котловины в среднем составляет 2 °С (табл. 3).

Рассмотрим распределение температуры на склонах котловин. Для исследуемой территории характерны котловинные эффекты, в частности, инверсия температуры – повышение температуры воздуха с высотой, вместо обычно наблюдаемого падения. Причинами возникновения инверсий может быть застой выхоложенного воздуха во внутренних частях горных массивов ночью и зимой. Инверсию температуры можно характеризовать высотой нижней границы, т.е. высотой, с которой начинается повышение температуры, толщиной слоя, в котором наблюдается повышение температуры с высотой, и разностью температур на верхней и нижней границах инверсионного слоя – градиентом температуры. Градиент температуры воздуха при инверсионном процессе отрицательный (температура воздуха повышается с высотой). Анализ проводился на основе круглогодичных срочных данных температуры воздуха на модельных площадках, расположенных на склонах Тункинской котловины. Градиент температуры воздуха определялся как разность температуры воздуха в одинаковые сроки на разных высотах, отнесенная к разности высот.

На южном макросклоне Тункинской котловины (Тункинские гольцы) расположено 7 модельных площадок в интервале высот от 863 м до 1968 м над уровнем моря (табл. 2). Инверсии отмечаются по всей протяженности исследуемого склона и наблюдаются в течение всего года, достигая максимальных характеристик (вертикальный градиент -13 °С/100 м, продолжительность 8.5 суток) в холодное время года, в ночные часы. Также на зимний период приходится максимальные показатели продолжительности инверсии. В слое от 946 до 1071 м над уровнем моря отмечаются непрерывные инверсии от 2 до 8.5 суток. Чем выше исследуемый слой, тем меньше повторяемость случаев инверсии. С высотой суточный максимум температурного градиента смещается с утреннего на вечерне-ночное время.

На склоне северной экспозиции Тункинской котловины (хр. Хамар-Дабан) расположено 5 ключевых участков. Здесь также наблюдается увеличение температуры воздуха с высотой по всему исследуемому склону (датчики установлены в интервале высот 818–1405 м над уровнем моря). До высоты 1070 м над уровнем моря инверсии наблюдаются в утренне-дневное время суток (6:00–12:00) и имеют максимальный температурный градиент от -5 °С/100 м (июль) до -1.5 °С/100 м (январь). В отличие от склона южной ориентации, здесь градиенты достигают максимальных величин в теплое время года. Далее по склону, до высоты 1192 м отрицательный градиент отмечается в вечерне-ночное время суток (18:00–03:00), максимальное значение в теплый период года (-3 °С/100 м, июнь), минимум приходится на декабрь (-0.6 °С/100 м). Максимальные

