

Анализ температуры воздуха зимних сезонов в Хибинах и ее связь с параметрами лавинной активности

Е.С. Трошкина⁺, В.Н. Сапунов⁺, Ю.Г. Селиверстов⁺, П.А. Черноус⁺⁺

⁺*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет, Москва, Россия*

⁺⁺*Центр лавинной безопасности, ОАО "Апатит", г. Кировск, Россия*

Analysis of temperature regime for winters in Khibiny Mountains and its correlation with avalanche activity

E.S. Troshkina⁺, V.N. Sapunov⁺, Yu.G. Seliverstov⁺, P.A. Chernous⁺⁺

⁺*Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia*

⁺⁺*Center of avalanche security, "Apatit" Joint Stock Company, Kirovsk, Russia*

The temperature regime of winters in Khibiny Mountains is considered. Types of winters are classified. Statistical processing of a multi-year sequence of data (1936-2004) is used for typification of winter seasons (the period from October until May) by a temperature regime. Calculation of the sums of monthly average air temperatures for winter on four meteorological stations is made. Dynamics of change for the period of observation is traced. Trends are calculated. Four types of winters are determined by size of deviation of the sum of monthly average air temperatures for the winter period from average values for the period of observation. For the total period of observation the number of abnormally cold winters is 16 %, and of abnormally warm winters is 18 %. Other winters are concerned as moderate. Thus moderately cold winters make 25 %, moderately warm make 41 %. It is established, that in last fifteen years repeatability of warm and abnormally warm winters has increased. Features of seasonal dynamics of air temperature for different types of winters are analyzed and established. For each type of winters parameters of avalanche activity are ascertained.

Температура воздуха во многом определяет условия отложения снега и дальнейшего развития снежной толщи вплоть до ее разрушения. Абсолютные значения температуры воздуха, их изменчивость в пространстве и времени отражаются в особенностях метаморфизма снега, формирования структурных особенностей и физико-механических свойств снежного покрова, и являются одним из ведущих факторов возникновения стихийных нивальных явлений и важнейшей климатической характеристикой режима снежных лавин и водоснежных потоков различных горных территорий. Исследование многолетнего хода температуры воздуха позволяет определить характер ее влияния на условия образования снежных лавин и водоснежных потоков год от года для оценки режима и разработки методов долгосрочного прогноза активности стихийных гляциальных процессов.

Трошкина Е.С., Сапунов В.Н., Селиверстов Ю.Г., Черноус П.А. Анализ температуры воздуха зимних сезонов в Хибинах и ее связь с параметрами лавинной активности. // Изменения природной среды на рубеже тысячелетий. Труды Международной электронной конференции. Тбилиси-Москва, 2006, с. 173-182. www.cetm.narod.ru/pdf/troshkina.pdf

Температурный режим Хибин характеризуется относительно теплой зимой и прохладным, неустойчивым летом. Среднегодовая температура воздуха по многолетним данным составляет от $-0,1^{\circ}\text{C}$ в Кировске (метеоплощадка «Кировск» Центра лавинной безопасности (ЦЛБ) ОАО «Апатит», 365 м) до $-4,8^{\circ}\text{C}$ на плато Ловчорр (горнолавиная станция (ГЛС) «Центральная», 1090 м). В среднем на каждые 100 м подъема температура воздуха понижается на $-0,65^{\circ}\text{C}$. Радиационный баланс со второй половины октября до 3-ей декады марта отрицательный. Число дней с отрицательной температурой воздуха составляет 210 на уровне 365 м («Кировск») и увеличивается до 277 на плато Ловчорр. Наиболее холодные месяцы зимы – январь - температура воздуха у подножия склонов составляет $-10,1^{\circ}\text{C}$ («Кировск») и $-10,8^{\circ}\text{C}$ (метеоплощадка ЦЛБ «Восточная», 420 м), и понижается до $-12,2^{\circ}\text{C}$ и $-13,2^{\circ}\text{C}$ соответственно на расположенных в непосредственной близости от верхних частей лавинных очагов метеоплощадке ЦЛБ «Юкспор» (910 м) и горнолавиной станции ЦЛБ «Центральная» (1090 м) и февраль – среднемесячные значения соответственно составляют $-9,8^{\circ}\text{C}$, $-10,9^{\circ}\text{C}$, $-12,6^{\circ}\text{C}$, $-13,2^{\circ}\text{C}$. Абсолютный минимум температуры воздуха достигает -32°C на горных плато и -41°C в горных котловинах.

Развитие снежной толщи начинается с формированием устойчивого снежного покрова на склонах гор чаще всего в октябре и заканчивается с его разрушением – обычно в мае. По (1) в этот период (далее зимний период) сходит более 99% лавин. Средняя температура воздуха зимнего периода понижается от -5°C («Кировск») и $-5,3^{\circ}\text{C}$ («Восточная») в днищах долин до $-8,3^{\circ}\text{C}$ («Юкспор») и $-9,3^{\circ}\text{C}$ («Центральная»). Снижение высотного градиента температуры воздуха по сравнению со среднегодовыми значениями объясняется частым формированием в периоды устойчивой антициклональной погоды с активным радиационным выхолаживанием приземного слоя воздуха температурной инверсии. Особенно часто это явление отмечается в самые холодные месяцы года.

