

УДК 551.501;551.508

М.А. Мусаева *

**МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА
ЗИМОЙ И ЛЕТОМ НА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ
БОЛЬШОГО КАВКАЗА***БОЛЬШОЙ КАВКАЗ, ПЛОЩАДЬ, ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА, РЕЛЬЕФ, КОЭФФИЦИЕНТ ВАРИАЦИИ, МОДУЛЬНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ, КОЭФФИЦИЕНТ АСИММЕТРИИ, СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ СКЛОН*

В работе исследованы многолетние колебания температуры воздуха на северо-восточной части Большого Кавказа. Было выявлено, что температура воздуха увеличилась зимой приблизительно на 0,7 °С, летом 0,9 °С за период с 1991 по 2009 гг.

Метеорологические элементы, в том числе температура воздуха и атмосферные осадки являются основными факторами, отражающими физико-географические, природно-ландшафтные, экологические, социально-экономические, в том числе и гидрологические особенности того или иного региона. С этой точки зрения работа посвящена выявлению закономерностей в многолетних изменениях температуры воздуха на северо-восточной части Большого Кавказа, что представляет собой большой научный и практический интерес в решении разнообразных гидрологических задач. Здесь можно отметить, что различные аспекты многолетней изменчивости температуры воздуха по территории республики исследовались такими известными учеными как Э.М. Шыхлинским [3], С.Г. Сафаровым [5, 6], Ю.Д. Гадиевым [1, 2] и другими исследователями.

Нами же исследованы многолетние изменения зимних и летних величин температуры воздуха. В качестве исходного материала были использованы среднемесячные температуры воздуха за период 1961...2009 гг. по метеорологическим (М) станциям Губа (550 м), Хачмас (27 м), Хыналыг (2301 м), Халтан (1104 м), Гырыз (2006 м), Алтыгадж (1099 м), которые расположены на равнинной, предгорной и высокогорной территории исследуемого региона.

* Министерство экологии и природных ресурсов Азербайджанской Республики, Гидрометеорологический НИИ. Баку, Азербайджан

При проверке репрезентативности используемых рядов температуры воздуха, основное внимание уделено восстановлению потерянных данных и приведению короткорядных данных к длиннорядным. Для этого использован хорошо известный метод, который с успехом используется в решении задач по изменению климата [4].

Для выявления многолетней тенденции изменения температуры воздуха в этом регионе также был использован метод разности [4] и метод линейного тренда. С помощью метода разности сравнивались средне-голетние значения зимней и летней температур за периоды 1991...2009 гг. и 1961...1990 гг., а с помощью линейного тренда оценивались изменения температуры за период 1961...2009 гг.

При обработке исходных данных были вычислены такие статистические характеристики, как средние значения исследуемых рядов за периоды 1961...1990 гг. (t_1) и 1991...2009 гг. (t_2), среднеквадратические отклонения за эти же периоды (σ_1 , °C) и (σ_2 , °C), уравнения линейного тренда многолетней динамики за период 1961...2009 гг. и их коэффициенты корреляции (r), а также интегральные величины аномалий температуры воздуха.

По методу разности, в зимнем сезоне внутригодовая изменчивость температуры воздуха в 1991...2009-х годах в целом была мала по сравнению с периодом 1961...1990-х годов (табл. 1). Исключение составили данные по М Хыналыг и М Халтан, по-видимому, это можно объяснить тем, что некоторая часть данных этих станций были восстановлены расчетным путем.

Таблица 1

Параметры изменения зимней температуры воздуха за 1961...1990 и 1991...2009 гг.

Станция	t_1 , °C	t_2 , °C	$t_2 - t_1$, °C	σ_1 , °C	σ_2 , °C
Губа	0,3	1,1	+0,8	1,9	1,3
Хачмас	2,6	3,1	+0,5	1,3	1,1
Хыналыг	-3,5	-3,3	+0,2	1,5	1,8
Халтан	-1,8	-1,3	+0,5	1,0	1,7
Гырыз	-3,4	-3,3	+0,1	2,1	1,6
Алтыгадж	-0,6	0,1	+0,7	2,2	1,6

На северо-восточном склоне Большого Кавказа за период 1991...2009-е годы зимняя температура воздуха по сравнению с 1961...1990 годами увеличилась (табл. 1, 2). Итак, зимой температура воздуха возросла примерно на М Губа на 0,8 °C, М Хачмас на 0,5 °C,

М Алтыгадж на 0,7 °С, М Халтан на 0,5 °С, М Хыналыг на 0,2 °С и М Гырыз на 0,1 °С.

