

---

**ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
ГЛЯЦИОЛОГИЧЕСКАЯ АССОЦИАЦИЯ**

---

**INSTITUTE OF GEOGRAPHY OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES  
GLACIOLOGICAL ASSOCIATION**

---

**М А Т Е Р И А Л Ы  
ГЛЯЦИОЛОГИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

**МОСКВА 2005**

**99**



Решением Президиума Высшей Аттестационной Комиссии в 2005 г. журнал "Материалы гляциологических исследований" включен в список реферируемых изданий, публикация в которых обязательна при защите кандидатских и докторских диссертаций. При обсуждении этого вопроса на заседании Секции наук о Земле ВАК было отмечено, что наш журнал является главным и, по существу, единственным гляциологическим журналом в России и в ближнем зарубежье. В мире выходит всего несколько журналов этого профиля — "Journal of Glaciology" (Международное гляциологическое общество, Великобритания), "Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie" (Австрия), "Journal of Glaciology and Geocryology" (Китайская Академия наук), "Bulletin of Glaciological Research", "Seppyo" (Общество снега и льда, Япония) — и "Материалы гляциологических исследований" занимают в этом ряду достойное место. Почти за полвека существования журнала в нем публиковались все видные российские и многие зарубежные гляциологи. В последнее десятилетие многие статьи выходят на английском языке, а русскоязычные снабжены английскими резюме и подписями к рисункам, что существенно расширяет потенциальную аудиторию журнала. Редакция надеется, что включение "Материалов гляциологических исследований" в число реферируемых изданий повысит уровень публикаций и стимулирует появление в журнале новых интересных работ, в том числе и из смежных областей науки.

**Главный редактор академик В.М.КОТЛЯКОВ**

**Ответственный секретарь И.Я.ЛАПИНА**

**Редакционная коллегия:** д.г.н. **В.Р.Алексеев**, к.г.н. **С.М.Архипов**, д.г.н. **А.Н.Божинский**, к.г.н. **С.Р.Веркулич**, к.г.н. **Н.А.Володичева**, к.г.н. **А.Ф.Глазовский**, д.г.н. **В.Н.Голубев**, д.г.н. **М.Г.Гросвальд**, д.г.н. **А.Н.Диких**, к.г.н. **Н.Н.Дрейер**, д.г.н. **Ю.Ф.Книжников**, д.г.н. **В.Г.Коновалов**, д.г.н. **М.М.Корейша**, д.г.н. **Ю.Я.Мачерет**, к.г.н. **В.И.Николаев**, к.г.н. **Н.И.Осокин**, к.г.н. **О.В.Рототаева**, д.ф.-м.н. **А.Н.Саламатин**, чл.-корр. РАН **О.Н.Соломина**, академик НАН Республики Казахстан **И.В.Северский**, к.г.н. **Т.Е.Хромова**, к.г.н. **Д.Г.Цветков**

В подготовке сборника к печати принимали участие:  
А.В.Котляков, Л.В.Набокова, Т.В.Сковородина, О.М.Шляхова

Компьютерная верстка: М.Г.Кунахович

ISSN 0130-3686

ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ГЛЯЦИОЛОГИЧЕСКАЯ АССОЦИАЦИЯ

**МАТЕРИАЛЫ  
ГЛЯЦИОЛОГИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

**ВЫПУСК 99**

**DATA  
OF GLACIOLOGICAL  
STUDIES**

**PUBLICATION 99**

Москва

Октябрь 2005

## АННОТАЦИЯ

В настоящем, 99-м выпуске публикуется третья подборка докладов, прочитанных на XIII гляциологическом симпозиуме, проходившем в Санкт-Петербурге в мае 2004 г. В ней помещены тексты докладов лавинной, ледниковой и геокриологической тематики, в которых читатель найдет новые материалы по колебаниям и недавней эволюции ледников, проблемам лавинного риска, современной деградации многолетней мерзлоты.

В разделе «Научные сообщения» приводятся результаты радиолокационного зондирования пульсирующих ледников Кавказа и Памира, сравнительный анализ реакции оледенения Восточного Памира и других ледниковых систем Евразии на изменение условий аккумуляции, результаты моделирования баланса массы ледника № 31 в горах Сунтар-Хаята, исследование напряженного состояния снежного покрова на склонах

гор и влияния режима лавинообразования на дальность выброса лавин, статистическая оценка температуры воздуха на украинской антарктической станции Академик Вернадский, решение задачи об изменении агрегатного состояния слабодистых горных пород, характеристика льдов в пещерах Приольхонья.