Для характеристики зимних сезонов по температурному режиму воздуха были приняты значения суммы среднемесячных температур воздуха в зимний период.

Многолетний ход сумм среднемесячных температур воздуха на различных метеоплощадках в значительной мере совпадает. Коэффициенты корреляции значений в периоды параллельных наблюдений высоко значимы и составляют: «Юкспор» - «Центральная» (1962-1980 гг.) – 0.99, «Центральная» - «Кировск» (1982-2004 гг.) – 0.91, «Центральная» - «Восточная» (1990-2004 гг.) – 0.90, «Кировск» - «Восточная» (1990-2004 гг.) – 0.89. Средний многолетний внутривоздушный ход значений среднемесячной температуры воздуха по данным всех метеостанций показывает их почти синхронное изменение. Температура воздуха плавно понижается, достигая минимальных значений в Кировске в январе ($-10,1^{\circ}\text{C}$) а на остальных метеостанциях в феврале (до $-13,2^{\circ}\text{C}$ на Центральной) и в дальнейшем также плавно увеличивается. Коэффициент корреляции между среднемесячными значениями температуры воздуха на метеоплощадках «Юкспор» и «Центральная» в годы их параллельной работы (зимы 1962/63 – 1979/1980 гг.) составил 0.95, что позволяет считать единым ряд наблюдений за температурой воздуха в непосредственной близости к зоне возникновения лавин в зимний период с 1936 по настоящее время.

Для анализа развития снежной толщи, как условия лавинообразования важное значение имеет температурный режим на метеоплощадках, расположенных в районе зоны отрыва лавин. На метеоплощадке «Юкспор» (период наблюдений с 1936 по 1980 гг.) сумма среднемесячных температур воздуха колебалась от $-50,9^{\circ}\text{C}$ до $-88,3^{\circ}\text{C}$, и в среднем составила $-66,6^{\circ}\text{C}$ при стандартном отклонении $\pm 7,9^{\circ}\text{C}$. На «Центральной» (1980 - 2004 гг.) сумма среднемесячных температур в разные годы колебалась от $-85,8^{\circ}\text{C}$ до $-61,6^{\circ}\text{C}$. В среднем она составила $-74,2^{\circ}\text{C}$ при несколько меньшем, чем на «Юкспоре» стандартном отклонении - $\pm 7,3^{\circ}\text{C}$.

Все зимы многолетнего ряда были разделены по суммам температур воздуха в зависимости от их отклонения от величины средней многолетней суммы температур воздуха на **умеренно холодные** и **умеренно теплые**, **аномально холодные** и **аномально теплые**. К умеренно холодным были отнесены зимы с суммой среднемесячных температур воздуха ниже их средней многолетней величины, но не более, чем на величину стандартного отклонения. К умеренно теплым были отнесены зимы с суммой среднемесячных температур воздуха

выше их средней многолетней величины, но не более, чем на величину стандартного отклонения. К аномально теплым и аномально холодным отнесены зимы, суммы среднемесячных температур которых лежат соответственно выше или ниже пределов стандартных отклонений от сумм средних многолетних среднемесячных значений (табл. 1).

Таблица 1. Типизация зим по характеру отклонения от величины средней многолетней суммарной за зиму температуры воздуха

Тип зим	«Юкспор»		«Центральная»	
	сумма температур	Зимы	сумма температур	зимы
Аномально холодные	< -74,5°С	1940/41, 1941/42, 1945/46, 1955/56, 1965/66, 1968/69, 1978/79	< -81,5°С	1965/66, 1967/68, 1968/69, 1970/71, 1978/79, 1980/81, 1984/85, 1997/98
Умеренно холодные	≥-74,5°С - ≤-66,6°С	1939/40, 1946/47, 1952/53, 1954/55, 1957/58, 1960/61, 1964/65, 1967/68, 1969/70, 1970/71, 1973/74, 1976/77, 1977/78	≥-81,5°С - ≤-74,2°С	1964/65, 1969/70, 1973/74, 1976/77, 1977/78, 1979/80, 1985/86, 1986/87, 1987/88, 1995/96, 1996/97, 1998/99
Умеренно теплые	> -66,6°С - ≤ -58,7°С	1938/39, 1942/43, 1943/44, 1944/45, 1947/48, 1949/50, 1950/51, 1951/52, 1956/57, 1959/60, 1961/62, 1962/63, 1963/64, 1966/67, 1971/72, 1972/73, 1975/76, 1979/80	> -74,2°С - ≤ -66,9°С	1962/63, 1963/64, 1966/67, 1971/72, 1972/73, 1975/76, 1981/82, 1983/84, 1989/90, 1990/91, 1992/93, 1993/94, 2000/01, 2001/02, 2002/03
Аномально теплые	> -58,7°С	1936/37, 1937/38, 1948/49, 1953/54, 1958/59, 1974/75	> -66,9°С	1974/75, 1982/83, 1988/89, 1991/92, 1994/95, 1999/00, 2003/04

При сравнении характеристик зим оценки по разным метеоплощадкам разошлись только в 3 случаях. В зимы 1967/68 и 1970/71 гг. значения сумм очень близки к граничному значению -74,5°С на «Юкспоре» и на 1°С и более ниже порога на «Центральной». Таким образом, эти зимы можно отнести к аномально холодным. При аналогичном подходе к оценке зимы 1979/80 гг. в многолетнем ряду по данным «Юкспора» ее следует признать умеренно теплой.

