

УДК 551.584  
ББК 26.8

Г.Б. Пигольцина, Н.А. Зиновьева, А.О. Савкина

## ДЕТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВОЗДУХА В РАЙОНЕ ПРОВЕДЕНИЯ ЗИМНИХ ОЛИМПИЙСКИХ ИГР «СОЧИ–2014»

*В работе выполнена детальная количественная оценка пространственной изменчивости термических характеристик воздуха в условиях сложного рельефа территории проведения Зимних Олимпийских игр «Сочи-2014» с учётом результатов климатической обработки метеорологических наблюдений, проводимых в районе спортивных объектов в зимние сезоны 2008–2011 гг.*

**Ключевые слова:**

*Сочи-2014, горный рельеф, пространственная изменчивость, высотная зональность, микроклимат, термический режим.*

Район проведения Зимних Олимпийских игр «Сочи–2014» расположен в Западном Закавказье. Этот регион относится к зоне влажного климата с очень тёплым летом и мягкой зимой на побережье, с более прохладным летом и умеренно мягкой зимой в невысокой предгорной зоне и сравнительно суровыми зимними условиями в высокогорной зоне.

Высокогорный район Олимпийских игр расположен в окрестностях п. Красная Поляна в разных условиях рельефа в пределах высот 500–2300 м. Поскольку для горного рельефа характерна большая изменчивость погодно-климатических условий на близких расстояниях [6; 9; 10], планирование и оценка возможности проведения соревнований на конкретных спортивных трассах требует детального учёта пространственной изменчивости основных элементов климата.

Одним из основных элементов климата является термический режим. От температуры воздуха зависит состояние спортивных трасс, эксплуатация системы искусственного снегообразования и т.д. Для анализа термического режима воздуха используются следующие характеристики: средняя месячная, средняя максимальная и минимальная температуры, абсолютные максимумы и минимумы.

По средним многолетним данным метеорологических станций (ст.) в горном кластере района Кст. Красная Поляна, вы-

сота 566 м и ст. Кордон Лаура, высота 575 м является январь, на высоте ст. Аибга (2 225 м) – февраль, что отчасти может быть связано с коротким рядом наблюдений на данной станции (2004–2011 гг.). Различия между средними многолетними месячными температурами января и февраля на всех станциях невелики (0,3–0,7°C). Однако такое распределение средних месячных температур наблюдается не всегда. В зимнем сезоне 2010–2011 гг. февраль был существенно холоднее, чем январь: на ст. Красная Поляна – на –2,0°C, на ст. Аибга – на –3,3°C.

Погодичная изменчивость температуры для разных месяцев различна. В последние годы (2009–2011 гг.) декабрь и январь были теплее по сравнению со средним многолетним режимом погоды. Февраль в 2009 и 2010 гг. также был тёплым, а в феврале 2011 г. средняя месячная температура опустилась ниже нормы на –0,8°C на ст. Красная Поляна и на –2,2°C на ст. Аибга. В марте с 2006 по 2011 гг. средние месячные температуры воздуха были выше нормы или близки к норме. На рис. 1 и 2 представлен многолетний ход средней месячной температуры воздуха на станциях Аибга и Красная Поляна для февраля и марта (месяцы проведения Олимпийских и Паралимпийских игр).

Из приведённых графиков погодичной изменчивости средних месячных температур воздуха видно, что в долине (Красная Поляна) и на вершине хребта (Аибга)

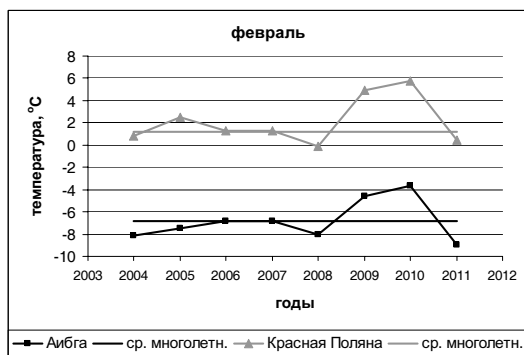


Рис. 1. Временная изменчивость средней месячной температуры воздуха в феврале.