Публикуется аннотированная библиография русскоязычной литературы по гляциологии за 2003 год, обзор космической геоинформации, необходимой для исследований изменений гляциосферы, а в разделе «Неожиданный ракурс» приводятся два отрывка из готовящейся к печати научно-популярной книги Ю.П. Супруненко «Занимательная гляциология», рассказывающие о П.А. Кропоткине и исследованиях Тянь-Шаня. Публикуются впечатления участников первой научной конференции по проекту «Климат и криосфера», состоявшейся в апреле 2005 г. в Пекине.

## ANNOTATION

This issue № 99 contains the third set of papers presented at the XIII Glaciological Symposium that was held in May 2004 Saint-Petersburg. These papers concern with avalanche, glacial and geocryological topics, with data on fluctuations and recent development of glaciers, avalanche risk and current degradation of permafrost.

Short Papers section includes the results of radio echo sounding of surging glaciers in the Caucasus and Pamirs, comparison of reaction of the East Pamirs glaciers and other glacial systems of Eurasia to the accumulation change, results of mass balance modeling for the Glacier No 31 in Suntar-Khayata Mountains, study of stress state of snow cover on mountain slopes and influence of avalanche origin regime on avalanche runout distance, statis-

tical analysis of air temperature on the Ukrainian Antarctic station Academician Vernadsky, solution of problem of aggregate state change of the rocks with low ice content, characteristics of ice in Priolkhon'e caves.

This issue also contains annotated bibliography of Russian glaciological publications for 2003, review of space geoinformation required for glaciosphere change studies, and the section "Unexpected Aspect" includes two parts about P. A. Kropotkin and Tien Shan studies from the educational book "Interesting Glaciology" by Yu. P. Suprunenko which is now in press. Impressions of participants of the First scientific conference on "Climate and Cryosphere" project which was held in April 2005 in Beijing are published.

## Связь схода лавин с циркуляцией атмосферы в Северном полушарии

Н.К. Кононова<sup>1</sup>, Е.Г. Мокров<sup>2</sup>, Ю.Г. Селиверстов<sup>3</sup>, А.М. Тареева<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт географии РАН, Москва; <sup>2</sup>Центр лавинной безопасности ОАО «Апатит», Кировск;

<sup>3</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

С помощью Календаря последовательной смены элементарных циркуляционных механизмов по типизации Б.Л. Дзедзеевского установлены их типы, наиболее часто действовавшие в дни схода лавин и в предшествующие 1–3 дня.

### Введение

Анализ данных о сходе лавин в различных горных системах мира показывает, что на фоне изменения климата количество лавинных катастроф по крайней мере не уменьшается. Значительные средства тратятся на строительство защитных сооружений и другие противолавинные мероприятия. Тем не менее ежегодно снежные лавины уносят более 200 человеческих жизней и причиняют существенный материальный ущерб.

В соответствии с определением катастрофической лавины [1], причины такого постоянства следует искать как в поведении человека, предположив некие изменения в его деятельности, так и в природе самого явления и окружающей среде. Настоящая работа посвящена изучению связей схода лавин с макроциркуляционными атмосферными процессами.

При составлении прогнозов схода лавин наряду с анализом состояния снежного покрова и метеорологических условий в нашей стране традиционным стало изучение синоптических процессов зимнего периода [3, 4, 6 и др.]. Выявляются ситуации, благоприятные для лавинообразования, и относительно «безопасные», когда обрушение естественных лавин маловероятно. Вместе с тем глобальная циркуляция атмосферы — одна из наиболее динамичных составляющих климатической системы. Установлено, что количественная оценка ее изменений возможна только на основе крупномасштабной типизации макроциркуляционных процессов [5]. Если удастся установить связь схода лавин с этими процессами, выделить наиболее «опасные» их типы, то на основе изучения закономерностей многолетних колебаний циркуляции атмосферы можно оценить происходящие и возможные изменения лавинной активности.