За весь период наблюдений число аномально холодных зим составило 16%, а аномально теплых 18%. Остальные зимы относятся к умеренным. При этом умеренно холодные составляют 25%, умеренно теплые - 41%. Дисбаланс числа холодных и теплых зим в пользу последних объясняется наличием в статистическом ряду очень низких (-95,8°С на «Центральной» и -88,3°С) значений зимой 1965/1966 гг.

На рис. 1 и 2 представлены результаты многолетних наблюдений на метеоплощадках «Юкспор» и «Центральная»: обозначены линии сумм среднемесячных значений температур воздуха зимних сезонов и линии стандартных отклонений, ограничивающие области значений сумм среднемесячных температур воздуха аномально теплых, аномально холодных, умеренных теплых и умеренно холодных зим. Из графиков видно чередование зим различных типов. Аномально холодные зимы чередуются через 1–13 лет, в среднем через 4-6 лет, в редких случаях зимы следуют одна за другой. Аномально теплые зимы чередуются через 1-10 лет. В некоторых случаях интервал между аномально теплыми зимами достигает 14-16 лет, а в иных случаях зимы подобного типа следуют одна за другой. В среднем интервал между зимами 6-8 лет. Умеренно холодные зимы чередуются через 1-8 лет. В 10% случаев они следуют одна за другой. В среднем интервал между умеренно холодными зимами 2-4 года. Умеренно теплые зимы через 1-6 лет, в 10% случаев они следуют одна за другой, в среднем интервал между умеренно теплыми зимами 2-4 года.

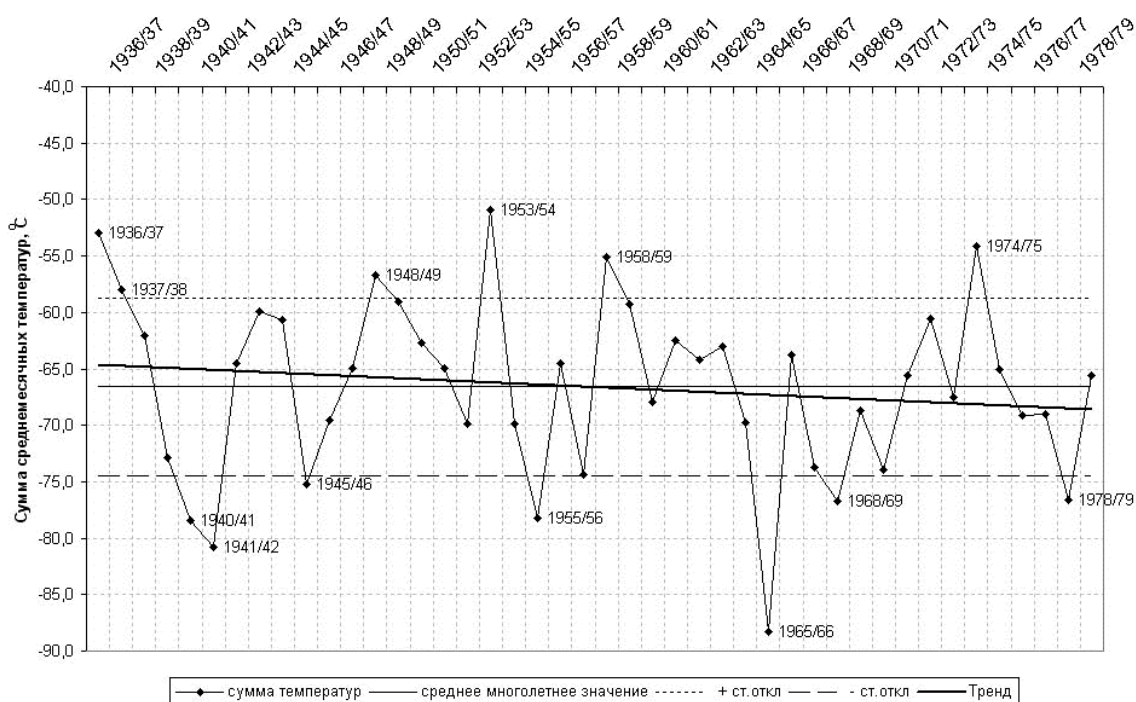


Рис. 1. Метеоплощадка «Юкспор». Многолетний ход сумм среднемесячных температур воздуха за зимний период.

