

Навстречу Зимним Олимпийским играм в Сочи

УДК 551.578.46 (470.6)

Снежные ресурсы района Красной Поляны (Западный Кавказ)

© 2013 г. А.Д. Олейников

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

*snowIdozor@yandex.ru**Статья принята к печати 31 июля 2013 г.*

Западный Кавказ, снегозапасы, снежность зим, снежный покров.
Snow cover, snow storage, snowiness of winters, Western Caucasus.

Работа посвящена изучению снежности и оценке современных тенденций её изменения в районе Красной Поляны на Западном Кавказе, где намечено проведение горного этапа XXII зимних Олимпийских игр 2014 г. В основу работы положены материалы наблюдений на метеостанциях Красная Поляна (567 м), Ачишхо (1880 м) и сведения о снегозаписах бассейна р. Мзымта (0–2500 м). Выделены периоды с разной снежностью зим и проведён сравнительный анализ их изменения по высотным зонам. Установлено, что за последние два десятилетия снежность в районе исследований заметно уменьшилась. Выявлена зависимость повторяемости многоснежных зим от температуры холодного периода. Различия толщины снега в сезоны аномально высокой и низкой снежности могут достигать 5 м (ГМС Ачишхо). Установлен термический «коридор» в местах расположения нижних станций Олимпийских горнолыжных комплексов («Горная Карусель», «Газпром», «Роза-Хутор»), который ограничен температурами холодного периода от $-1,6$ до $4,9$ °С. На этом уровне повторяемость зим с температурами выше 0 °С составляет 86%. Дана характеристика зим, которые, на первый взгляд, можно отнести к парадоксам снежности района Красной Поляны.

Введение

Район Красной Поляны – место проведения XXII зимних Олимпийских игр 2014 г., что вызывает повышенное внимание к его зимним природно-климатическим ресурсам. Вопрос об обеспеченности снежным покровом Олимпийского горного кластера в период соревнований относится к одному из главнейших. Первые научные изыскания с целью строительства в районе Красной Поляны горнолыжного центра проведены ещё в 1960-х годах экспедицией МГУ имени М.В. Ломоносова под руководством профессора Г.К. Тушинского. Однако тогда проект не был реализован несмотря на положительное заключение специалистов университета о возможности организации здесь горно-спортивного комплекса международного уровня. В последующие годы предпринимались попытки строительства канатно-кресельных дорог, но все они не получили должного развития. Как горнолыжный центр Красная Поляна заявила о себе лишь в 1990-е годы, когда ввели в эксплуатацию канатную дорогу «Альпика-Сервис» (1992 г.), проложенную на северном склоне

хр. Аибга. Именно «Альпика-Сервис» в 2000-е годы выполнила роль своеобразного «трамплина» для будущих зимних Олимпийских игр. После завершения строительства четвёртой очереди канатной дороги в 2002 г. и выхода в водораздельную зону, рельеф которой представлен крутыми склонами и древнеледниковыми карами, открылись качественно новые возможности зимнего курорта.

Черноморская область, куда входит район Красной Поляны, имеет средиземноморский тип субтропического климата. В Европе северный предел его распространения – южный берег Крыма [18]. В районе Туапсе – Сочи граница субтропической области проводится на северном макросклоне Главного водораздельного хребта. Основанием для этого служат частые вторжения тёплых воздушных масс с юга, которые существенно смягчают термический режим на локальной территории северного макросклона и формируют зимний максимум осадков, свойственный данному типу климата. Субтропики Причерноморья характеризуются избыточным увлажнением. Количество осадков здесь увеличива-

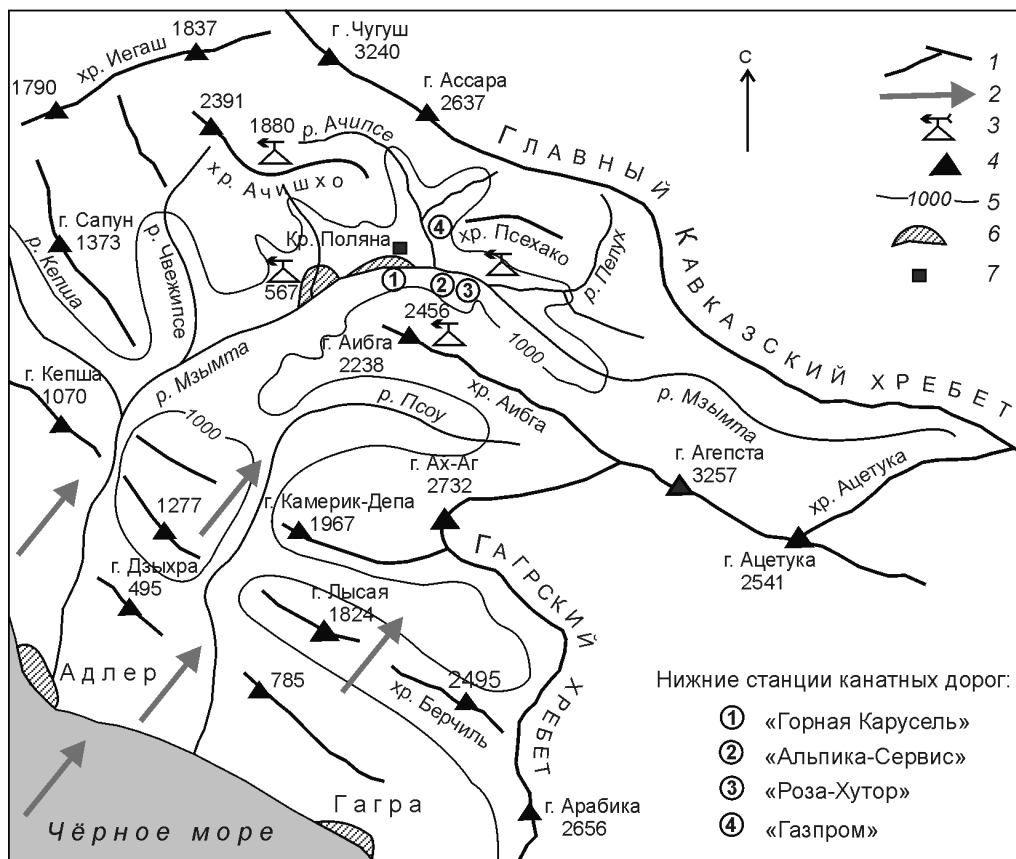


Рис. 1. Орографическая схема района Красной Поляны и направления основных влагонесущих потоков:

1 – горные хребты; 2 – влагонесущие потоки; 3 – метеостанции; 4 – горные вершины, м; 5 – изогипса 1000 м; 6 – населённые пункты; 7 – пос. Эсто-Садок

Fig. 1. Orographic scheme of Krasnaya Polyana region and direction of main moisture streams:

1 – mountain ridges; 2 – moisture streams; 3 – meteorological stations; 4 – summits; 5 – isohypse 1000 m; 6 – settlements; 7 – settlement Esto-Sadok

ется с северо-запада на юго-восток, а также по мере увеличения абсолютной высоты местности. Увлажнённость в северо-западной части Черноморской области составляет 1000 мм/год, в юго-восточных районах, на побережье и у подножия склонов, возрастает до 1500–2000 мм/год и, наконец, в горах достигает 3800 мм/год, формируя пояс избыточного снегонакопления [17].