### Методы и материалы

Сведения о сходе лавин были получены при выполнении проекта Российского фонда фундаментальных исследований, когда была составлена пополняемая ныне база данных о катастрофических лавинах мира. Исследования охватили зимы 1995–2001 гг. Проанализировано 1389 случаев схода катастрофических лавин в 34 странах Северного полушария. Абсолютное большинство указанных лавин спровоцированы деятельностью человека. Однако сам факт об-

рушения говорит о подготовленности снежной толщи — ее неустойчивом состоянии — и позволяет, на наш взгляд, считать долю участия природной составляющей в нем значительной. Данные по разным странам отличаются по степени полноты (все ссылки на источники информации опубликованы на сайте «Снежные лавины России» в разделе «Снеголавинные ресурсы Интернет» [8]). Для Австрии, Италии, Испании, отдельных штатов США в Глобальной компьютерной сети описано максимально возможное количество трагических случаев; по Афганистану, Индии, Китаю и ряду других стран есть только отдельные сведения.

Были также рассмотрены ряды наблюдений за лавинами естественного и искусственного происхождения в трех горных регионах, расположенных в разных климатических зонах: в Колымском и Верхнеколымском нагорьях, Хибинском горном массиве (1984–1987 гг.) и в верхней части долины р. Ландвассер (Швейцария) (1984–1998 гг.) по данным Колымгидромета, Центра лавинной безопасности ОАО «Апатит» и Швейцарского института снеголавинных исследований [7], соответственно. Площадь указанных районов существенно различается — от нескольких сот тысяч до нескольких сот квадратных километров.

Исследование проводилось с использованием Календаря последовательной смены элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) по типизации Б.Л. Дзедзеевского [2]. Даты схода лавин сопоставлялись с механизмами, действовавшими в день их обрушения. Проанализированы также циркуляционные условия в предыдущие три дня и продолжительность действия механизма, определявшего условия погоды в день обрушения лавины.

### Результаты исследований

Начиная с 1957 г. в Северном полушарии установилась эпоха меридиональной циркуляции, которую характеризует преобладание меридиональных южных процессов в атмосфере (рис. 1). Рост повторяемости южных циклонов вызвал увеличение колебаний температуры воздуха и атмосферных осадков в разных регионах, в частности, в горах [5]. В период действия циклонов активизируются многие опасные природные процессы, происходят экстремальные явления, и на основе уже только этого можно предположить, что с



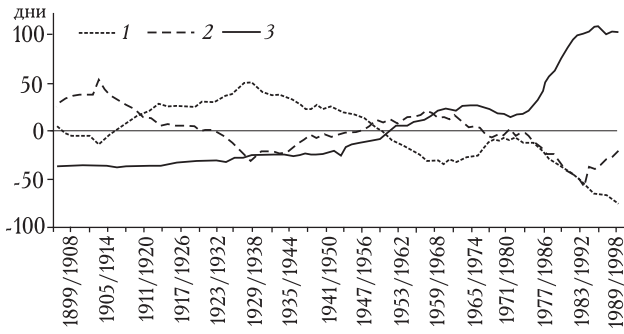


Рис. 1. Отклонения десятилетних скользящих средних величин продолжительности действия разных групп циркуляции от среднего значения за 1899–2002 гг.: 1 — зональная, 2 — меридиональная северная, 3 — меридиональная южная

Fig. 1. Deviations of ten-year smoothed average values of duration of effect of different groups of circulation from the average value for 1899–2002: 1 — zonal, 2 — meridional northern, 3 — meridional southern

установлением меридиональной циркуляции должна была увеличиваться лавинная активность.

Анализ данных о катастрофических лавинах позволил выявить ЭЦМ, при которых лавины сходили наиболее часто (рис. 2). В 100% случаев лавинные катастрофы происходили при действии механизмов 1б и 12гз [2]. Однако в период 1995–2001 гг. отмечены только отдельные дни с указанными типами циркуляции.

Максимальное же количество катастрофических лавин пришлось на период развития механизма 13з, относящегося к южной меридиональной группе циркуляции. Он действовал и во время основных событий зимы лавинных катастроф в Альпах 1998/99 гг. — с 15 по 23 февраля. Характерная особенность указанной группы — циклоническая циркуляция над Арктикой. Она определяется развитием циклонической деятельности на арктическом фронте и в особенности регенерацией на нем приходящих с юга в высокие широты окклюдированных циклонов. Одновременно в Северном полушарии отмечается выход трех южных циклонов. В абсолютном большинстве случаев сходу лавин при этом механизме предшествовали процессы, относящиеся к северной меридиональной группе циркуляции, — до 46% за три дня до катастрофы, чаще всего 11а (февраль 1999 г.) и 8гз. Повторяемость меридиональных южных процессов (13з и 13л) резко возросла в начале 1980-х годов (линейный тренд и график десятилетних скользящих средних величин показывают продолжающееся увеличение их частоты) и в период, который анализируется в настоящей работе: они отмечены чаще остальных — 36% дней. Вместе с тем сходы лавин при меридиональных южных процессах отмечались относительно редко: в период действия механизма 13з — 42% дней, а 13л — только 12%. Подтипы 13з и 13л наиболее часты среди других в дни схода лавин в Италии — соответственно 21 и 17%. В соседней Австрии при циркуляционном