Повторяемость различных типов зим в 10-ти летних циклах за весь период наблюдений с 1936 по 2002 год распределилась следующим образом. Аномально холодные зимы встречаются 1-3 раза в 10 лет, аномально теплые 1-2 раза, умеренно холодные 3-4 раза и умеренно теплые 4-5 раз в 10 лет. В 60-ти летнем ряду можно выделить временные циклы, в которых преобладают зимы аномально и умеренно холодные или аномально и умеренно теплые с суммами среднемесячных температур воздуха соответственно выше или ниже средней многолетней величины. Со второй половины 30-х годов до начала нового столетия прослеживается чередование циклов "холодных" и "теплых" зим продолжительностью от 3-ех до 8-ми лет. Число циклов с умеренно и аномально теплыми зимами равно 5, число циклов с умеренно и аномально холодными зимами равно 6. Наиболее выделяются 60-ые годы с преоблада

нием умеренно и аномально холодных зим и период с конца 70-ых до середины 90-ых с преобладанием умеренно и аномально теплых зим. Анализ многолетнего ряда значений по данным метеостанции Юкспор показывает отрицательный тренд ($-0,09^{\circ}\text{C}$ в год), что определяется резким увеличением повторяемости аномально холодных зим во второй половине 60-х годов XX века. С конца 80-х годов возросла повторяемость теплых и аномально теплых зим, что нашло отражение в положительном тренде по данным Центральной ($0,2^{\circ}\text{C}$ в год).

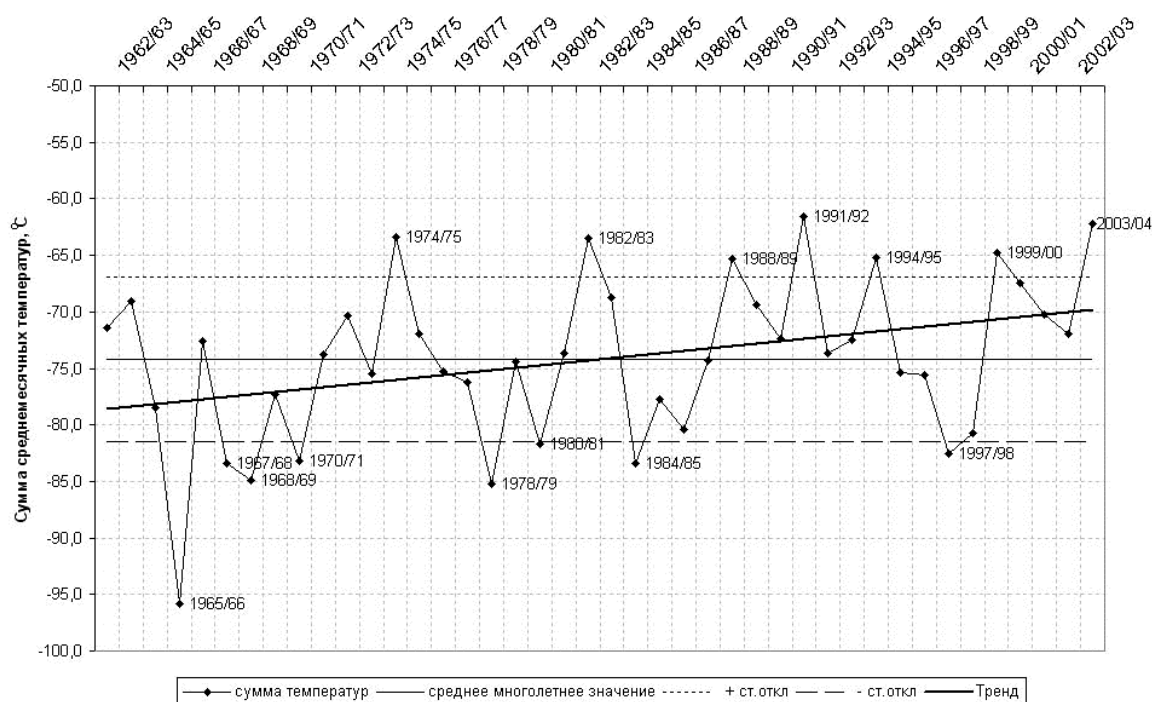


Рис. 2. ГЛС «Центральная». Многолетний ход сумм среднемесячных температур за зимний период.

Для зим различных типов были определены параметры лавинной активности – число дней с лавинными ситуациями (дни, в которые по экспертной оценке специалистов ЦЛБ был возможен сход лавин), число лавин, суммарный и средний объемы лавин (рис. 3). Современное состояние качества наблюдений за лавинами установилось с зимы 1958/59 гг. (по экспертной оценке специалистов ЦЛБ), поэтому с нее и начинается анализируемый период. Наиболее стабильный из используемых показателей – число дней с лавинными ситуациями (коэффициент вариации 36). Средние его значения для различных типов зим очень близки, а максимальное (42 дня) из них и наибольшая вариация (20 – 71) характеризуют умеренно холодные зимы. Наибольшее среднее число лавин за сезон (58) при наименьшей вариации значений приходится на аномально теплые зимы, а наименьшее (41) при наибольшей вариации на теплые зимы. Максимальные средние (113 603 куб.м) и абсолютные значения (275 925 куб.м) суммарных объемов лавин отмечаются в аномально холодные зимы, а наименьшая вариация показателя в аномально теплые зимы. Для умеренно холодных и умеренно теплых зим рассчитаны очень близкие значения средних величин среднесезонных объемов лавин (2 305 и 2 307 куб. м соответственно) при очень большом коэффициенте вариации (89). Наибольшее среднее значение этого показателя лавинной активности при наименьшей вариации (2 653 куб.м) в аномально холодные зимы, а наименьшее в аномально теплые.