В бассейне р. Мзымта, где в 47 км от побережья находится Красная Поляна, на условия увлажнения существенно влияет местная орография (рис. 1). С севера бассейн р. Мзымта ограничен Главным Кавказским хребтом, с юга – параллельными ему хребтами Айбга и Ацетуга, создающими барьерный эффект, благодаря чему осадки в бассейне р. Мзымта распределяются неравномерно. По мере подъёма в горы наблюдаются две зоны с увеличенным количеством осадков – на высоте 0–200 и 1000–2200 м и две зоны с уменьшенным – на высоте 400–1000 и выше 2200 м. Нижняя зона с уменьшенным количеством осадков находится непосредственно за хребтами Айбга и Ацетуга и протягивается приблизительно на 20 км вверх по долине р. Мзымта. В эту зону попадают посёлки Красная Поляна и Эсто-Садок,

нижние станции канатно-кресельной дороги «Горная Карусель», «Альпика-Сервис», «Газпром» и «Роза-Хутор». Протягивается эта зона до метеопоста Пслух, расположенного в Кавказском государственном биосферном заповеднике. Выше отметки 1000 м количество осадков вновь увеличивается, поскольку эта зона выходит из под «затеняющего» влияния горных хребтов.

Задачи работы и методика исследований

Значительный вклад в изучение снежного покрова района Красной Поляны сделан подразделениями Росгидромета (г. Ростов). Сотрудники этой организации проводят наблюдения на сетевых ГМС – Красная Поляна и ранее на Ачишхо (закрита в 1988 г.). Сотрудниками этих метеостанций проложены снегомерные маршруты для определения максимальных снегозапасов и прогнозирования речного стока. Отделом гидрометеослужбы г. Сочи в 2003 г. была открыта снеголавинная станция для изучения снежного покрова и лавин в труднодоступных приводораздельных зонах горного массива Айбга. В местах расположения горнолыжных комплексов «Роза-Хутор» и «Горная Карусель» в последние зимы ведутся наблюдения за снежным

покровом и лавинами, а также используются записи метеорологических параметров современными автоматическими метеостанциями. В ходе комплексных работ сотрудниками Кубанского государственного университета обобщены результаты многолетних исследований и издана монография о снежном покрове Большого Кавказа, в которую включены материалы наблюдений по бассейну р. Мзымта [14]. В рамках научных программ Кавказского государственного биосферного заповедника с 1980-х годов ведётся изучение снежного покрова на кордонах Лаура, Пслух и Джуга. Отдельные сведения о снежном покрове на Западном Кавказе в районе Красной Поляны представлены в ряде монографий, сборников и статей [1, 4–6, 8, 9, 16].

Несмотря на многостороннюю изученность снежного покрова бассейна р. Мзымта недостаточно исследованными остаются такие аспекты проблемы, как снежность зим и их повторяемость, оценка периодов различной снежности, характеристика интенсивности снежных аномалий и частота их проявления, современные тенденции в изменении снежности в условиях термической нестабильности климата. Именно эти вопросы и рассматриваются в настоящей статье.

Снежность — комплексное понятие, включающее в себя ряд явлений и процессов и отражающее режимные характеристики снежного покрова: сроки его возникновения, существования и схода, а также данные о количестве осадков и максимальных снегозапасах [3, 7]. Составная часть широкого понятия снежность — «снежность зим», под которой понимается характеристика природных условий территории, определяющая залегание снежного покрова и его изменение в зимний период. Снежность зимы выражается как в абсолютных, так и в относительных показателях, в соответствии с которыми выделяют мало-, средне- и многоснежные зимы, характеризующие фоновое распределение толщины снежного покрова на исследуемой территории.

В снеговедении снежность зим традиционно оценивается на основании сведений о среднедекадных значениях толщины снежного покрова [2]. В настоящей работе был использован показатель средней толщины снежного покрова за холодный период или значения среднезимней толщины снега, что расширяло возможности статистической обработки информации и позволяло оценивать аномалии снежности, её изменчивость, тренды и сравнивать данные по снежности с величинами зимних осадков [11]. В соответствии с принятыми критериями малоснежными считают-

ся зимы с аномалией снежности ниже -30% (по отношению к многолетней норме), среднеснежными — $\pm 30\%$, многоснежными — от 30 до 100%, аномально снежными — более 100%.

В качестве исходного материала для оценки снежности зим в бассейне р. Мзымта использованы данные наблюдений на ГМС Красная Поляна (абс. высота 567 м) за 1936–2010 гг. и ГМС Ачишхо (абс. высота 1880 м) за 1936–1988 гг. Они дополнены материалами маршрутных снегомерных съёмок в бассейне р. Мзымта (1975–1990 гг.) [14], а также данными опроса местных жителей. Характеристика заснеженности северных склонов хр. Аибга, где намечено проведение горного этапа Олимпиады 2014 г., выполнена по литературным источникам [4, 15] и результатам экспедиционных исследований с участием автора.

Результаты исследований

При рассмотрении однородности гидрометеорологических полей, особенно таких изменчивых, как толщина снежного покрова в горах, всегда встаёт вопрос о репрезентативности наблюдений. ГМС Красная Поляна относится к категории низкогорных. Зимой значительная часть осадков на территории, где она находится, выпадает в жидком и смешанном видах. Результаты наблюдений за снежным покровом на ГМС Красная Поляна репрезентативны для днища долины и нижних частей склонов, и оценка снежности зим по её данным имеет преимущественно рекреационную направленность.

Согласно установленным критериям, повторяемость зим по снежности в соответствии с данными ГМС Красная Поляна распределяется следующим образом: малоснежные — 49%, среднеснежные — 25%, многоснежные — 15%, аномально многоснежные — 11%. В многолетнем ряду выделено шесть периодов различной снежности: I (1936–1953 гг.) — период резко изменчивой контрастной снежности с чередованием мало-, средне- и многоснежных зим; II (1954–1962 гг.) — ярко выраженный малоснежный период, когда не наблюдалось ни одной многоснежной зимы; III (1963–1975 гг.) — период с чередованием мало- и многоснежных зим, который завершился самой значительной аномалией снежности за весь период наблюдений зимой 1975/76 г.; IV (1976–1981 гг.) — малоснежный период; V (1982–1994 гг.) — самый обильный по снежности период с преобладанием аномально снежных зим; VI (1995–2010 гг.) — относительно малоснежный период, в течение которого отмечено только два многоснежных сезона (рис. 2) [12].