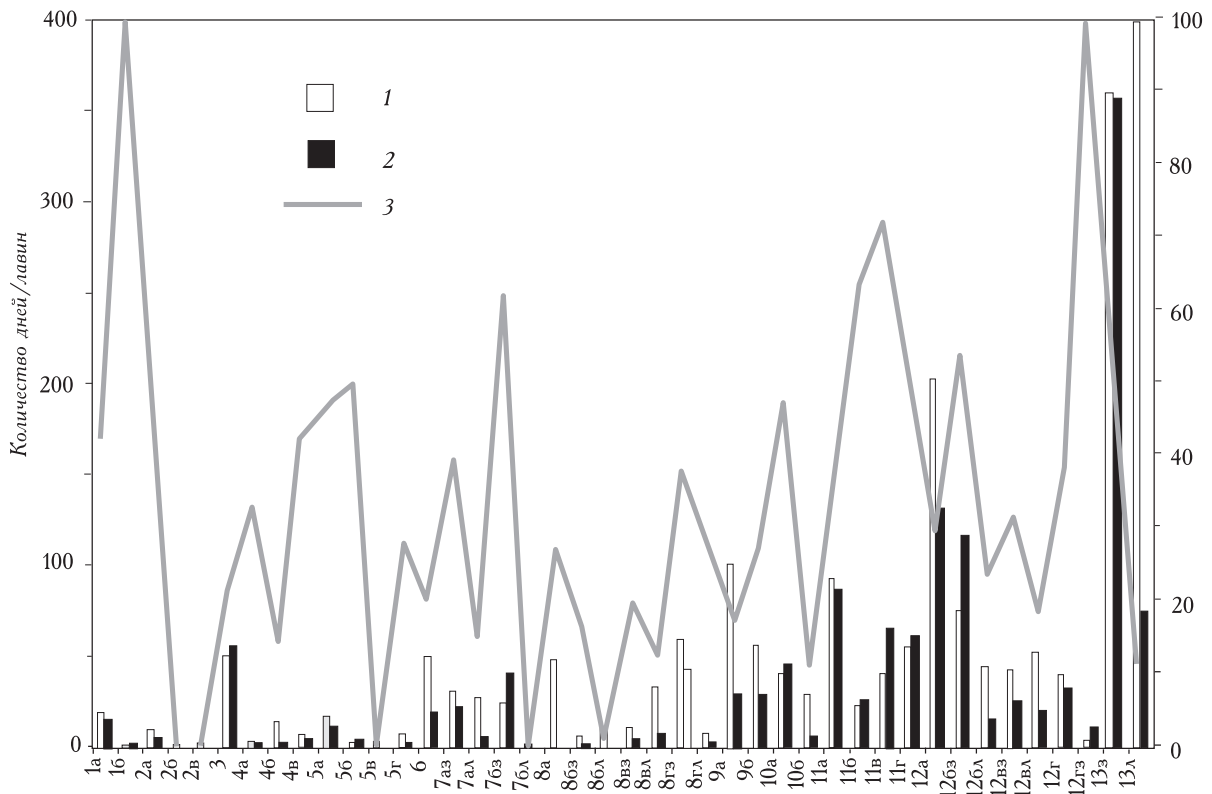


Рис. 2. Связь дат схода катастрофических лавин с ЭЦМ за 1995–2001 гг.: 1 — продолжительность действия ЭЦМ, 2 — количество лавин, 3 — число дней с лавинами при данном ЭЦМ в процентах от общей продолжительности

Fig. 2. Relationship of dates of disastrous avalanches with ECM over 1995–2001: 1 — duration of ECM, 2 — number of avalanches, 3 — number of days with avalanches under given ECM expressed in percentage of total duration