Таблица 2

Параметры изменений летней температуры воздуха за 1961...1990,
1991...2009 гг.

Станция	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$t_2 - t_1, ^\circ\text{C}$	$\sigma_1, ^\circ\text{C}$	$\sigma_2, ^\circ\text{C}$
Губа	20,5	21,2	+0,7	1,3	1,2
Хачмас	22,8	23,7	+0,9	1,2	1,1
Хыналыг	12,7	13	+0,3	0,7	2,9
Халтан	18,5	18,7	+0,2	0,8	1,1
Гырыз	12,6	13,4	+0,8	1,1	1,3
Алтыгадж	17,5	17,8	+0,3	2,2	2,0

Летом температура воздуха в течение последних 20 лет возросла в среднем: в Алтыгадже на 0,3 °С, в Хыналыге на 0,3 °С, в Губе на 0,7 °С, в Хачмасае на 0,9 °С, в Халтане на 0,2 °С и Гырызе на 0,8 °С.

Для уточнения изменения температуры воздуха за рассматриваемый период был использован метод линейного тренда. Были вычислены скорости изменения температуры воздуха за десятилетие ($\Delta T/10$ лет, °С), изменения температуры воздуха за период 1991...2009 годы ($\Delta T/19$ лет, °С), а также коэффициенты корреляции зависимостей изменения температуры воздуха по времени (r), которые характеризуют статистические значимости изменения температуры воздуха. Как указано в [8], при длине ряда метеорологических элементов равной 19 лет, нижняя граница статистически значимых значений коэффициента корреляции составляет 0,28.

За 49 лет на северо-восточном склоне Большого Кавказа зимняя температура воздуха, за исключением М Хыналыг (-0,3 °С) и М Гырыз (-0,7 °С), увеличилась на 0,7...1,6 °С (табл. 3). Но все эти изменения оказались статистически незначимыми, так как, для всех станций коэффициенты корреляции линейного тренда оказались меньшими 0,28 (кроме М Губа). Это говорит о том, что подобные изменения носили случайный характер.

Из данных табл. 4 видно, что за период 1991...2009 гг. летняя температура (по методу линейного тренда) увеличилась на 0,2...8,1 °С, с наименьшим значением в Алтыгадже и с наибольшим значением в Хыналыге. Только в Алтыгадже увеличение летней температуры оказались статистически значимым.

Таблица 3

Некоторые статистические характеристики временных рядов зимней температуры воздуха

Станция	$\Delta T/10$ лет, °C	$\Delta T/49$ лет, °C	Коэффициент корреляции, r
Губа	0,32	1,56	0,32
Хачмас	0,20	0,97	0,23
Хыналыг	-0,06	-0,3	0,02
Халтан	0,10	0,49	0,04
Гырыз	-0,13	-0,7	0,10
Алтыгадж	0,15	0,73	0,11