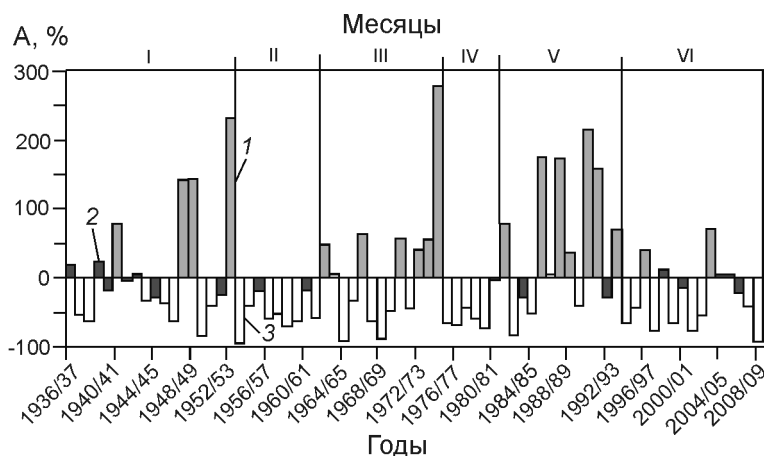


Рис. 2. Аномалии снежности зим (A, %) на ГМС Красная Поляна (567 м) за период 1936–2009 гг. I–VI – периоды разной снежности (пояснения см. в тексте); зимы: 1 – многоснежные, 2 – средне-снежные, 3 – малоснежные
Fig. 2. The anomalies of winter' snowiness (A, %) on meteorological station Krasnaya Polyana (567 m) for the period of 1936–2009. I–VI – the periods of different snowiness (explanations are in the text); winter: 1 – snowy winter, 2 – middling winter, 3 – with little snow

Для зимней рекреации наиболее благоприятны III и V периоды, когда доминировали многоснежные зимы. При этом на протяжении V периода отмечено наибольшее число зим с повышенной снежностью. Наименее благоприятны для зимней рекреации II и IV периоды с преобладанием малоснежных зим. Современный период (с 1995 г.) отличается нестабильной заснеженностью нижних частей склонов. В целом в низкогорном поясе в условиях тёплого морского климата преобладают малоснежные сезоны. Представление о конкретных величинах снежности даёт среднемноголетняя толщина снега, рассчитанная для каждого из четырёх типов зим (мало-, средне-, многоснежные и аномально многоснежные), – 11, 25, 43 и 78 см соответственно. По результатам многолетних наблюдений, различия в толщине снега между сезонами могут достигать 100 см.

Статистическая оценка тренда изменения снежности показала, что межсезонные колебания толщины снега находятся в пределах естественной измен-

чивости ($\Delta H = 5 \pm 22$ см), о чём свидетельствует незначительная величина уклоения (5 см) по сравнению со среднеквадратическим отклонением $\sigma = 22$ см. Слабовыраженная тенденция увеличения толщины снега обусловлена вкладом многоснежных зим V периода, который предшествовал современному. Использование приёма сглаживания по 10-летним скользящим средним отчётливо указывает на уменьшение снежности на протяжении последних лет (рис. 3). К информативным показателям снежности относится максимальная декадная толщина снежного покрова за зиму h_{max} . Повторяемость этой величины рассмотрена с учётом марта, поскольку длительность залегания устойчивого снежного покрова обычно превышает продолжительность холодного периода. Анализ повторяемости h_{max} показал, что для преобладающего числа зим максимум снегонакопления приходится на январь–февраль (рис. 4). В декадном разрешении пик снегонакопления чаще наблюдается в третьей декаде января – 14 зим (19%). В феврале, с практически

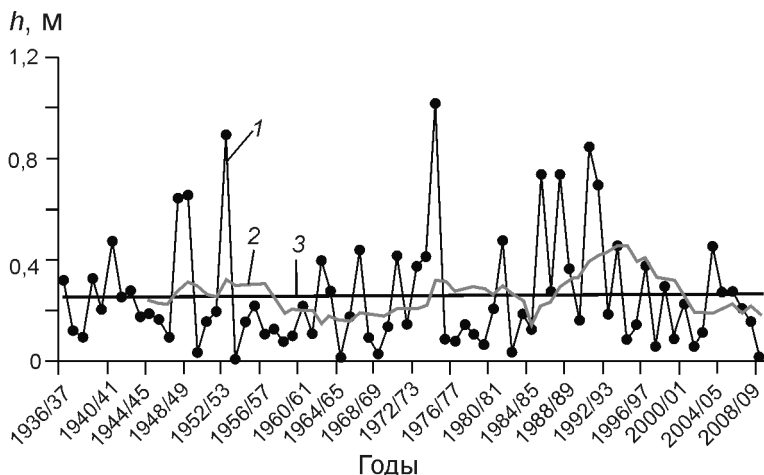


Рис. 3. Изменение средnezимней толщины снежного покрова h на ГМС Красная Поляна за 1936–2010 гг. (1), линейный тренд (3) и толщина, сглаженная по десятилетиям (2)

Fig. 3. Changes of mean winter snow depth h on meteorological station Krasnaya Polyana for the period of 1936–2010 (1), line trend (3) and 10-years smoothed depth (2)

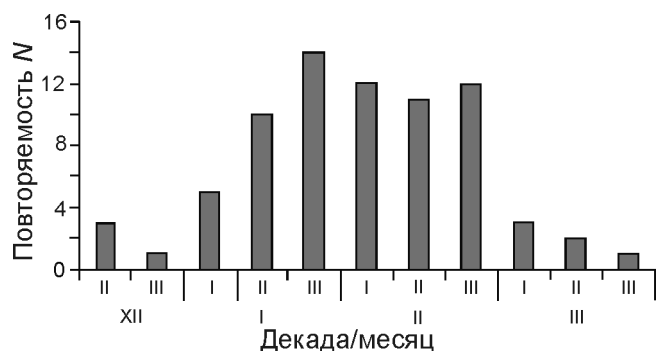


Рис. 4. Повторяемость N времени наступления максимальной декадной толщины снежного покрова на ГМС Красная Поляна (XII–III мес.) за 1936–2010 гг.

Fig. 4. Time frequency N of maximum decade snow depth on meteorological station Krasnaya Polyana (XII–III) for 1936–2010

равной вероятностью, пик снегонакопления приходится на любую из трёх декад: первая декада – 12 зим (16%); вторая – 11 (15%); третья – 12 (16%), т.е. в среднемноголетнем плане период проведения зимней Олимпиады (с 7 по 23 февраля) обеспечен снежным покровом даже на дне долины. Наибольшие значения h_{\max} (более 100 см) наблюдались на Красной Поляне в 1948/49, 1949/50, 1953/54, 1974/75, 1975/76, 1986/87, 1988/89, 1991/92, 1992/93 гг. Рекордным по снежности был 1975/76 г., когда среднедекадная толщина снежного покрова на протяжении половины сезона превышала 140 см при абсолютном суточном максимуме 218 см, затем следуют 1953/54 и 1991/92 гг. (рис. 5).

Рассмотрим индивидуальные особенности и условия формирования многоснежных зим в районе Красной Поляны. В высокогорье, где доминируют низкие температуры, снежность напрямую зависит от количества зимних осадков. В низкогорье на образование снежного покрова решающее влияние оказывает температура зимнего периода. Например, в Альпах в диапазоне высот 500–1000 м в виде снега выпадает всего от 5 до 25% осадков, а в диапазоне 2000–2500 м – от 60 до 77%. На Кавказе ввиду его более южного положения содержание твёрдых осадков на соответствующих высотах ещё меньше, чем в Альпах [7].

Для исследования влияния местных температурных условий на снежность все зимы были разделены на четыре группы с использованием величины среднеквадратического отклонения ($\sigma_t = 1,4\text{ }^\circ\text{C}$) по отношению к средней многолетней температуре холодного периода ($t_{\text{ср}} = 1,4\text{ }^\circ\text{C}$): 1) anomalно тёплые ($t > 2,8\text{ }^\circ\text{C}$); 2) тёплые ($1,4\text{ }^\circ\text{C} < t \leq 2,8\text{ }^\circ\text{C}$); 3) холодные ($0\text{ }^\circ\text{C} < t \leq 1,4\text{ }^\circ\text{C}$); 4) anomalно холод-

ные ($t \leq 0\text{ }^\circ\text{C}$). В результате такого разделения отчётливо прослеживаются две особенности. Во-первых, все многоснежные зимы относятся к категории холодных (табл. 1). В условиях Красной Поляны зимы с anomalно высокой снежностью наблюдаются только при anomalно низких температурах воздуха. Во-вторых, многоснежные зимы характерны для широкого диапазона осадков холодного периода (358–1113 мм). Яркий пример – anomalно снежная и холодная зима 1948/49 г. ($-1,6\text{ }^\circ\text{C}$), когда количество выпавших осадков (358 мм) оказалось намного ниже нормы (629 мм).