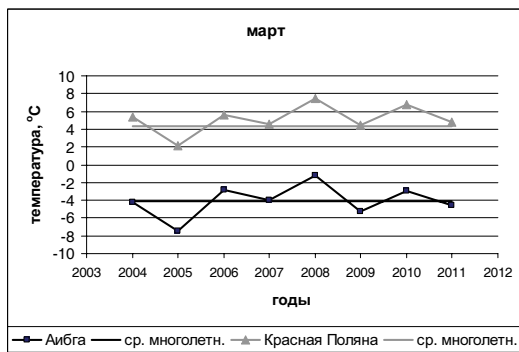


Рис. 2. Временная изменчивость средней месячной температуры воздуха в марте.

конфигурации кривых идентичны. Аналогичным образом распределяются и кривые годового хода температуры воздуха на различных высотах, т.е. наблюдается однотипный годовой ход на разных высотах (рис. 3). Однако имеются некоторые различия по высотным зонам. В верхних частях склона на высотах более 2000 м температура заметно увеличивается от февраля к марту в соответствии с естественным годовым ходом температуры, обусловленным резким увеличением прихода солнечной радиации в марте. На высотах ниже 1500 м, где располагается инверсионный слой воздуха, различия в температурах между февралём и мартом невелики. Это происходит под влиянием стока холодного воздуха с верхней части хребта, вызывающего понижение ночных температур в долине и нижних частях склона, что соответственно приводит к понижению средних суточных температур [7; 8].

По мере поднятия по склону горного хребта, как известно, происходит закономерное убывание температуры воздуха [1; 3; 4 и др.]. В табл. 1 представлено вертикальное распределение средней месячной температуры воздуха на северном склоне

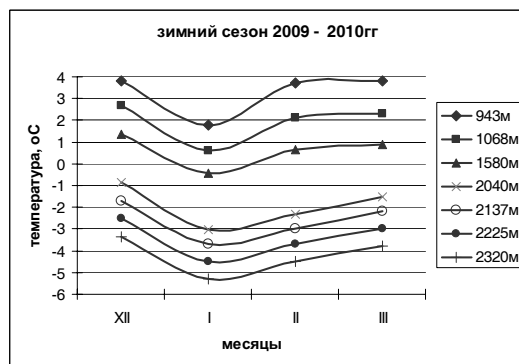


Рис. 3. Изменение средней месячной температуры воздуха в зимний сезон на разных высотах над уровнем моря на северном склоне хребта Аибга.

хребта Аибга в феврале и марте 2010 и 2011 гг., а также характерное для данного региона среднее многолетнее распределение температуры по высоте, полученное путём обобщения данных репрезентативных метеорологических станций Западного Кавказа, расположенных на разных высотах над уровнем моря [2; 5].

В холодном феврале 2011 г. средняя месячная температура имела отрицательные значения на всех высотах (табл. 1). В тёплом феврале 2010 г. температуры ниже нуля отмечались только выше 1700 м. В марте этого же года отрицательные температуры наблюдались выше 1800 м, а в мар-

Таблица 1

Средняя месячная температура воздуха на различных высотах над уровнем моря на северном склоне хребта Аибга в феврале и марте 2010–2011 гг. и по средним многолетним данным

Высота, м	Год, месяц				Средняя многолетняя	
	2010		2011			
	II	III	II	III	II	III
600	4,6	5,6	-0,3	3,6	0,0	3,3
800	3,4	4,1	-1,4	2,3	-0,9	2,7
1000	2,4	2,7	-2,5	1,0	-1,7	2,0
1200	1,7	1,8	-3,3	0,2	-2,5	1,1
1400	1,3	1,4	-3,8	-0,2	-3,4	0,3
1600	0,6	0,8	-4,5	-0,8	-4,2	-0,7
1800	-0,6	-0,2	-5,8	-1,8	-5,1	-1,7
2000	-2,0	-1,3	-7,3	-2,9	-5,9	-2,8
2200	-3,5	-2,8	-8,8	-4,4	-6,7	-3,9
2400	-5,1	-4,5	-10,5	-6,1	-7,6	-5,3

те 2011 г. – выше 1300 м. По обобщённому среднему многолетнему распределению, температуры ниже нуля отмечаются в феврале выше 600 м, в марте – выше 1500 м.

Таким образом, если в 2014 г. февраль будет тёплым, то распределение температуры по высотам будет аналогично февралю 2010 г., если холодным – февралю 2011 г., если температура февраля будет соответствовать норме, то – среднему многолетнему профилю. Аналогичным образом будет распределяться температура и в марте. Естественно, что абсолютная величина температуры и высотный уровень отрицательных температур в отдельные годы будут изменяться в зависимости от величины отклонения температуры в каждом конкретном году от средних многолетних значений, но закономерности распределения и высотные градиенты более устойчивы во времени, чем абсолютные значения температуры.