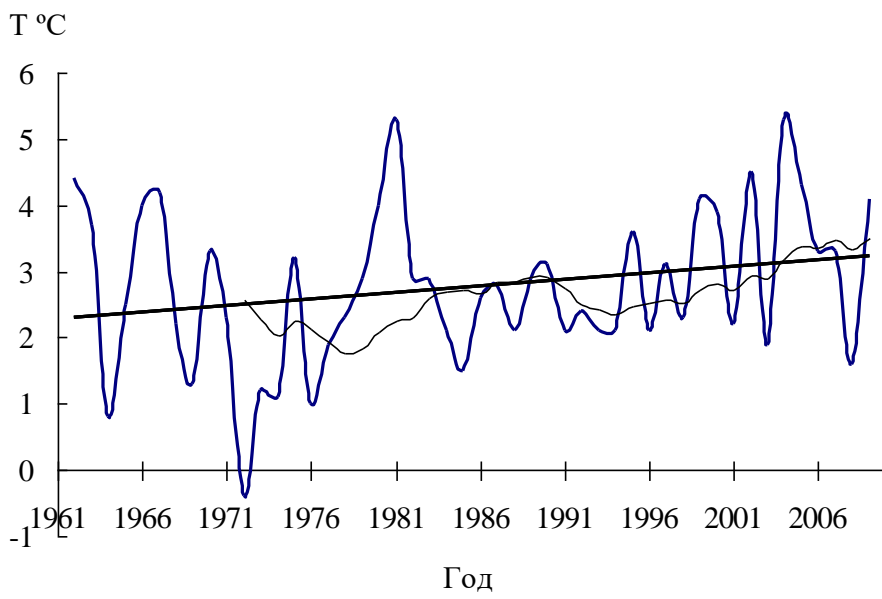
Таблица 4

Некоторые статистические характеристики временных рядов летней температуры воздуха

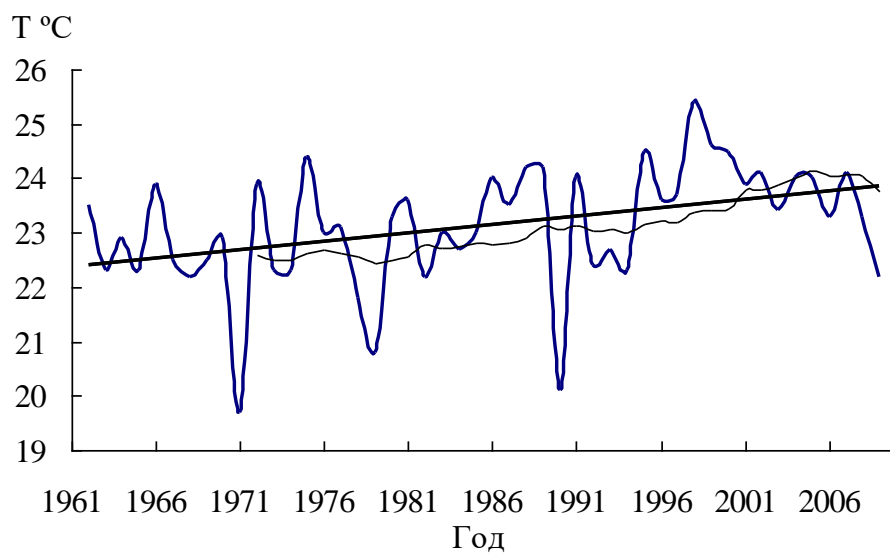
Станция	$\Delta T/10$ лет, °C	$\Delta T/49$ лет, °C	Коэффициент корреляции, r
Губа	0,35	1,7	0,38
Хачмас	0,30	1,5	0,38
Хыналыг	1,66	8,1	0,46
Халтан	0,52	2,5	0,36
Гырыз	0,30	1,5	0,36
Алтыгадж	0,08	0,21	0,06

Для всех станций были построены графики изменений во времени сезонных величин температуры воздуха, а также графики изменения интегральных величин накопленных сумм аномалий. На рис. 1-2 в качестве примера они проведены для М Хачмас. Анализ графиков показал, что для всех станций прослеживается тенденция повышения температуры.

Как известно, температура воздуха в атмосфере уменьшается с высотой. Средняя многолетняя годовая температура изменяется от 7...8 °C у подножья гор до 4...5 °C на высоте 2300 м и близка к температуре апреля. В теплый период года (апрель-ноябрь) эта закономерность выражена почти прямой линией с градиентом 0,54...0,58 °C на 100 м. В холодный период распределение температуры носит более сложный, инверсионный характер [2]. Благодаря фенам и оттоку холодного воздуха на предгорную равнину в зоне до 1500 м осенью и весной температура почти не меняется по высоте, а с декабря по февраль даже повышается в среднем на 0,4 °C на каждые 100 м. Выше наблюдается однообразное падение температуры с градиентом 0,6 °C.



а)



б)

Рис. 1. Изменения во времени температуры воздуха на М Хачмас за период 1961...2009. а) зима, б) лето.