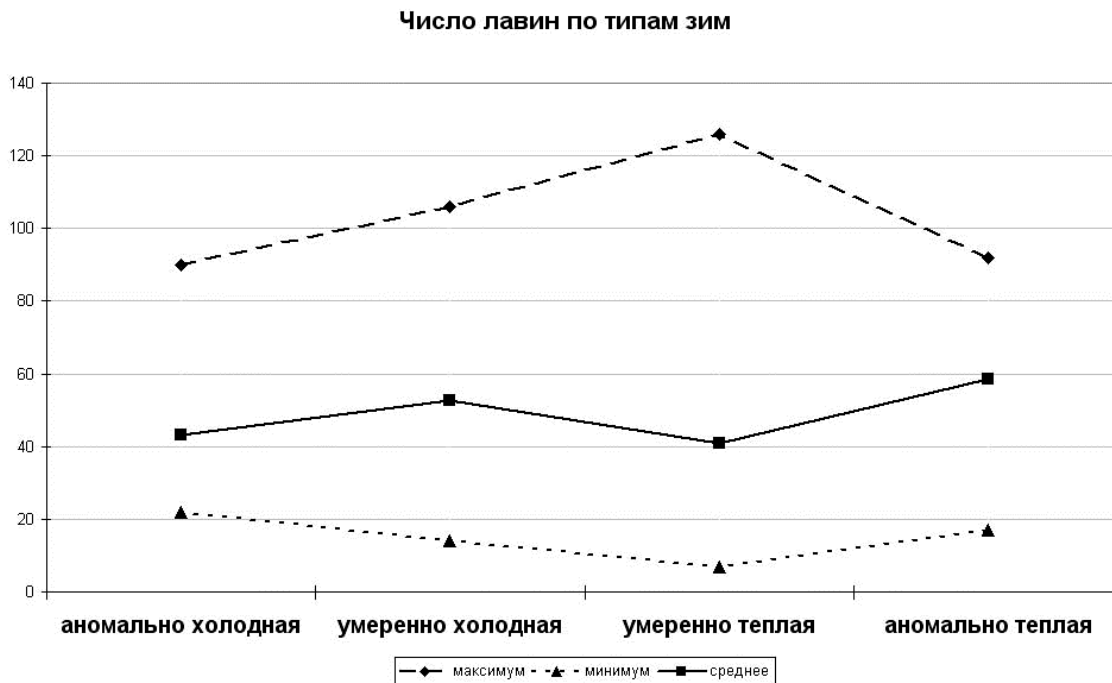
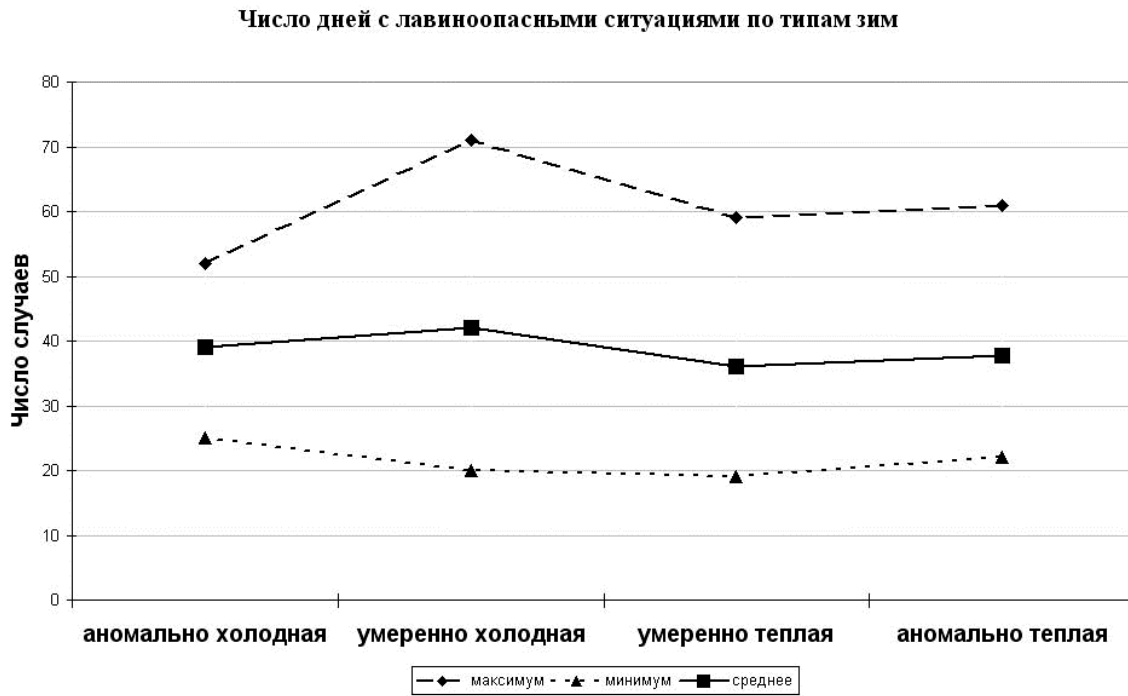


Рис. 3. Параметры лавинной активности для различных типов зим. Максимальные, минимальные и средние значения.