Распределение средних за месяц максимальных температур по высоте аналогично распределению средних суточных (месячных) температур. В зимний сезон 2010–2011 гг. средние за месяц максимальные температуры воздуха распределялись следующим образом. В декабре 2010 г. наблюдалась положительная аномалия – средняя максимальная температура воздуха на ст. Красная Поляна (высота 566 м) превышала норму на 2,4°C (табл. 2). В январе, феврале и марте 2011 г. средние максимальные температуры были ниже соответствующих средних многолетних значений. Особенно большое отклонение от нормы наблюдалось в феврале (–5,2°C), поскольку, как указывалось выше, февраль 2011 г. был относительно холодным, причём именно за счёт низких максимальных температур.

Таблица 2

**Средняя максимальная температура воздуха. Красная Поляна**

Период	Месяц			
	ХІІ	І	ІІ	ІІІ
2010–2011 гг.	9,2	3,3	1,2	5,8
Средняя многолетняя	6,8	5,1	6,4	9,9
Разность	2,4	–1,8	–5,2	–4,1

На высотах, соответственно так же, как и в Красной Поляне, средние максимальные температуры воздуха в феврале и марте в 2011 г. были ниже, чем в 2010 г. (табл. 3). По сравнению со средним многолетним распределением средней максимальной температуры воздуха в зависимости от высоты

над уровнем моря, в 2011 г. и в феврале, и в марте уровень отрицательных температур располагался на более низких высотах. Среднее многолетнее высотное распределение средней максимальной температуры воздуха получено аналогично средним месячным температурам по данным метеорологических станций Западного Кавказа.

По среднему многолетнему распределению нижняя граница отрицательных значений средних максимальных температур воздуха в феврале находится примерно на высоте 1800 м. В холодном феврале 2011 г. этот уровень опустился до 1200 м, а в относительно тёплом феврале 2010 г. отрицательные температуры имели место только выше 2000 м (табл. 3). Таким образом, различия по высоте прохождения нулевой изотермы средних месячных максимальных температур между двумя соседними годами составили 800 м.

В марте по средним многолетним данным практически на всей территории горного кластера средние максимальные температуры становятся положительными, отрицательные значения имеют место только на высотах более 2200 м. Аналогичным образом распределялись средние максимальные температуры и в марте 2010 г. В относительно холодном марте 2011 г. уровень отрицательных температур опустился до 1900 м.

Таблица 3

**Средняя максимальная температура воздуха на различных высотах над уровнем моря на северном склоне хребта Аибга в феврале и марте 2010–2011 гг. и по средним многолетним данным**

Высота, м	Февраль			Март		
	2010	2011	Средняя многолетняя	2010	2011	Средняя многолетняя
600	9,3	1,2	5,8	9,7	5,8	9,8
800	8,8	1,5	5,1	9,3	6,3	9,1
1000	7,7	1,1	4,3	8,3	5,8	8,2
1200	6,1	–0,1	3,4	6,9	4,6	7,3
1400	4,4	–1,4	2,3	5,3	3,2	6,1
1600	2,9	–2,8	1,2	3,9	1,8	4,8
1800	1,5	–4,5	–0,1	2,8	0,5	3,4
2000	0,3	–6,3	–1,4	1,8	–0,6	1,9
2200	–1,1	–8,2	–2,9	0,5	–2,3	0,2
2400	–2,9	–10,2	–4,5	–1,6	–4,4	–1,6

Абсолютные максимальные температуры воздуха в долине (ст. Красная Поляна), определённые за весь период инструментальных наблюдений, в 2011 г. не были

226 | превышены и составили в феврале и марте соответственно 13,7 и 17,2°C. На вершине хребта Аибга (ст. Аибга) абсолютная максимальная температура в 2011 г. составила в феврале 4,5°C, в марте – 5,3°C.

Минимальные температуры воздуха, как правило, наблюдаются ночью и имеют наименьшие значения незадолго до восхода солнца. В зимний сезон 2010–2011 гг. на ст. Красная Поляна средние за месяц минимальные температуры воздуха ниже нормы отмечались только в феврале, причём на незначительную величину (табл. 4). В остальные месяцы – существенно превышали соответствующие средние многолетние значения.