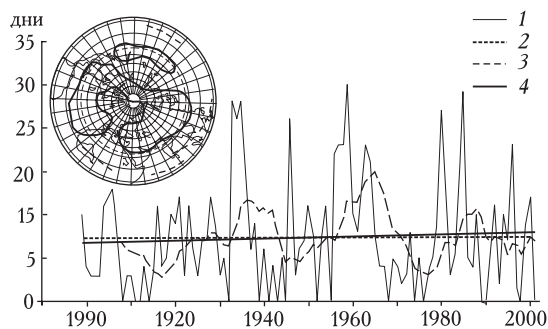


Рис. 3. Динамическая схема ЭЦМ 11в и его продолжительность за 1899–2001 гг. (1), среднее (2), линейный тренд (3), десятилетние скользящие средние (4)

Fig. 3. Dynamic scheme of ECM 11v and its duration over 1899–2001 (1), average (2), linear trend (3), ten-year smoothed average (4)

механизме 13з этот показатель составляет 28%, в то время как при 13л — 3%.

Большой интерес представляют отмечавшиеся достаточно часто (20 и более дней) ЭЦМ 11в, 11б, 7бз и 12бз. Лавины сходили в 73, 64, 63 и 54% дней, соответственно. При действии указанных процессов сходило более одной катастрофической лавины в день. В абсолютном же большинстве случаев с показателем менее 50% соотношение числа случаев ЭЦМ катаст-

рофических лавин было менее единицы. Эти же процессы чаще всего и предшествовали дням с обрушением лавин. Так, это происходило в 75, 70 и 73% дней, когда механизм 11в действовал соответственно за 1, 2, 3 дня до катастрофы. Большинство указанных процессов относится к северной меридиональной группе и только ЭЦМ 7бз — к группе нарушения зональности. Динамическая схема наиболее «лавиноопасного» механизма 11в включает два северных вторжения: на Восточную Сибирь и на центральные и западные районы Северной Америки; и два выхода южных циклонов: от северо-восточного побережья Северной Америки и Исландии и вдоль Тихоокеанского побережья Азии к Алеутским островам (рис. 3). Большинство лавинных катастроф при действии этого механизма произошло в западных штатах США — Юта, Монтана, Колорадо, Вашингтон.

Механизмы 11б и 7бз чаще всего сопровождали сход катастрофических лавин в Австрии и Швейцарии, а 12бз — в США, Австрии и Италии. Для последнего характерен в том числе выход южных циклонов из Атлантики и Средиземного моря на Европу, действие которых и способствует обрушению лавин в альпийских странах.

К северной меридиональной группе относятся и механизмы, действовавшие наиболее часто вслед за