Анализ температурных условий холодного периода позволил сделать вероятностную оценку снежности зимы по среднезимней температуре воздуха. За весь период наблюдений отмечено десять anomalно холодных сезонов, из них семь (70%) были anomalно многоснежными, два (20%) – многоснежными, один (10%) – среднеснежный. Таким образом, многоснежные зимы с 90%-й вероятностью наблюдаются при температуре холодного периода ниже $0\text{ }^\circ\text{C}$ и могут быть диагностированы по среднезимней температуре ГМС Красная Поляна. За последние 18 лет не отмечено ни одной зимы с низкими температурами и, как следствие, не наблюдалось ни одной anomalно снежной зимы.

Дополнительным источником сведений о снежности зим Красной Поляны послужили материалы, собранные в результате опроса местных жителей. При сборе данных удалось найти своеобразную «летопись» зим Красной Поляны, которую в виде дневника погоды на протяжении 32 лет (1960–

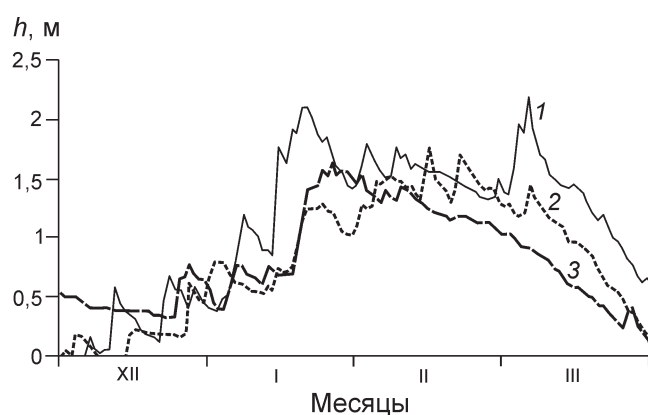


Рис. 5. Суточные данные об изменении толщины снежного покрова в зимы anomalно высокой снежности на ГМС Красная Поляна:

1 – 1975/76 г.; 2 – 1991/92 г.; 3 – 1953/54 г.

Fig. 5. Daily data of snow depth changes in winters with anomalно high snowiness at the meteorological station Krasnaya Polyana: 1 – 1975/76; 2 – 1991/92; 3 – 1953/54

Таблица 1. Характеристика аномально многоснежных и многоснежных зим в период 1941–2005 гг. (ГМС Красная Поляна)

Год	Снежность	Аномалия снежности А, %	$H_{\text{ср}}$ для XII–II мес., см	h_{max}^* , см	Осадки за XII–II мес., мм	Температура для XII–II мес., °С	Оценка температур- ных условий зимы
1948/49	Аномально многоснежные зимы	141	65	138	358	-1,6	Аномально холодные
1949/50		144	66	122	533	-1,2	
1953/54		233	90	155	697	-1,5	
1975/76		278	102	172	766	-0,7	
1986/87		174	74	111	1113	1,1	Холодная
1988/89		174	74	113	738	-0,3	Аномально холодные
1991/92		215	85	148	653	-0,9	
1992/93		159	70	111	547	-1,1	
1941/42	Многоснежные зимы	78	48	76	637	0,1	Холодная
1963/64		48	40	86	584	-0,7	Аномально холодная
1967/68		63	44	75	1010	0,4	Холодная
1971/72		56	42	65	496	-0,7	Аномально холодная
1973/74		41	38	76	417	0,2	Холодные
1974/75		56	42	104	677	1	
1982/83		78	48	110	624	0,4	
1989/90		37	37	79	411	0,8	
1994/95		70	46	94	695	1,3	
1997/98		41	38	78	743	1,2	
2004/05		70	46	96	479	1,3	

* h_{max} – максимальная декадная толщина снега дана с учётом марта.

1992 г.) вёл бывший директор Кавказского государственного биосферного заповедника В.М. Татарков. В дневнике собраны сведения об экстремальных явлениях погоды, снежном покрове, обильных снегопадах, лавинах, зимних паводках, фазах вегетации растительности и других природных явлениях, которые можно использовать при составлении каталога зим Красной Поляны. Объём дневника составляет 80 страниц рукописного текста.

По данным опросов, в близко расположенных посёлках Красная Поляна и Эсто-Садок самым суровым и снежным за последние 50 лет был 1975/76 г. В эту зиму наблюдались частые и обильные снегопады. На руднике, где добывался сланец, снегом раздавило рабочие бараки. В пос. Эсто-Садок снег засыпал все жилые строения по самую крышу. По мнению многих жителей, такой зимы на Красной Поляне им наблюдать не приходилось. Однако по свидетельству стариков, такой же снежной и способствующей формированию лавин была зима 1910 г. В литературе эта зима описана как одна из самых снежных на Западном Кавказе в первой половине XX в. [10].

По поводу изменения снежности на современном этапе, оценки местных жителей подтверждают

результаты инструментальных наблюдений на ГМС Красная Поляна. Все отмечают, что за последние 10–15 лет снежность зим заметно уменьшилась. Если раньше в пос. Эсто-Садок за зиму выпадало 150–200 см снега, то сейчас всего 40–60 см. В последние годы снег до Нового года практически отсутствует, поскольку в декабре на дне долины идут дожди.

О «полюсе» снежности по данным ГМС Ачишхо. О снежности другой высотной зоны, расположенной в горном обрамлении Красной Поляны над днищем долины р. Мзымта, позволяют судить данные ГМС Ачишхо (абс. высота 1880 м). Здесь в апреле 1987 г. по данным метеостанций бывшего СССР зарегистрированы рекордные значения толщины снежного покрова – 796 см [13]. Такие экстремальные величины снежного покрова дали основание условно выделить «полюс» снежности на территории страны. Действительно, во всей наблюдательной сети ГМС найдётся не так много мест, где толщина снежного покрова регулярно превышает отметку 5 м. В уникальных условиях снегонакопления ГМС Ачишхо работала более 50 лет. После зимы 1986/87 г., которая была одной из самых снежных на Большом Кавказе в XX в., наблюдения на этой метеостанции были прекращены.