Таблица 4

**Средние минимальные температуры воздуха. Красная Поляна**

Период	Месяц			
	ХІІ	І	ІІ	ІІІ
2010–2011 гг.	5,3	–0,1	–2,2	1,8
Средняя многолетняя	–0,5	–2,4	–2,1	0,4
Разность	5,8	2,3	–0,1	1,4

На высотах выше 1500 м, также как и в Красной Поляне, в феврале 2011 г. средние минимальные температуры воздуха мало различались со средними многолетними значениями (табл. 5).

Таблица 5

**Средние минимальные температуры воздуха на различных высотах над уровнем моря на северном склоне хребта Аибга в феврале и марте 2010 и 2011 гг. и по средним многолетним данным**

Высота, м	Февраль			Март		
	2010	2011	Средняя многолетняя	2010	2011	Средняя многолетняя
	600	2,5		–2,2	–2,3	
800	1,3	–2,1	–3,0	0,9	1,5	–0,6
1000	0,4	–2,7	–3,7	0,0	0,7	–1,3
1200	–0,4	–3,8	–4,5	–0,8	0,5	–2,1
1400	–1,1	–5,2	–5,4	–1,5	–1,7	–3,0
1600	–1,8	–6,4	–6,4	–2,3	–2,9	–3,9
1800	–2,6	–7,6	–7,4	–3,2	–3,9	–4,9
2000	–4,3	–8,7	–8,6	–3,7	–4,8	–6,1
2200	–5,2	–9,6	–9,8	–5,8	–6,0	–7,3
2400	–7,0	–10,6	–11,2	–7,5	–7,5	–8,5

На высотах ниже 1500 м указанные различия обусловлены инверсионными процессами и микроклиматическими особенностями точек наблюдений. В марте 2011 г. до высоты 1100 м наблюдались положительные средние минимальные температуры, в то время как по среднему многолетнему распределению практически уже с высоты 600 м средние минимальные температуры имеют отрицательные значения.

В тёплом феврале 2010 г. средние минимальные температуры воздуха превышали средние многолетние значения более чем на 4 °С по всему вертикальному профилю северного склона хребта Аибга (табл. 5) и соответственно зона отрицательных температур располагалась выше уровня 1100 м.

Представленные вертикальные профили термических характеристик были получены графическим методом на основе результатов климатической обработки метеорологических наблюдений, проводимых на разных высотах над уровнем моря в районе спортивных объектов в зимние сезоны 2008–2011 гг.

Графический метод получения вертикального распределения температуры является более надёжным, чем вычислительное для отдельных пар станций (точек наблюдений). Графический метод даёт возможность определить величину не только среднего градиента в слое, ограниченном высотой верхней и нижней станций, но и выявить характер его изменения в различных высотных зонах. На рис. 4 представлен вертикальный профиль средней минимальной температуры воздуха в феврале и марте 2011 г. Рисунок наглядно показывает особенность распределения температуры с высотой в нижнем инверсионном слое воздуха.

Экстремальные значения минимальных температур (абсолютные минимальные температуры воздуха) в большей степени зависят от местоположения участка в рельефе, чем средние. На минимальные температуры, кроме высоты места, оказывают большое влияние такие факторы как форма рельефа (вершины, долины, части склонов: верхняя, средняя, нижняя), относительные превышения между выпуклыми и вогнутыми формами рельефа, ширина и направление долин, условия стока холодного воздуха, площадь воздухосбора, температурные инверсии. Поэтому абсолютные минимальные температуры не имеют более или менее выраженной зависимости от высоты над уровнем моря. Термически высотная зависимость может прослеживаться, если точки наблюдения

на разных высотах находятся совершенно в идентичных микроклиматических условиях, что практически исключается. Даже если станции расположены на одной высоте, но в разных условиях рельефа, они будут различаться по величине минимальных температур. Например, станции Красная Поляна и Кордон Лаура расположены практически на одной высоте и обе в долинах, но из-за различных микроклиматических особенностей (ширина и ориентация долин и пр.) на ст. Кордон Лаура в один и тот же зимний сезон (2010–2011 г.) минимальные температуры ниже, чем на ст. Красная Поляна. В табл. 6 приведены абсолютные минимальные температуры воздуха, наблюдавшиеся на станциях Красная Поляна, Кордон Лаура и Аибга в зимний сезон 2011 г., а также за весь период инструментальных наблюдений на этих станциях.