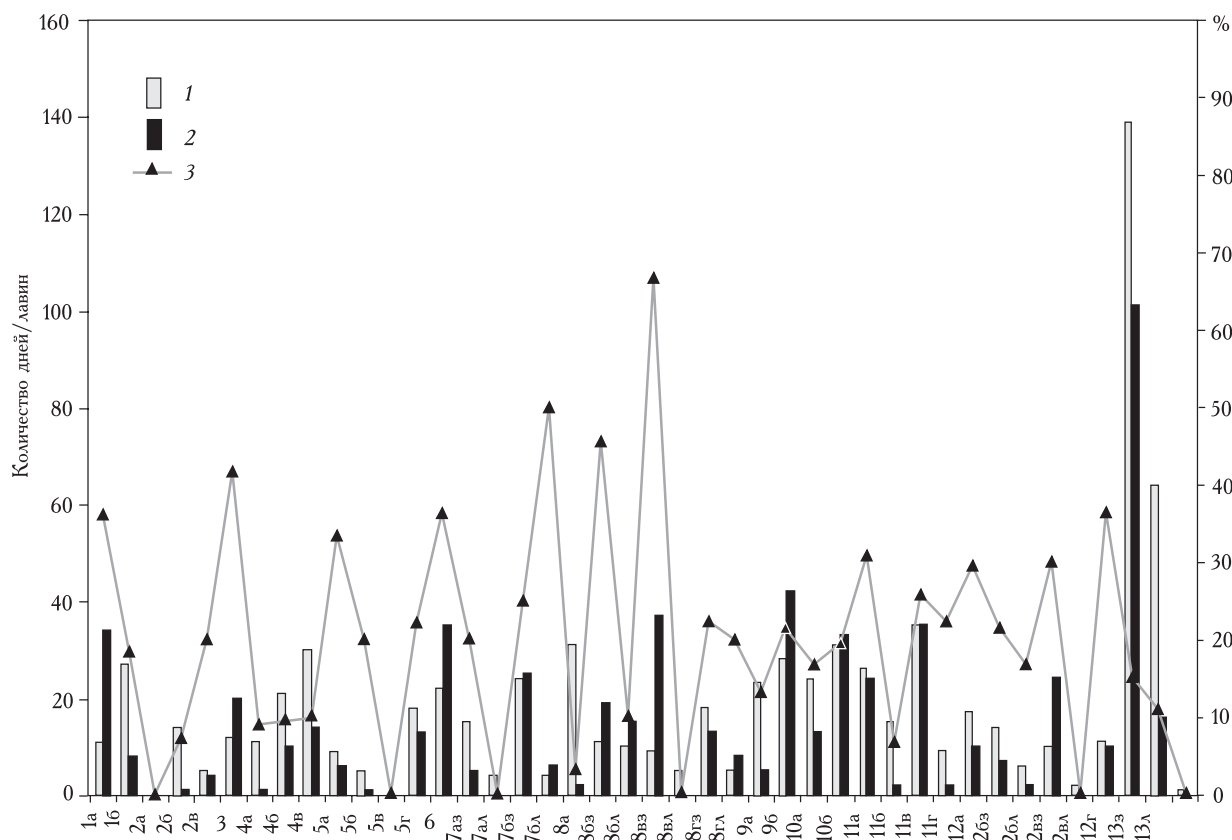


Рис. 4. Связь дат схода лавин в центральных районах Магаданской области с ЭЦМ за 1984–1987 гг.: 1 — продолжительность действия ЭЦМ, 2 — количество лавин, 3 — число дней с лавинами при данном ЭЦМ в процентах от общей продолжительности

Fig. 4. Relationship of dates of avalanching in central regions of the Magadan area with ECM over 1984–1987: 1 — duration of ECM, 2 — number of avalanches, 3 — number of days with avalanches at given ECM in percentage of the total duration

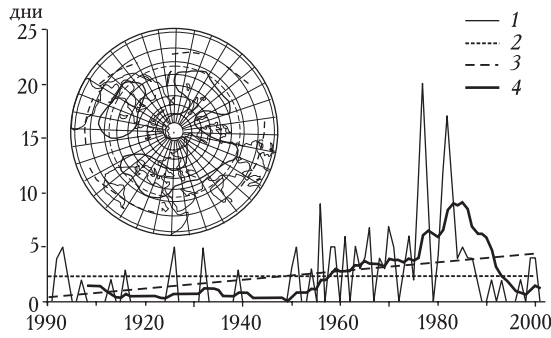


Рис. 5. Динамическая схема ЭЦМ 8вз и его продолжительность за 1899–2001 гг. (1), среднее (2), линейный тренд (3), десятилетние скользящие средние (4)

Fig. 5. Dynamic scheme of ECM 8 vz and its duration over 1899–2001 (1), average (2), linear trend (3), ten-year smoothed average (4)

подтипом 13з в день схода катастрофических лавин в Италии — 12а (13%) и в Австрии — 11а (8%).

Механизмы, относящиеся к зональной группе циркуляции и к группе нарушения зональности, отмечались довольно редко в 1995–2001 гг. Число дней с катастрофическими лавинами в период их развития, за редким исключением, не превышало 50% количества дней с каждым ЭЦМ этих групп.

Наибольшее количество зарегистрированных лавин естественного происхождения в центральных районах Магаданской области в середине 1980-х годов (рис. 4) сошло также в период действия механизма 13з. Однако число дней с лавинами в данном случае составило только 17% от общего числа дней с указанным механизмом. При типе 13л повторяемость лавин достигла только 11%. Вместе с тем лавины сходили в 67% случаев, когда действовал подтип циркуляции 8вз

и 78% ситуаций отмечено, когда этот механизм был накануне. Его динамическая схема включает два северных вторжения: на Восточную Сибирь через Новосибирские острова и на запад Тихого океана через Чукотку, а также три выхода южных циклонов, в том числе — вдоль восточного побережья Японии и Камчатки (рис. 5). В результате действия указанных процессов над побережьем Охотского моря и соседними горными системами возникает значительный барический градиент, что сопровождается усилением ветров северной четверти у земли. Территорию охватывает краевая часть облачной системы циклона, приносящая осадки. В 1980-е годы повторяемость этого процесса существенно возросла, но в дальнейшем резко снизилась. К сожалению, мы располагаем только отдельными данными о сходах лавин в рассматриваемом районе в последующие годы, что не позволяет проследить за возможными изменениями лавинной активности. В этот же период в окрестностях Давоса повторяемость лавин в период развития подтипа циркуляции 8вз составляла 50%, и в 75% случаев они сходили, когда данный механизм действовал накануне. Однако впоследствии повторяемость лавин при таком типе циркуляции сократилась и составила за 1984–1998 гг. соответственно 17 и 25%. В оба рассматриваемых периода времени здесь практически не изменилась повторяемость лавин при действии механизма 8бл, а максимальное значение отмечается при подтипе 5б — 46%. Последний механизм сопровождал трагические события «зимы ужаса» 1950/51 г., в частности, катастрофу в Валь-да-Баркли 19 января. Эти два механизма отличает выход южных циклонов со Средиземного моря на Европу (в разных направлениях), но повторяемость их в последнее десятилетие сокращается.