Географически эта метеостанция располагалась в одноимённом, отдельно стоящем массиве г. Ачишхо (2391 м), на расстоянии около 35 км от Чёрного моря. Со стороны морского побережья это пространство открыто для влажных западных и юго-западных потоков. Сама станция размещалась на плоской открытой поверхности одного из отрогов хр. Ачишхо, шириной около 250 м. Как уже отмечалось, для любой станции весьма актуален вопрос репрезентативности наблюдений. Для ГМС Ачишхо с её рекордной толщиной снежного покрова данный вопрос имеет особое значение. В районе ГМС в середине 1980-х годов велись специальные исследования по оценке репрезентативности наблюдений за толщиной снежного покрова на протяжении зимних сезонов 1983/84 и 1985/86 гг. [13]. Вблизи станции была разбита специальная снегомерная сеть, состоящая из трёх профилей: одного продольного (850 м) и двух поперечных (по 250 м). Измерения на профилях были приурочены к максимуму зимнего снегонакопления – марту. Снегомерная сеть включала в себя 135 точек измерений при шаге 10 м. По результатам выполненных исследований зимой 1983/84 г., средняя толщина снега на продольном профиле составила 300 см, на поперечных – 312 и 300 см при осреднённом значении по всем точкам 303 см. На ГМС Ачишхо на момент проведения снегомерной съёмки она составила 305 см. Таким образом, данные по постоянной рейке практически совпали со средней толщиной снежного покрова на платообразной поверхности. Зимой 1985/86 г. выполнена повторная съёмка, которая дала аналогичные результаты. Эти исследования показали, что данные ГМС Ачишхо достоверно отражают характер фонового распределения снега в окрестностях станции и могут использоваться для оценки снегонакопления в ландшафтных условиях сходного типа.

Согласно принятым в настоящей работе критериям, автором проведено разделение зим по снежности на ГМС Ачишхо за имеющийся период наблюдений. Зимы имели следующую повторяемость: малоснежные – 13%; среднеснежные – 70%; многоснежные – 13%; anomalно многоснежные – 4%. Средняя толщина снега для малоснежных зим составила 190 см, среднеснежных – 305 см, многоснежных – 447 см, anomalно многоснежных – 511 см.

Наглядное представление об изменении толщины снежного покрова в зимы разной снежности дают обобщённые кривые снегонакопления (рис. 6). Видно, что в среднем в малоснежные зимы толщина снега на протяжении большей части

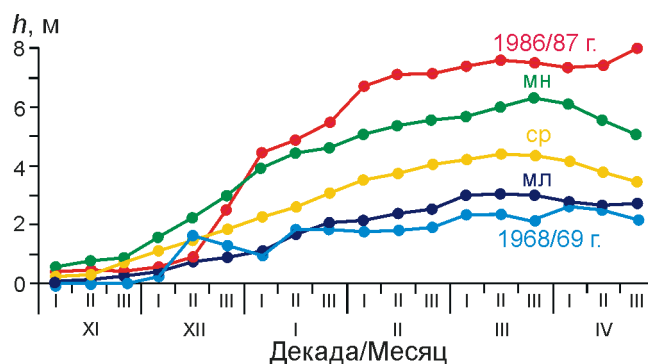


Рис. 6. Изменения средней многолетней декадной толщины снежного покрова h на ГМС Ачишхо в мало (мл)-, средне (ср)-, многоснежные (мн) зимы, а также экстремально многоснежную 1986/87 г. и малоснежную 1968/69 г. зимы

Fig. 6. Changes of long-time average decade snow depth h on meteorological station Achishho in winters with different snowiness (мл, ср, мн), as well as in extremely snowy winter 1986/87 and extremely snowless winter of 1968/69

сезона находится в диапазоне 2–3 м. В многоснежные зимы уже с середины декабря она превышает 2 м, в январе возрастает до 4 м, в феврале до 5,5 м и, наконец, в марте достигает максимума – более 6 м. На рис. 6 приведены также кривые изменения толщины снежного покрова в зимы с anomalно высокой и низкой снежностью, которые характеризуют природные экстремумы района. В рекордно снежную зиму 1986/87 г. толщина снега превысила 4 м уже к концу декабря; в январе она достигла 6 м и на протяжении последующих месяцев не опускалась ниже 7 м. В самую малоснежную зиму 1968/69 г. толщина снежного покрова на протяжении большей части сезона находилась вблизи отметки 2 м. Таким образом, различия в толщине снега между зимами с экстремально высокой и низкой снежностью на этой высоте могут достигать 5 м.

Снегозапасы бассейна р. Мзымта по результатам маршрутных снегомерных съёмок. Для характеристики снежности района, кроме стандартных наблюдений на метеостанции, широко применяются данные маршрутных снегомерных съёмок, которые проводятся в конце зимы и приурочены к максимуму зимнего снегонакопления. На Большом Кавказе этот вид наблюдений ведётся с середины 1930-х годов. Их цель – определение фонового значения снегозапасов в речных бассейнах и исследование распределения снежного покрова в пределах различных элементов ландшафта. Большая работа по систематизации и обобщению данных снегомерных съёмок на Большом Кавказе

Таблица 2. Снегозапасы W бассейна р. Мзымта* и снежность зим** по данным ГМС Красная Поляна (567 м) и Ачишхо*** (1880 м)

Год	Бассейн р. Мзымта									ГМС Красная Поляна (XII–III мес.)		ГМС Ачишхо (XII–III мес.)	
	0–2000 м			500–1000 м			1500–2000 м			аномалия h , %	снежность зимы	аномалия h , %	снежность зимы
	W , км ³	аномалия W , %	снежность зимы	W , км ³	аномалия W , %	снежность зимы	W , км ³	аномалия W , %	снежность зимы				
1974/75	0,343	–12	Ср	0,061	13	Ср	0,102	–41	Мл	67	Мн	7	Ср
1975/76	0,596	53	Мн	0,124	130	Мн	0,169	–3	Ср	354	Мн	25	
1976/77	0,18	–54	Мл	0,009	–83	Мл	0,067	–61	Мл	–67	Мл	–44	Мл
1977/78	0,222	–43		0,014	–74		0,082	–53		–75		–8	Ср
1978/79	0,361	–7	0,021	–61	0,139		–20	Ср	–54	37		Мн	
1979/80	0,286	–26	0,037	–31	0,097		–44	Мл	–63	–19		Ср	
1980/81	0,352	–10	0,021	–61	0,135		–22	Ср	–75	5			
1981/82	0,388	–2	0,035	–35	0,142	–18	Ср		–29	Ср	60	Мн	
1982/83	0,526	35	Мн	0,129	139	Мн	0,135	–22		138	Мн	24	Ср
1983/84	0,189	–51	Мл	0,005	–91	Мл	0,074	–57		–83	Мл	–17	
1984/85	0,351	–10	Ср	0,055	2	Ср	0,113	–35	Мл	–13	Ср	–2	
1985/86	0,205	–47	Мл	0,009	–83	Мл	0,08	–54		–58	Мл	–27	
1986/87	0,809	108	Мн	0,146	170	Мн	0,251	44	Мн	183	Мн	66	Мн
1987/88	0,445	14	Ср	0,07	30	Ср	0,144	–17	Ср	13	Ср	29	Ср
1988/89	0,487	25		0,065	20		0,166	–5		154	Мн	–	
1989/90	0,494	27		0,07	30		0,167	–4		21	Ср		

*Абсолютные значения снегозапасов W приведены по данным работы [14].

**Мн – многоснежные зимы, Ср – среднеснежные зимы, Мл – малоснежные зимы. П/ж шрифтом выделены показатели для трёх зим с аномально высокими снегозапасами в бассейне. р. Мзымта.