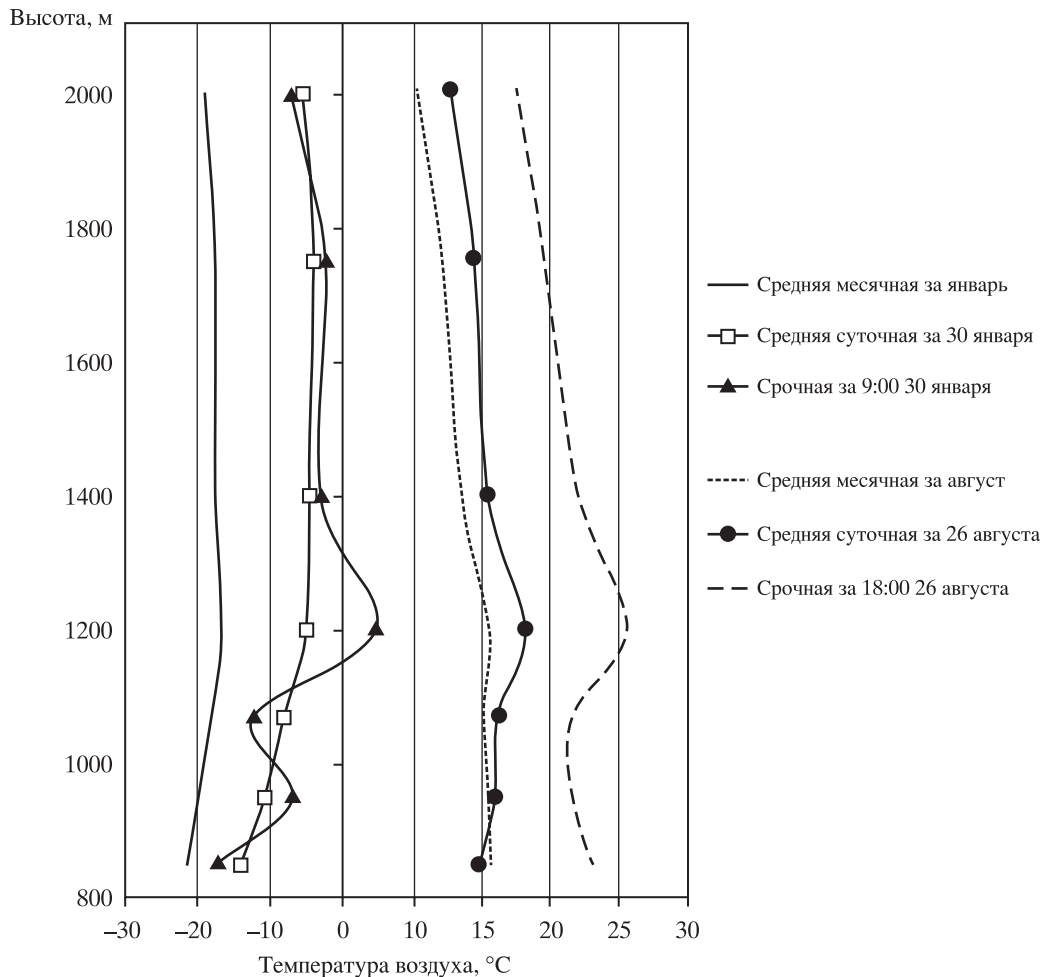


Рис. 2. Изменение температуры воздуха с высотой на территории Тункинской котловины.

значения непрерывной инверсии на склоне северной экспозиции отмечаются в весенний период (до 7.5 суток).

Температурные инверсии в Мондинской котловине, так же, как и в Тункинской, наблюдаются в течение всего года. На склоне южной экспозиции 7 модельных площадок, расположенных в интервале высот от 1274 м до 2325 м над уровнем моря. Инверсии здесь отмечаются с начальной точки наблюдения и по всему склону. Максимальная их продолжительность составляет 5 суток, максимальный температурный градиент ($-7\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$), как и в Тункинской котловине, наблюдается в холодный период года. Кроме того, здесь наблюдаются те же закономерности роста температурного градиента с высотой.

Инверсионные процессы на северном склоне Мондинской котловины повторяют те же особенности распределения, что и на южном склоне. Но характеристики температурной инверсии на склонах разной экспозиции Мондинской котловины имеют значительные количественные отличия.

Так, температурный градиент на северном склоне в несколько раз меньше по сравнению со склоном южной экспозиции. Максимальный градиент приходится на холодный период года и равен $-2.5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$. Также отличаются значения продолжительности инверсий. На склоне северной ориентации непрерывные инверсии наблюдаются не более суток.

Выше описано распределение инверсий температуры воздуха на основе анализа срочных данных. Если же температуру воздуха усреднить до средних суточных, а тем более средних месячных значений, то картина будет более сглаженная. Так, на склоне южной экспозиции Тункинской котловины согласно анализу средних месячных температур, инверсии наблюдаются лишь до отметки 1200 м. Температурный градиент при этом не превышает $-1.5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$.

Для иллюстрации вышесказанного нами были выбраны сутки с наибольшим температурным градиентом за холодный и теплый периоды года. В данном случае это 30 января и 26 августа 2011 г.

На рис. 2 хорошо видно, как при последовательном сглаживании (осреднении) данных сглаживается ход температуры и соответственно высотного градиента.

Таким образом, впервые для территории Юго-Западного Прибайкалья проведена оценка температурного режима по данным срочных круглогодичных наблюдений. Выявленные особенности распределения температуры воздуха в горно-котловинных ландшафтах могут быть использованы для экстраполяции точечных данных на обширную территорию и для реконструкции климатических изменений, верификации моделей регионального климата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антропогенные изменения климата / Под ред. Бudyko M.I. и Израэля Ю.А. Л.: Гидрометеоздат, 1987. 406 с.
2. Башалханова Л.Б., Буфал В.В., Русанов В.И. Климатические условия освоения котловин Южной Сибири. Новосибирск: Изд-во Наука, 1989. 159 с.
3. Белоусов В.М., Будэ И.Ю., Радзиминович Я.Б. Физико-географическая характеристика и проблемы экологии юго-западной ветви Байкальской рифтовой зоны: Учеб. пособие. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2000. 160 с.
4. Борзенкова И.И. О природных индикаторах современного глобального потепления // Метеорология и гидрология. 1999. № 6. С. 98–110.
5. Винников К.Я., Гройсман П.Я., Лугина К.М., Голубев А.А. Изменения средней температуры воздуха Северного полушария за 1841–1985 гг. // Метеорология и гидрология. 1987. № 1. С. 11–20.
6. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Рочева Э.В. Анализ глобальных данных об изменениях приземной температуры воздуха за период инструментальных наблюдений // Метеорология и гидрология. 1989. № 1. С. 22–31.
7. Израэль Ю.А., Павлов А.В., Анохин Ю.А., Мяс Л.Т. и др. Статистические оценки динамики изменения элементов климата в районах вечной мерзлоты на территории Российской Федерации // Метеорология и гидрология. 2006. № 5. С. 27–38.
8. Ипполитов И.И., Кабанов М.В., Комаров А.И., Кусков А.И. Современные природно-климатические изменения в Сибири: ход среднегодовых приземных температур и давления // География и природные ресурсы. 2004. № 3. С. 90–96.
9. Севастьянов В.В. Климатические ресурсы Горного Алтая и их прикладное использование. Томск: Изд-во ТГПУ. 2009. 252 с.
10. Сухова М.Г., Русанов В.И. Климаты ландшафтов Горного Алтая и их оценка для жизнедеятельности человека. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2004. 150 с.
11. IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. and Midgley, P.M. (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 p.