Таким образом, в отдельные годы под влиянием погодных условий абсолютные величины термических показателей могут значительно отличаться от средних многолетних, однако относительные различия микроклимата характеризуются достаточной устойчивостью во времени. Поэтому полученные вертикальные профили и микроклиматические различия термических характеристик позволяют конкретизировать режимную гидрометеорологическую информацию для конкретных спортивных трасс и олимпийских объектов и тем самым обеспечить Олимпийские Игры детальной качественной погодноклиматической информацией.

### Список литературы:

- [1] Занина А.А. Климат СССР. Кавказ. Вып. 2. – Л.: Гидрометеиздат, 1961. – 289 с.
- [2] Зиновьева Н.А., Пигольцина Г.Б. Систематизация метеорологических станций по условиям местоположения с помощью метода кластерного анализа // Труды ГГО. – 2010, вып. 561. – С. 145–153.
- [3] Микроклимат СССР / Под ред. И.А. Гольцберг. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 286 с.
- [4] Мищенко З.А. Биоклимат дня и ночи. – Л.: Гидрометеиздат., 1984. – 280 с.
- [5] Научно-прикладной справочник по климату СССР. Вып. 13, сер.3, ч. 1–6. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 724 с.
- [6] Пигольцина Г.Б. Обоснование необходимости и принципы учёта мезо- и микроклимата при комплексных оценках природных ресурсов для различных секторов экономики // Труды ГГО. – 2009, вып. 560. – С. 89–115.
- [7] Пигольцина Г.Б., Зиновьева Н.А. Методы оценки микроклиматической изменчивости специализированных климатических характеристик в условиях горного рельефа и недостаточной метеорологической информации на примере территории проведения зимних Олимпийских игр «Сочи–2014» // Современные проблемы климатологии. Материалы Всероссийской конференции. – Санкт-Петербург, 2009. – С. 124–126.
- [8] Пигольцина Г.Б., Зиновьева Н.А. Микроклиматические особенности территории проведения Зимних Олимпийских Игр «Сочи–2014» и методы их оценки // Труды ГГО. – 2009, вып. 559. – С. 56–75.
- [9] Пигольцина Г.Б., Зиновьева Н.А. Микроклиматическое районирование территории проведения зимних олимпийских игр «Сочи–2014» // Общество. Среда. Развитие. – 2010, № 1. – С. 165–170.
- [10] Пигольцина Г.Б., Зиновьева Н.А., А.О. Савкина. Микроклиматическая изменчивость радиационного баланса в условиях горного рельефа (на примере территории проведения Зимних Олимпийских игр «Сочи–2014») // Общество. Среда. Развитие. – 2011, № 4. – С. 216–219.

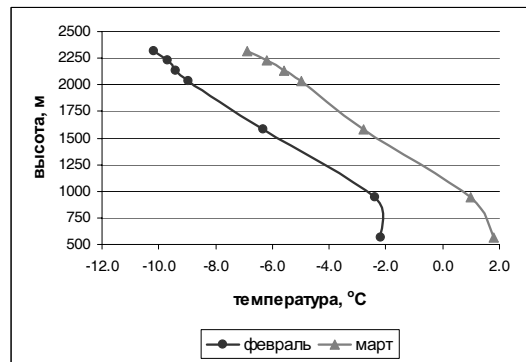


Рис. 4. Изменение средней минимальной температуры воздуха с высотой на северном склоне хребта Аибга в феврале и марте 2011 г.

Таблица 6

### Абсолютные минимальные температуры воздуха

Станция, высота (м)	Период наблюдений	Месяц			
		ХІІ	І	ІІ	ІІІ
Красная Поляна (566 м)	1921–2011 гг.	–22	–23	–20	–17
	сезон 2011 г.	0,6	–3,2	–11,7	–3,2
Кордон Лаура (575 м)	1983–2011 гг.	–16	–17	–15	–13
	сезон 2011 г.	–1,2	–5,1	–13,8	–5,2
Аибга (2225 м)	2004–2011 гг.	–21	–20	–20	–20
	сезон 2011 г.	–9,2	–14,2	–18,7	–15,4
Разность температур ст. Кордон Лаура – Кр. Поляна в зимний сезон 2011 г.					
		–1,8	–1,9	–2,1	–2,0