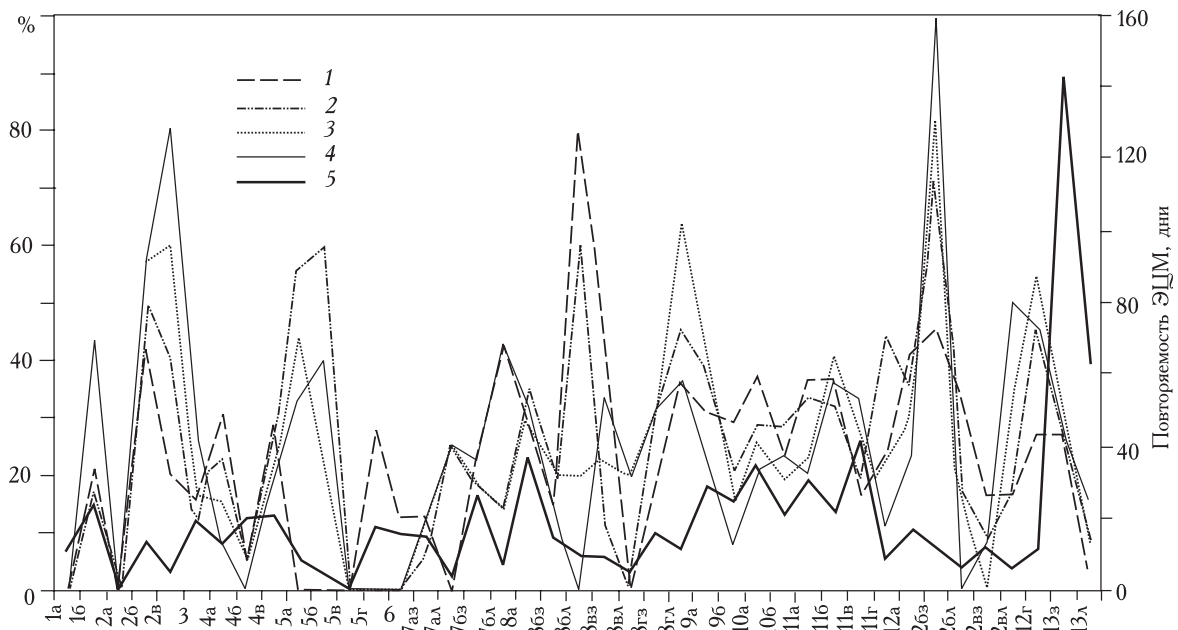


Рис. 6. Число дней с лавинами в процентах от общей продолжительности ЭЦМ в Хибинском горном массиве (1984–1987 гг.): 1 — день схода лавины, 2 — за один день до него, 3 — за два дня, 4 — за три дня, 5 — повторяемость ЭЦМ

Fig. 6. Number of days with avalanches expressed in percentage of the total duration of ECM in the Khibiny Mountains (1984–1987): 1 — days of avalanching, 2 — one day before, 3 — two days before, 4 — three days before, 5 — recurrence of ECM



Процессы, связанные с ЭЦМ 8бл, стали также наиболее «лавиноопасными» и в испытывающих влияние воздушных масс Атлантики Хибинах в 1984–1987 гг. (рис. 6). Сходы лавин зарегистрированы в 80% случаев действия этого подтипа и в 60% случаев, когда он был за день ранее. Пик повторяемости данного механизма приходится на вторую половину 1980-х годов. Максимальное же число сошедших лавин в Хибинах отмечено во время действия механизма 13з при повторяемости около 25%. Положение Хибинского горного массива на севере континента определило и особенности рассматриваемого сопоставления: относительно высокую повторяемость лавин сопровождал механизм 2б из зональной группы циркуляции (область низкого давления над Арктикой); лавины сходили более чем в 70% случаев, когда в предыдущие дни срабатывал механизм 12бз (северное вторжение на восточную часть Атлантики).