REFERENCES

1. *Antropogennye izmeneniya klimata* (Anthropogenic Changes of Climate), Budyko M.I. and Izrael Yu.A., Eds. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1987. 406 p.
2. Bashalkhanova L.B., Bufal V.V., and Rusanov V.I. *Klimaticheskie usloviya osvoeniya kotlovin Yuzhnoi Sibiri* (Climatic Conditions of Exploration of South Siberian Depressions). Novosibirsk: Nauka Publ., 1989. 159 p.
3. Belousov V.M., Bude I.Yu., Radziminovich Ya.B. *Fiziko-geograficheskaya kharakteristika i problemy ekologii yugo-zapadnoi vetvi Baikal'skoi riftovoi zony* (Physical-Geographical Characteristic and Environmental Problems of the Southwestern Branch of Baikal Rift Zone). Irkutsk: Irkut. Gos. Univ., 2000. 160 p.
4. Borzenkova I.I. Natural indicators of modern global warming. *Meteorol. Gidrol.*, 1999, no. 6, pp. 98–110. (In Russ.).
5. Vinnikov K.Ya., Groisman P.Ya., Lugina K.M., and Golubev A.A. Changes of average air temperature in Northern Hemisphere from 1841 to 1985. *Meteorol. Gidrol.*, 1987, no. 1, pp. 11–20. (In Russ.).
6. Gruza G.V., Ran'kova E.Ya., and Rocheva E.V. Analysis of global data on changes in surface air temperature during instrumental monitoring. *Meteorol. Gidrol.*, 1989, no. 1, pp. 22–31. (In Russ.).
7. Izrael Yu.A., Pavlov A.V., Anokhin Yu.A., Myach L.T., and Sherstyukov B.G. Statistical estimates of changes in climate elements in permafrost regions of the Russian Federation. *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2006, no. 5, pp. 19–28.
8. Ippolitov I.I., Kabanov M.V., Komarov A.I., and Kuskov A.I. Modern natural-climatic changes in Siberia: dynamics of annual average surface temperatures and pressure. *Geogr. Prirod. Resur.*, 2004, no. 3, pp. 90–96. (In Russ.).
9. Sevost'yanov V.V. *Klimaticheskie resursy Gornogo Altaya i ikh prikladnoe ispol'zovanie* (Climatic Resources of Mountainous Altai and Their Use). Tomsk: Tomsk. Gos. Pedagog. Univ., 2009. 252 p.
10. Sukhova M.G. and Rusanov V.I. *Klimaty landshaftov Gornogo Altaya i ikh otsenka dlya zhiznedeyatel'nosti cheloveka* (Climates of Mountainous Altai Landscapes and Their Assessment for Human Activities). Novosibirsk: Sib. Otd., Ross. Akad. Nauk. 2004. 150 p.
11. IPCC, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Stocker T.F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., and Midgley P.M. Eds. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press, 2013. 1535 p.

**Features of Climate Formation of Depressions
in South-Western Baikal Region O.V. Vasilenko*
and N.N. Voropay****

** Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Irkutsk,
Russia; oksa_na85@mail.ru*

*** Institute of monitoring of climatic and ecological systems, Siberian branch, Russian Academy
of Sciences, Tomsk, Russia; voropay_nn@mail.ru*

Data of the monitoring of air temperature in the South-Western Baikal region in the areas of Tunkin and Mondin depressions (the Republic of Buryatia) is analyzed. Year-round observations of air temperatures were carried out from 2007 to 2013 using programmable electronic temperature sensors DS1922L-F5, mounted at 35 observation sites located at altitudes from 718 to 2325 meters. The long-term climatic changes in depressions are described, and a comparative analysis of the results of microclimatic studies of air temperature with observations of weather stations at the study area is provided. The obtained results demonstrated features of the temperature distribution in the mountain-depression landscape. Results can be extrapolated to vast areas and used at modeling of regional climate peculiarities.

Keywords: climate, air temperature, depressions of southwestern Baikal region, thermal sensors, warming.