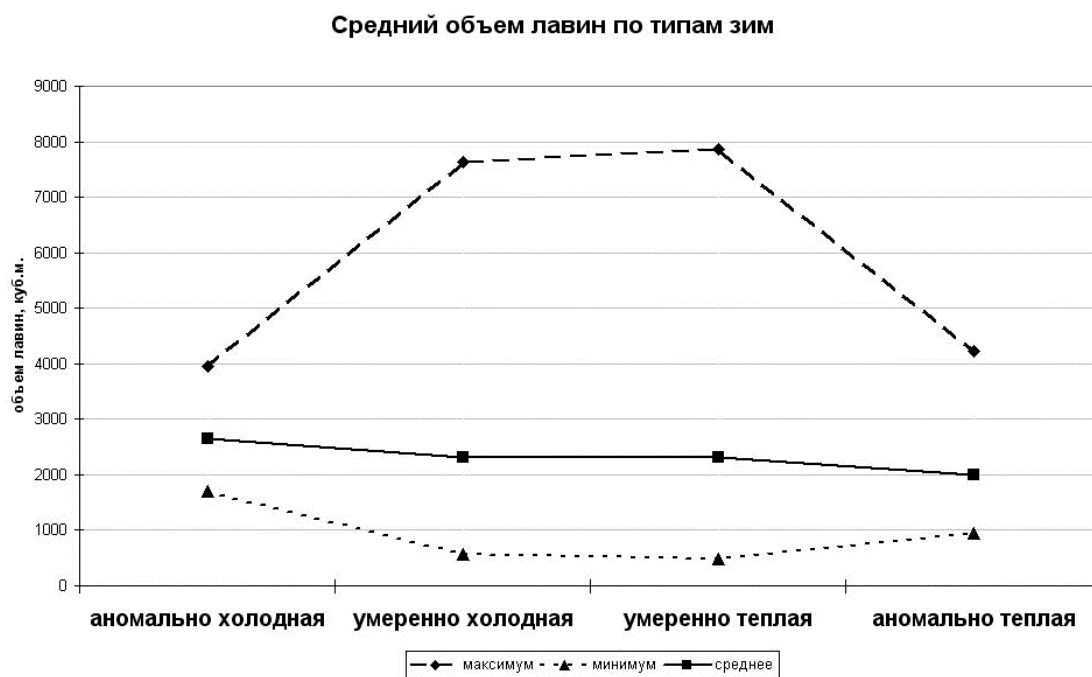
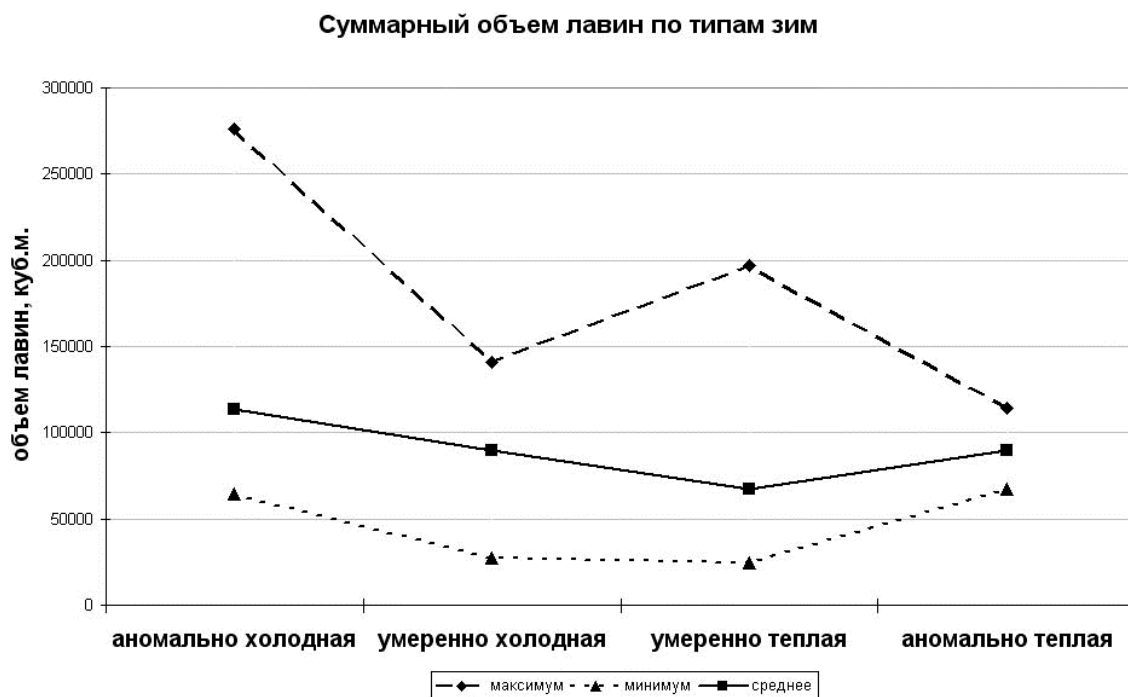
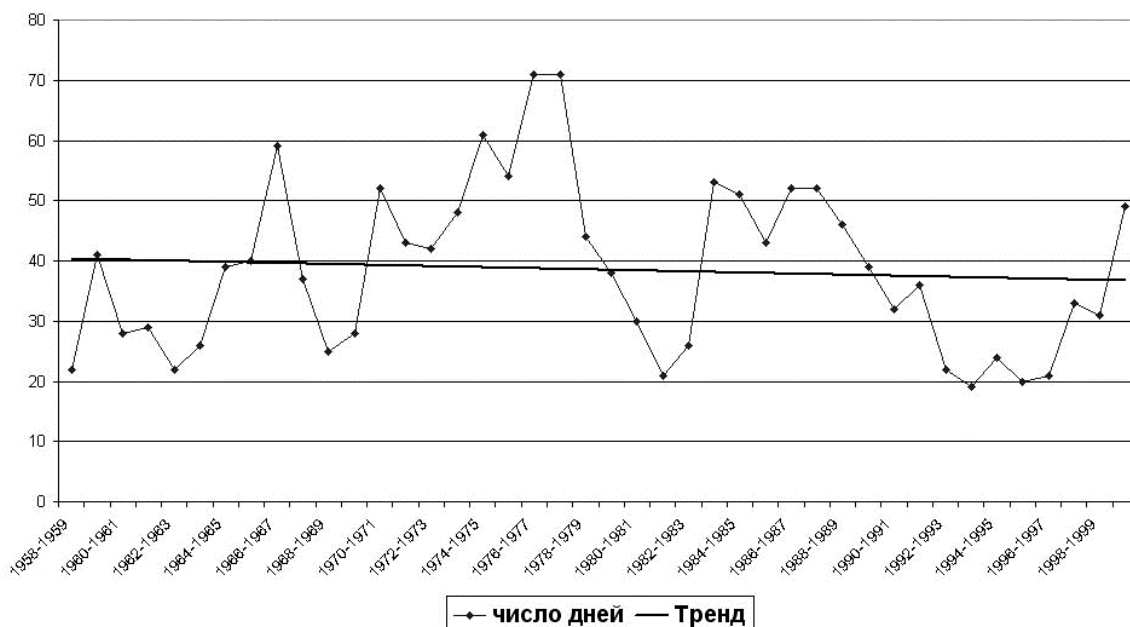