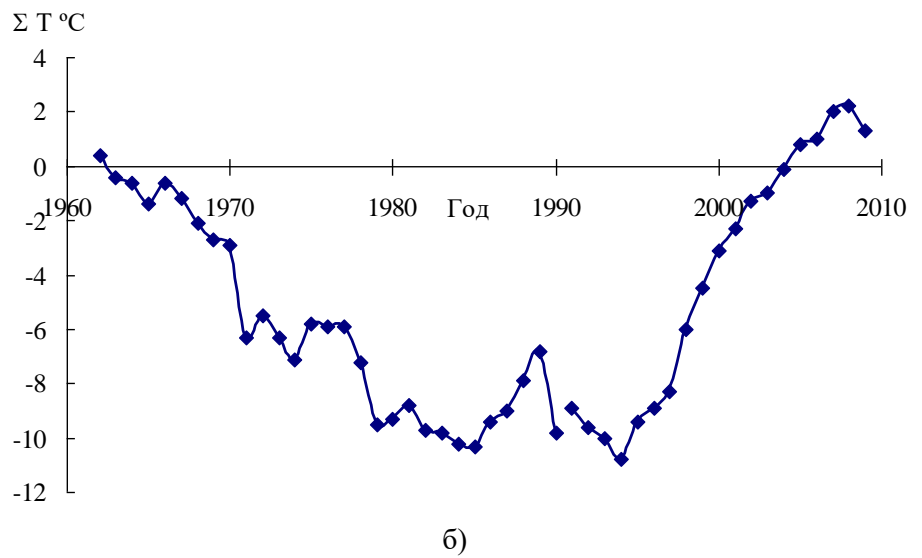
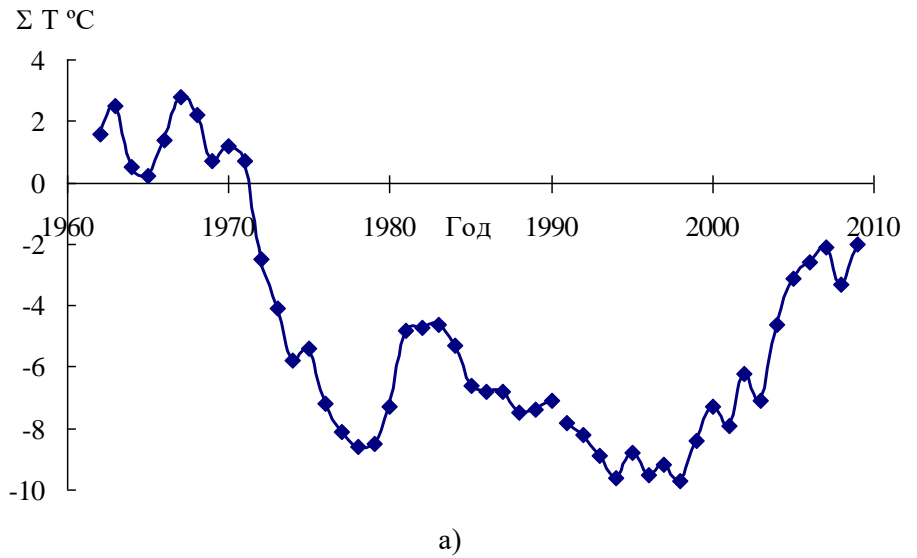


Рис. 2. Изменение интегральных величин аномалий температуры воздуха на М Хачмас. а) зима, б) лето.

В среднем осенний переход температуры воздуха через 0 °С за пределами гор совершается в первой декаде ноября, с увеличением высоты дата сдвигается на более ранние сроки до конца октября на высотах 1300...1400 м и первых чисел октября на 2300...3000 м [7]. Переход весной в сторону положительных температур на высотах до 1500 м совершается почти одновременно, в первой декаде марта, а на больших высотах затягивается до первой декады мая. Продолжительность холодного перио-

да под горами составляет более четырех месяцев, на высоте 1300...1400 м она уменьшается до трех с половиной месяцев, выше возрастает в среднем на 7...8 дней на каждые 100 м высоты. На высоте 2000 м холодный период в среднем длится уже пять месяцев, а на высоте выше 2300 м более семи месяцев. Увеличение продолжительности холодного периода (периода снегонакопления) с высотой является важным фактором увеличения количества влаги, аккумулируемой в виде снега [7].

В табл. 5 были подсчитаны значения многолетней нормы за период 1991...2009 гг. (t_1) и за период 1961...1990 гг. (t). Установлено, что норма за период 1961...1990 гг. в среднем на 0,5...0,8 °С ниже нормы периода 1991...2009 гг. Этот факт свидетельствует, о повышении температуры воздуха начиная с 1990 года.