***ГМС Ачишхо закрыта в 1988 г.

выполнена в 1990-х годах [14]. Были обработаны сведения по 62 снегомерным маршрутам, один из которых проходил в бассейне р. Мзымта. Его протяжённость составила 53 км в интервале высот 0–2500 м. Наблюдения на маршруте вели на протяжении 15 лет (1975–1990 гг.) в пяти высотных зонах. Для анализа снежности зим района наиболее интересна интегральная оценка водозапасов по всему речному бассейну и тем высотным интервалам, в которых находятся ГМС Красная Поляна (500–1000 м) и Ачишхо (1500–2000 м), так как она позволяет ещё раз рассмотреть методическую проблему сопоставления данных линейных снегомерных съёмок с локальными величинами снежности на сетевых станциях.

При сравнении данных по снежности зим, полученных на ГМС Красная Поляна и в процессе маршрутных снегомерных съёмок, обращает на себя внимание согласованный ход аномалий в зимы рекордно высокой снежности – 1975/76, 1982/83, 1986/87 гг. (табл. 2). Видно, что данные ГМС Красная Поляна не только отражают тенденции изменения снежности в своём высотном

интервале (500–1000 м), но и согласуются с аномалиями снегозапасов для всего речного бассейна. Сходная картина наблюдается и для малоснежных зим, но только в интервале высот 500–1000 м. Вместе с тем отмечаются и явные несоответствия. Так, многоснежная зима 1974/75 г. по данным ГМС Красная Поляна характеризовалась положительной аномалией толщины снежного покрова (67%), а в бассейне р. Мзымта была зафиксирована отрицательная аномалия снегозапасов (–12%).

Для ГМС Ачишхо снежность экстремальных зим лучше коррелирует со значениями снегозапасов для всего бассейна р. Мзымта, чем со снегозапасами в своём высотном интервале бассейна (1500–2000 м) (см. табл. 1). Для этой зоны только в 1986/87 г. наблюдались близкие значения аномалии снегозапасов и толщины снега – соответственно 44 и 66%. В зимы 1975/76 и 1982/83 гг. эти величины имели противоположные знаки: соответственно 25 и –3%, 24 и –22%. В зимы 1978/79 и 1981/82 гг. отмечалась явная несогласованность в ходе снегонакопления, когда при высоких значениях аномалии толщины снежного

покрова на ГМС Ачишхо для этого же времени (37 и 60%) наблюдалась отрицательная аномалия снегозапасов в бассейне р. Мзымта (–20 и –18%). Выполненный анализ показал, что снежность зим на ГМС Ачишхо во многом обусловлена местными ороклиматическими факторами и представительна для группы ландшафтов, характеризующихся выровненными платообразными поверхностями в исследуемом районе.

По материалам маршрутных снегосъёмок в бассейне р. Мзымта выделено два типа экстремумов в распределении снегозапасов, когда формируются сезоны с аномально высокой и с аномально низкой снежностью. При положительных экстремумах высокая снежность года обусловлена существенным увеличением снегозапасов в нижних и средних высотных зонах речного бассейна. Такой тип снегонакопления наблюдался в 1975/76, 1982/83, 1986/87 гг., когда на нижних высотных уровнях многолетние нормы были превышены в 2 раза и более (рис. 7, а). При отрицательных экстремумах дефицит снега отмечается во всех высотных зонах горного бассейна. Пример такого снегонакопления – зимы 1976/77, 1977/78, 1983/84, 1985/86 гг. (см. рис. 7, б). В целом разница в снегозапасах в много- и малоснежные годы в бассейне р. Мзымта на высотах до 1000 м может отличаться в 5 раз [14].

О парадоксах снежности района Красной Поляны. В условиях современного климата встречаются зимы, которые, на первый взгляд, можно отнести к парадоксам снежности района Красной Поляны. Их происхождение обусловлено влиянием температурного фактора, который чётко проявляется в горных условиях субтропической Черноморской области. Район Красной Поляны представляет собой уникальную природную лабораторию для изучения закономерностей формирования и распределения снежного покрова при среднезимних температурах, близких к 0 °С, и наличии резкоградиентного поля в изменении толщины снега. Термический «коридор» существования снежного покрова на дне долины, в районе расположения ГМС Красная Поляна и нижних станций Олимпийских горнолыжных комплексов («Горная Карусель», «Газпром», «Роза-Хутор»), лежит в диапазоне температур холодного периода от –1,6 °С до 4,9 °С, а повторяемость зим с температурами выше 0 °С составляет на этом уровне 86%. В условиях современных тёплых зим в нижних частях склонов снега явно недостаточно, поэтому комфортное горнолыжное

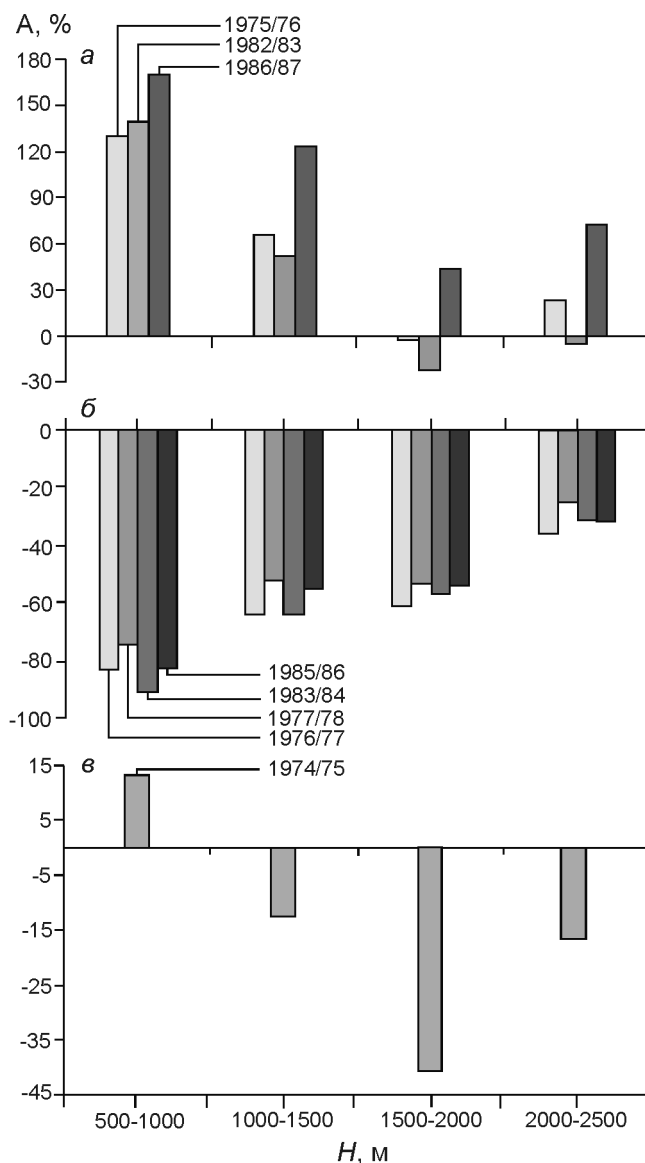


Рис. 7. Аномалии снегозапасов (А, %) в бассейне р. Мзымта по высотным зонам H , м, в зимы различной снежности: а – многоснежные; б – малоснежные; в – в аномально холодную зиму 1974/75 г. с дефицитом осадков по данным [14]

Fig. 7. Anomalies of snow storage (A, %) in Mzymta River watershed at altitudinal zones H , m, in winters with different snowiness:

а – much snow; б – little snow; в – anomaly cold winter 1974/75 with small precipitation according data [14]

катание возможно лишь выше уровня устойчивого залегания снежного покрова (800–1000 м) и далее до водораздельной зоны, где расположены верхние станции гондольных дорог (2200–2320 м).