Рис. 3 (продолжение).

Тренды временных рядов параметров лавинной активности имеют различную направленность (рис. 4), что во многом объясняется изменением повторяемости различных типов зим. Число дней с лавинными ситуациями несколько уменьшается с сокращением повторяемости холодных и аномально холодных зим. Число лавин растет в среднем на 1 в год в соответствии со значительным увеличением повторяемости аномально теплых зим.

Число дней с лавиноопасными ситуациями



Число лавин

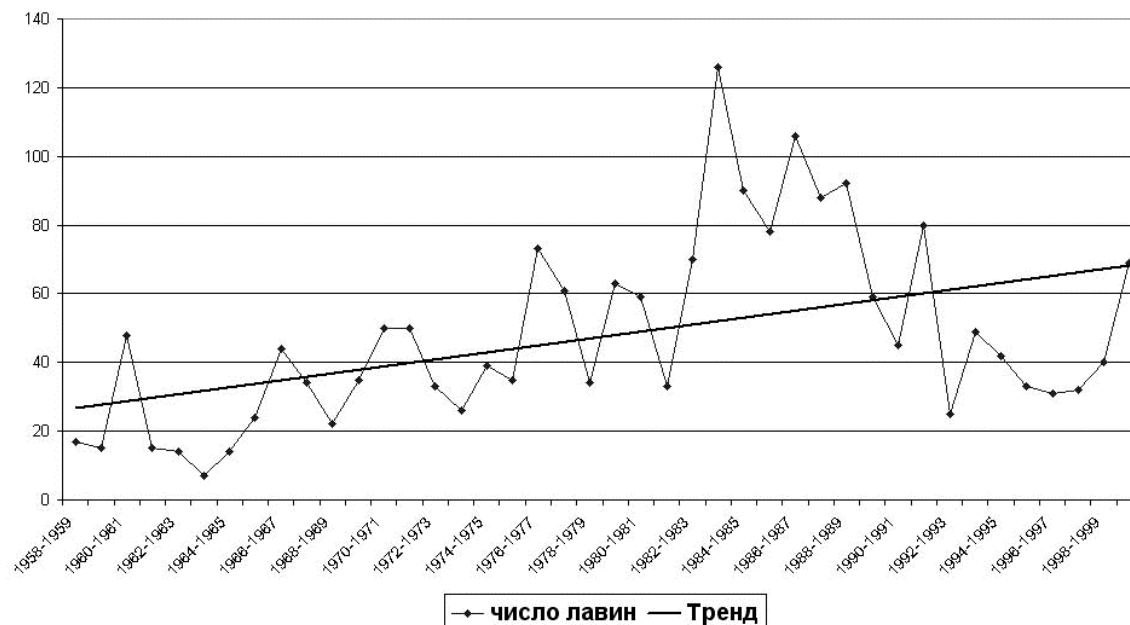
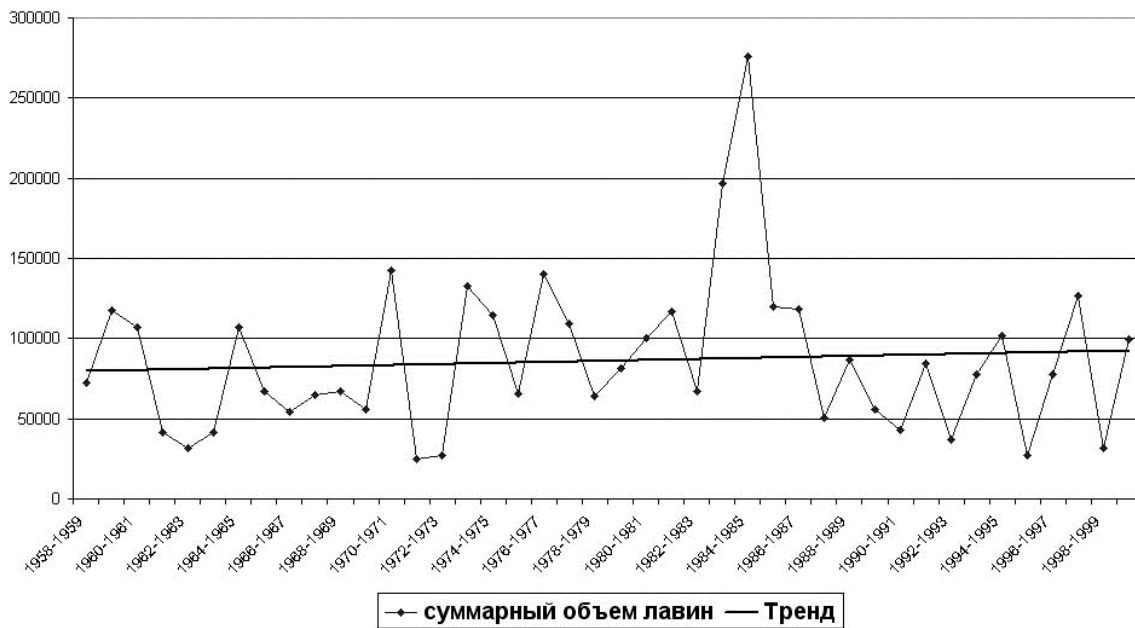