Таблица 5

Изменение средней многолетней температуры воздуха за 1961...1990 гг. и 1991...2009 гг. по высоте в северо-восточной части Большого Кавказа.

Станция	t , °С	t_1 , °С	Высота, м
Хачмас	12	12,8	27
Губа	10,2	10,8	550
Алтыгадж	8,5	8,9	1099
Халтан	8,2	8,7	1104
Гырыз	4,7	5,2	2006
Хыналыг	4,3	5,0	2301

По этим данным были построены графики изменений по высоте многолетних величин температуры воздуха. Получилась отрицательная функциональная зависимость и коэффициент корреляции $r = -0,99$ (рис. 3, 4).

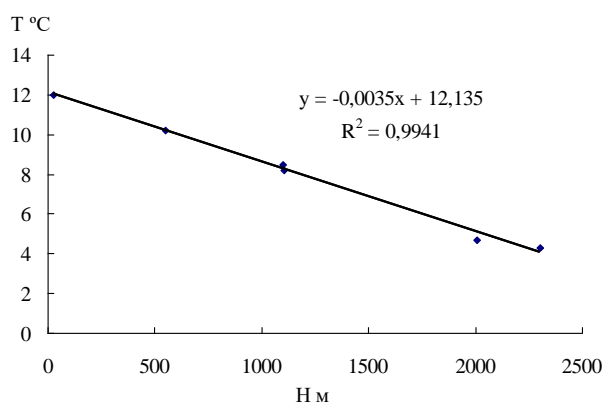


Рис. 3. Изменение средней многолетней температуры воздуха по высотам в северо-восточной части Большого Кавказа, за период 1961...1990 гг.

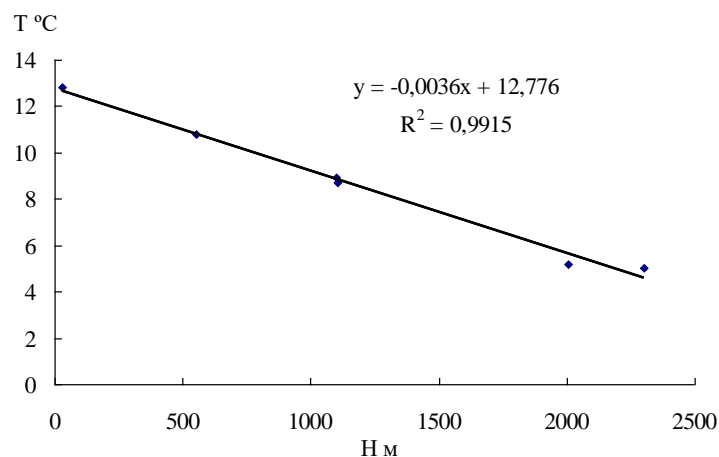


Рис. 4. Изменение средней многолетней температуры воздуха по высотам в северо-восточной части Большого Кавказа, за период 1991...2009 гг.

В табл. 6 приведены статистические характеристики среднегодовых температур воздуха за период 1961...2009 гг.

Таблица 6

Некоторые статистические характеристики средних годовых температур воздуха за период 1961...2009 гг.

Станция	T , °C	σ	C_v	C_s	r
Хачмас	12,5	0,69	0,055	0,12	0,32
Губа	10,4	0,76	0,072	0,16	0,17
Алтыгадж	8,7	0,90	0,1	0,45	0,26
Халтан	8,6	0,75	0,087	-0,51	0,09
Гырыз	4,9	0,70	0,14	0,017	0,29
Хыналыг	4,8	1,1	0,22	-0,41	0,67

Для изучения климата высокогорных районов Большого Кавказа в 2009-ом году был создан научно-исследовательский центр «Комплекс гидрометеорологии и экологии» на высоте 2712 м. Для комплекса выбран район верховья р. Кусарчай; у подножья южной части г. Шахдага. На каждой из 3-х высот открыты автоматические метеостанции. Данные с этих метеостанций передаются в центр. Измеряются все метеорологические элементы. По данным 2010 года повышение температуры воздуха на станции Шахдаг начинается в середине марта, понижение в сентябре. Максимальные значение температуры воздуха за год были в конце июля, а минимальные в январе.