#### Заключение

Таким образом, по данным для нескольких районов установлен набор ЭЦМ, наиболее часто способствовавших сходу лавин. В основном в него вошли процессы, относящиеся к южной и северной группам меридиональной циркуляции. Они имеют разные тренды во времени, но в целом существенно преобладают в настоящее время. Поскольку резкая смена эпох циркуляции маловероятна, то для Северного полушария можно предположить сохранение лавинной активности в нынешнем своем состоянии в течение ближайших нескольких лет. При этом возможно как усиление, так и ослабление этого опасного природного процесса в отдельных горных регионах.

По нашему мнению, изучение взаимосвязи лавинообразования с элементарными циркуляционными механизмами следует признать перспективным для исследований изменений лавинной активности в целом для Земли и отдельных горных регионов, а также составления методик фоновых краткосрочного прогноза лавинной опасности. Для этого целесообразно сделать следующее: увеличить базу данных о лавинах для исследований с расширением используемых временных рядов и географии мест их схода; разработать критерии явления усиления и ослабления лавинной активности; отдельно рассмотреть сходы лавин в сезоны с зимними и летними типами циркуляционных процессов; учесть в анализе генетические типы сошедших лавин; отдельно рассмотреть условия схода лавин редкой повторяемости, значительно превысивших обычные для очага размеры; детально изучить переходы одного ЭЦМ в другой и варианты их комбинаций, предшествующие сходу лавин в отдельных горных регионах; наряду с анализом связи дат схода лавин с ЭЦМ оценивать метеорологические условия их обрушения, например, достижение определенного значения толщины снежного покрова при снегопадах, переход пороговых значений температуры воздуха и т.д.

Работа проводится при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, гранты № 04-05-65057, 01-05-64374, 05-05-64354 и 05-05-64544.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гляциологический словарь. Под ред В.М. Котлякова. Л., ГИМИЗ, 1984, 526 с.
2. Дзердзеевский Б.Л., Курганская В.М., Витвицкая З.М. Типизация циркуляционных механизмов в Северном полушарии и характеристика синоптических сезонов. Л., ГИМИЗ, 1946, 80 с.
3. Дзюба В.В., Соколов В.М., Шныпарков А.Л. Синоптические условия лавиноопасных метеорологических явлений прибрежных районов Чукотского полуострова. — Тр. 2-го всес. совещ. по лавинам. Л., 1987, с. 94-100.
4. Ижболдина В.А. Аэросиноптические условия образования и схода метелевых лавин на Кольском полуострове. — Исследования снега и лавин в Хибинах. Л., 1975, с. 51-63.
5. Кононова Н.К. Исследования многолетних колебаний циркуляции атмосферы Северного полушария и их применение в гляциологии. — МГИ, вып. 95, 2003, с. 45-65.
6. Шубин В.С. Фоновый прогноз лавинной опасности для территории центральных районов Магаданской области. — Опыт организации противолавинной службы на автодорогах Магаданской области. Информ. письмо № 5 (105). Колымское УГКС. Магадан, 1985, с. 17-22.
7. Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen. Winterberichte des. Eidg. Institutes für Schnee- und Lawinenforschung № 49-62. Weissflujoch/Davos, 1984–1998.
8. <http://www.geogr.msu.ru/avalanche>

#### SUMMARY

Relationship of avalanche formation with macro-circulation processes is considered with use of Calendar of successive replacement of elementary circulation mechanisms (ECM) proposed by B.L. Dzerdzeevsky. More than 1300 cases of disastrous avalanches over 1995–2001 in the Northern Hemisphere and data sets on avalanches of natural and artificial origin in continental regions of Magadan, Khibiny, and near Davos are analyzed. ECM, which were in force on the day of avalanching, were identified for each case. Circulation conditions in the previous three days and duration of ECM effect determining weather conditions on the day of avalanching are analyzed. Catalogue including dates of avalanching and ECM favouring their formation was compiled. Analysis of this catalogue made it possible to calculate recurrence of ECM observed on the days of avalanching and the previous days as well as recurrence of their combinations. ECM working during preparation period and the very avalanching have been singled out. Set of mechanisms favouring preparation and avalanching was obtained for each region under consideration. ECM, which are “avalanche-hazardous” for a certain region, are singled out.