Рис. 4. Многолетний ход параметров лавинной активности.

Суммарный объем лавин



Средний объем лавин

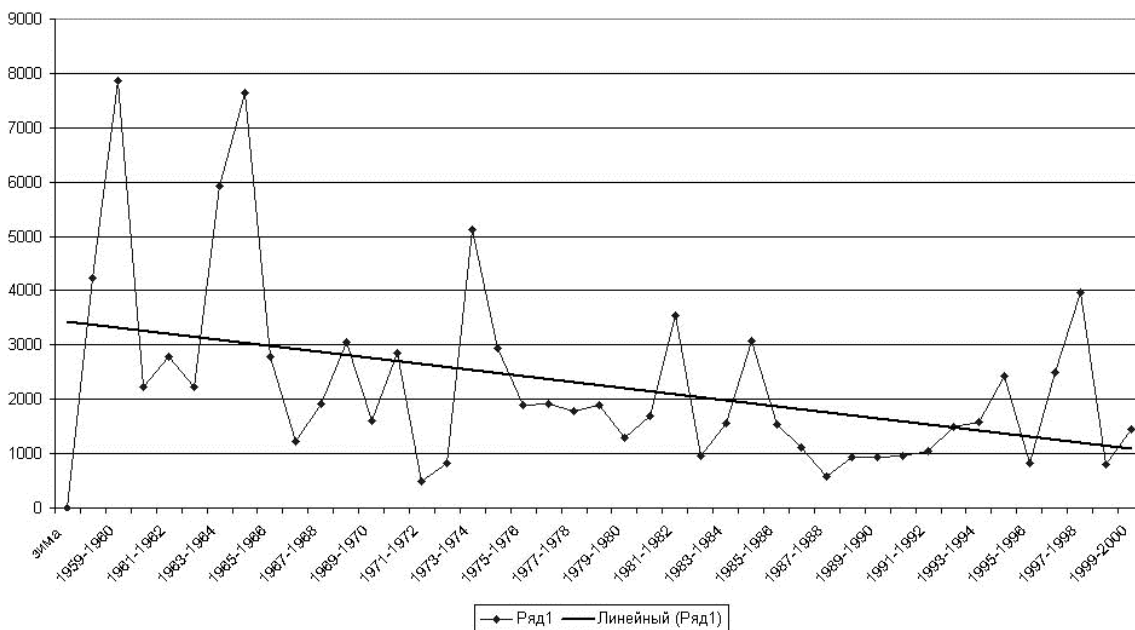


Рис. 4. (продолжение).

Отмечается незначительный рост суммарных за зиму объемов лавин, однако, во многом он объясняется достаточно поздним положением во временном ряду (аномально холодная зима 1984/85 гг.) максимального значения. Средний объем лавин имеет явный отрицательный тренд, что происходит на фоне увеличения аномально теплых зим.

Таким образом, выделение типов зим по температурному режиму, определение их повторяемости является одним из необходимых элементов для определения динамики нивальных процессов в Хибинах. Дальнейшее направление исследований – более дробная дифференциация типов зим с учетом внутризимного хода температуры воздуха и особенностей развития снежной толщи, ее строения и свойств.

Работа выполнена при поддержке РФФИ. Грант № 04-05-65057.

ЛИТЕРАТУРА

География лавин. Под ред. Мягкова С.М., Канаева Л.А. Изд-во МГУ, 1992, 331 с.