Средняя годовая температура воздуха на высотах 1000...1100 м составляет около 8,6...8,7 °C (Алтыгадж, Халтан), на высоте 2000 м – 4,9 °C

(Гырыз), на высоте 2300 м – 4,8 °С (Хыналыг), на уровне 2750 м – 4 °С (Шахдаг) и в ледниковой зоне – -4...-5 °С. В самые теплые месяцы года (июль и август) средняя температура воздуха на М Алтыгадж и М Халтан составляет 19,1...19,7 °С, на М Гырыз – 13,6 °С, на М Хыналыг 14,4 °С, на М Шахдаге – 12,5 °С.

Средние максимальные температуры воздуха на высоте 1000...1100, 2000, 2300, 2750 м и в ледниковой зоне составляют соответственно 24,8...21,8; 16,2; 20,0; 18,7. Абсолютные максимумы температуры на 13...14 °С больше, чем средние максимальные температура воздуха.

Средние минимальные температуры воздуха в самые теплые месяцы понижаются до 16,2...17,4 °С на высоте 1000...1100 м, 9,4 °С на высоте 2000 м, 10,9 °С на высоте 2300 м, до 6,5 °С на высоте 2750 м, до 4...5 °С в ледниковой зоне. Абсолютные минимумы температуры на 12...13 °С ниже, чем средние минимумы. При этом с высоты 2700 м и выше абсолютные минимумы во все месяцы отрицательные. С повышением местности годовые суммы положительных температур уменьшаются примерно на 130...170 °С на каждые 100 м высоты (в особенности для температур выше 10 °С и 15 °С), суммы отрицательных температур примерно на 30...60 °С на каждые 100 м высоты.

Сумма положительных средних суточных температур воздуха изменяется от 2666...3348 °С (на высоте 1000...1100 м) до 1806...2306 °С (на высоте 2000...2300 м). На ледниковую зону приходится 550...100 °С. Связь сумм положительных и отрицательных температур воздуха имеет криволинейный характер.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гадиев Ю.Д. Многолетние изменения температуры воздуха и оценка их ожидаемых значений. // Бюллетень Национального Климатического Центра Азербайджана – Баку. – 1999. – №3. – С. 23-26.
2. Гадиев Ю.Д, Ахмедова Г.Б. Некоторые закономерности сезонных и многолетних колебаний температуры воздуха в Азербайджане. // Изв. АН Азербайджана. Серия наука о земле. – 1992. – №3-6. – С. 61-67.
3. Климат Азербайджана. / Под ред. А.А. Мадатзаде, Э.М. Шыхлинского. – Баку: Изд-во АН Аз. ССР, 1968. – 343 с.
4. Рубинштейн Е.С. Однородность метеорологических рядов во времени и пространстве в связи с исследованием изменения климата. – Л.: Гидрометеоиздат, 1979. – 80 с.

5. Сафаров С.Г. Современная тенденция изменения температуры воздуха и атмосферных осадков в Азербайджане. – Баку: Изд-во «Элм», 2000. – 297 с.
6. Сафаров С.Г. Особенности изменения климата на территории Азербайджана в зимнем сезоне. // Метеорология и гидрология. – 2003. – №5. – С. 44-54.
7. Соседов И.С. Исследование баланса снеговой влаги на горных склонах. – Алма-Ата: 1967. – 36 с.
8. Уланова Е.С, Сиротенко О.Д. Методы статистического анализа в агрометеорологии. – Л.: Гидрометеониздат, 1968. – 198 с.

Поступила 12.11.2012

М.А. Мусаева

ҮЛКЕН КАВКАЗДЫҢ СОЛТҮСТІК-ШЫҒЫС БӨЛІГІНДЕГІ ҚЫС ЖӘНЕ ЖАЗДАҒЫ АУА ТЕМПЕРАТУРАСЫНЫҢ КӨПЖЫЛДЫҚ ӨЗГЕРУІ

Жұмыста Үлкен Кавказдың солтүстік-шығыс бөлігіндегі ауа температурасының көпжылдық тербелісі зерттелген. 1991 жыдан 2009 жыл аралығында ауа температурасы қыста 0,7 °C -ге, ал жазда 0,9 °C -ге көтерілгені белгілі болды.