Рассматриваемый парадокс в условиях избыточного увлажнения и колебания температур холодного периода вблизи 0 °С может приводить к инверсионному распределению снегозапасов

по высотным зонам. Так, в холодные зимы аномально много снега на дне долины может быть даже при явном дефиците осадков. В такие сезоны обилие снега в низкогорной зоне создаёт обманчивое впечатление о повышенной заснеженности всего района. Однако реальная картина в распределении снегозапасов на других высотных уровнях будет отрицательной по отношению к норме. Пример такого распределения снегозапасов – холодная зима 1974/75 г. ($t_{\text{ХИ-П}} = 1\text{ }^{\circ}\text{C}$), которая была многоснежной на дне долины, но при этом характеризовалась отрицательными величинами снегозапасов в бассейне р. Мзымта выше отметки 1000 м (см. рис. 7, в). По аналогичному сценарию развивались события в холодные зимы 1948/49, 1949/50, 1963/64, 1971/72, 1992/93 гг. Противоположная картина наблюдается для тёплых и обильных на осадки зим, когда на дне долины формируется маломощный снежный покров, а в верхних частях горного бассейна выпадает избыточное количество снега. Наиболее яркая иллюстрация такого типа зим – сезон 1962/63 г., который, будучи малоснежным на дне долины, оказался рекордным по величине осадков (1240 мм) и одним из самых тёплых ($3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) за существующий ряд наблюдений на ГМС Красная Поляна. Из-за повышенного снегонакопления в средне- и высокогорной зонах в эту зиму в бассейне р. Мзымта наблюдался массовый сход крупных лавин из мокрого снега и отмечены мощные зимне-весенние паводки.

При анализе метеоданных найден показатель, который позволяет определить уровень с устойчивым залеганием снежного покрова. Это – абсолютная высота нулевой изотермы, рассчитанная в пределах холодного периода (ХП–П месяцы). Принимая в качестве точки отсчёта положение нулевой изотермы на высоте ГМС «Красная Поляна» (567 м) и градиент изменения температуры воздуха, равный $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ (для зимних условий), можно рассчитать абсолютную осреднённую высоту нулевой изотермы для любой зимы за период инструментальных наблюдений. Диапазон её высотного изменения будет определяться абсолютными отметками нулевой изотермы в годы температурных экстремумов на Красной Поляне. Так, в самую холодную зиму 1948/49 г. ($-1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$) расчётная нулевая изотерма проходила на абс. высоте 247 м, в самую тёплую 2009/10 г. ($4,9\text{ }^{\circ}\text{C}$) – на абс. высоте 1547 м. В качестве реперной границы отметим также высотный уровень нулевой изотермы для среднестатистиче-

ской зимы ($1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$), составивший 847 м. Как видим, расчётные величины высотного положения нулевой изотермы согласуются с данными натуральных наблюдений за снежным покровом для среднестатистической зимы (800–1000 м) и экстремально тёплой зимы 2009/10 г. (1500 м) [4].

Снежный покров на северных склонах массива г. Аибга. По мере приближения XXII зимних Олимпийских игр 2014 г. в научной литературе появляется всё больше публикаций, посвящённых изучению снежного покрова района Красной Поляны [1, 4, 15]. Они отражают новый этап в области снеголавинных исследований и содержат детальные сведения о заснеженности северных склонов массива г. Аибга, где намечено проведение основных соревнований. Сопоставление современных данных с уже имеющимися материалами позволяет на новом уровне оценить зимние рекреационные ресурсы района Красной Поляны и дополнить характеристику зим по снежности измерениями о толщине снега в районе современных горнолыжных комплексов.

Наиболее полная сводка данных о динамике снежного покрова на различных высотных уровнях северного склона хр. Аибга за 2005–2010 гг. дана в работе [4]. За указанный период на дне долины р. Мзымта наблюдались только мало- и среднеснежные зимы, во время которых толщина снега не превышала 30 см. В этот же период зимой толщина снега на склонах г. Аибга достигала 1,8–2,3 м (абс. высота 1500 м) и 2,5–3 м в зоне каров (абс. высота 2100 м). Самой снежной за период пятилетних наблюдений была зима 2005/06 г. В этот сезон толщина снега составила 2,5–3 м на отметках 1500–2000 м и 4–5 м на приводораздельных участках склонов. Как отмечалось ранее, в более снежные зимы толщина снега на рассматриваемых участках склонов может существенно превышать значения 2005/06 г. Это превышение может достигать 30%, исходя из количественного соотношения между мало-, средне- и многоснежными зимами. С учётом вводимой поправки, в многоснежные зимы толщина снега на дне долины может составить 1,5–2 м, на склонах на высоте 1500 м – 3–4 м, а выше 2000 м, в зоне каров, – 7–8 м. Данные фактических наблюдений за снежным покровом на плато Ачишхо подтверждают правомерность таких оценок.

Из пяти зим 2005–2010 гг. особо следует выделить сезон 2009/10 г., во время которого в районе Красной Поляны сформировался новый климатический экстремум. Указанный год был самым

тёплым за весь период инструментальных наблюдений. Средняя температура холодного периода (XII—II месяцы) составила 4,9 °С при многолетней норме 1,4 °С. Большую часть зимы на абсолютных отметках ниже 1500 м преобладали положительные температуры воздуха, поэтому в нижней части склонов хр. Аибга снега практически не было. Устойчивый снежный покров, обеспечивающий горнолыжное катание, залегал лишь на верхних участках горнолыжных трасс. Высокие зимние температуры вызвали резкое контрастное распределение снежного покрова на горных склонах. Если до отметки 1500 м снежный покров находился в состоянии неустойчивого залегания и не обеспечивал горнолыжного катания, то выше этой границы на небольшом промежутке толщина снега резко возрастала до 1–2 м, а в зоне каров достигала 2–3 м. Таким образом, в самую тёплую зиму снег в нижней половине склонов практически отсутствовал, тогда как в верхних частях склонов его толщина достигала 3 м. Если бы соревнования проводились в это время, то зона старта горнолыжных дисциплин (2100 м) оказалась бы обеспечена снежным покровом, а в зоне финиша (1000 м) ощущалась бы явная его нехватка.

В последние годы новые сведения о распределении толщины снега на склонах хр. Аибга получены методом лазерного сканирования [15]. На Красной Поляне лазерная съёмка в районе размещения олимпийских объектов проведена в апреле 2007 г. в высотном диапазоне 600–2600 м. Статистическая обработка данных выполнена через каждые 200 м на десяти высотных ступенях, для которых сделаны сотни тысяч электронных промеров. Для зоны массового горнолыжного катания на склонах хр. Аибга получены следующие средние значения толщина снега: 1400–1600 м – 1,92 м; 1600–1800 м – 2,67 м; 1800–2000 м – 3,33 м; 2000–2200 м – 3,32 м. Эти результаты согласуются с измерениями по гораздо более разреженной речной сети наблюдений [4]. Данные лазерного сканирования дали неожиданно высокие значения абсолютных максимумов толщины снега в каждой из высотных зон: 1400–1600 м – 9,52 м; 1600–1800 м – 15,42 м; 1800–2000 м – 18,55 м; 2000–2200 м – 18,87 м. Поскольку в работе [15] нет географической привязки зафиксированных максимумов, то можно предположить, что они наблюдались в глубоких логах, заполненных лавинным снегом, или приурочены к снежным карнизам, мощность которых в зимний период регулярно достигает 15–18 м.

Заключение

По результатам анализа метеонаблюдений, маршрутных снегомерных съёмок и опросов местных жителей выявлены основные черты снежности зим в районе Красной Поляны, свидетельствующие о следующем.

1. Повторяемость зим по снежности, по данным ГМС Красная Поляна, такова: малоснежные – 49%; среднеснежные – 25%; многоснежные – 15%; аномально многоснежные – 11%. Наибольший перерыв между аномально снежными зимами составил 22 года. На современном этапе зим подобного типа не наблюдалось уже 20 лет.

2. Рекордной по величине снегозапасов для всего бассейна р. Мзымта была зима 1986/87 г., во время которой многолетняя норма снегозапасов была превышена вдвое. Этой зиме принадлежит абсолютный максимум толщины снежного покрова, который когда-либо наблюдался на метеостанциях нашей страны – 7,96 м (ГМС Ачишхо).

3. Самой снежной на дне долины была зима 1975/76 г., во время которой толщина снежного покрова с января по март превышала 1,5 м при абсолютном зимнем максимуме 2,18 м.

4. В районе расположения современных горнолыжных комплексов, где намечено проведение горного этапа XXII зимних Олимпийских игр 2014 г., в многоснежные зимы толщина снежного покрова на дне долины может достигать 1,5–2 м, на склонах, на высоте 1500 м, – 3–4 м, выше 2000 м, в зоне древнеледниковых каров, – 7–8 м.

5. В последние два десятилетия в низкогорной зоне бассейна р. Мзымта снежность зим уменьшается, что обусловлено происходящими изменениями климата.

6. Установлен показатель, позволяющий определить высотную границу с устойчивым залеганием снежного покрова. Это – высота нулевой изотермы в пределах климатического холодного периода (XII—II месяцы). Выше нулевой изотермы наблюдается резкое нарастание толщины снега и обеспечивается комфортное горнолыжное катание. Диапазон изменения её высоты определяется зимними температурными экстремумами и лежит в пределах от 247 м (1948/49 г.) до 1547 м (2009/10 г.).

Как показали результаты выполненных исследований, зимам района Красной Поляны свойственна высокая изменчивость. Самый неблагоприятный сценарий развития событий для Олимпиады 2014 г. связан с аномально снежной зимой. На дне долины это создаст значительные проблемы с транспортным обеспечением, на горных

склонах приведёт к существенному увеличению лавинной опасности и риску неконтролируемого обрушения лавин, которые несут угрозу для жизни людей, олимпийских объектов и систем коммуникаций. В условиях естественной изменчивости климата повторение подобных зим, наблюдавшихся ранее в Красной Поляне, неизбежно в будущем, но экстремальные зимы относятся к событиям редкой повторяемости, а тёплый мало-снежный экстремум наблюдался совсем недавно (в 2009/10 г.). Поэтому в год проведения Олимпиады снежно-метеорологическая ситуация, вероятнее всего, будет развиваться по промежуточному сценарию, который более благоприятен для контроля за снеголавинной обстановкой. Впрочем, в условиях наблюдающейся на современном этапе нестабильности климата возможны любые погодные сюрпризы, предсказать которые можно только на основе краткосрочного прогноза погоды с заблаговременностью в несколько дней.

Благодарности. Автор выражает благодарность Н.А. Володичевой за помощь в подготовке статьи.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 13-05-00830.

Литература

1. *Вивчар А.В.* Влияние снежных лавин на рекреационное освоение бассейна реки Мзымта (Западный Кавказ): Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. М.: МГУ, 2011. 24 с.
2. *Галахов Н.Н.* Выделение типов зим по высоте и динамике снежного покрова на большей части территории СССР // Роль снежного покрова в природных процессах. М.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 11–26.
3. Гляциологический словарь / Под ред. В.М. Котлякова. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 528 с.
4. *Ефремов Ю.В., Салатовка Р.В., Бенделиани С.В.* Снежный покров и лавинный режим в горном кластере Зимних Олимпийских игр в Сочи // Лёд и Снег. 2011. № 2 (114). С. 64–69.
5. *Залиханов М.Ч.* Снежно-лавинный режим и перспективы освоения гор Большого Кавказа. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 1981. 376 с.
6. Каталог ледников СССР. Ч. 1. Т. 9. Вып. 1. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 47 с.
7. *Котляков В.М.* Снежный покров Земли и ледники. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 478 с.
8. Лавиноопасные районы Советского Союза / Под ред. Г.К. Тушинского. М.: Изд-во МГУ, 1970. 198 с.
9. *Лурье П.М., Панов В.Д., Ильичев Ю.Г., Салпагаров А.Д.* Снежный покров и ледники бассейна реки Кубань // Тр. Тебердинского гос. прир. биосферного заповедника. Вып. 41. Кисловодск: Сев.-Кавказское изд-во МИЛ, 2006. 243 с.
10. *Насимович А.А.* Влияние лавин на растительный и животный мир Кавказского заповедника // Природа. 1938. № 8. С. 191–192.
11. *Олейников А.Д.* Применение существующих методов типизации зим для целей лавиноведения на примере Западного Кавказа // МГИ. 1982. Вып. 45. С. 70–76.
12. *Олейников А.Д.* Снежность зим в районе Красной Поляны (Западный Кавказ) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2010. № 2. С. 39–45.
13. *Погорелов А.В.* О «полосе снежности» Большого Кавказа // Тр. САНИИ Госкомгидромета. 1988. Вып. 129 (210). С. 25–30.
14. *Погорелов А.В.* Снежный покров Большого Кавказа. М.: Академкнига, 2002. 287 с.
15. *Погорелов А.В., Бойко Е.С.* Исследование микро- и мезомасштабной структуры поля снежного покрова в горах на основе технологии лазерного сканирования // Лёд и Снег. 2010. № 2 (110). С. 35–42.
16. *Сулаквелидзе Г.К.* Некоторые физические свойства снежного покрова // Вопросы изучения снега и использование его в народном хозяйстве. М.: Наука, 1956. С. 24–54.
17. *Темникова Н.С.* Климат Северного Кавказа и прилежащих степей. Л.: Гидрометеиздат, 1959. 368 с.
18. *Хромов С.П.* Метеорология и климатология для географических факультетов. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 455 с.

Summary

The paper deals with study of snowiness and estimation of modern tendencies of its changes in the area of Krasnaya Polyana in the West Caucasus. Olympic Games will take place here in February, 2014. The paper is based on the data of meteorological stations Krasnaya Polyana (567 m), Achishho (1880 m) and snow surveys along the Mzymta River valley (0–2500 m). Period under study characterized by winters with different snowiness. This difference is analyzed due to their changes in altitude levels. During two last decades, the noticeable reduction of snowiness occurred in the investigated district. The dependence between snowy winters and periods of cold temperatures is identified. In seasons of anomaly high and low snowiness the difference of snow depth can reach 5 m (Achishho). In places of Olympic ski lower stations (Gornaya Karussel, Gasprom, Rosa-Hutor) the temperature of cold period runs from $-1,6^{\circ}\text{C}$ up to $4,9^{\circ}\text{C}$, and the periodicity of winters with positive temperatures is 86% on this level. Parameters of winter conditions are given in the paper, and we can consider them as a paradox of Krasnaya Polyana winters.