

М.А. Викулина<sup>1</sup>

## ОЦЕНКА ЛАВИННОГО РИСКА В ХИБИНАХ

### АННОТАЦИЯ

В последние годы правительство Российской Федерации уделяет много внимания эксплуатации российских арктических территорий, в том числе и оценке лавинной опасности от снежных лавин с целью уменьшения количества смертельных случаев и экономических потерь. Жертв от снежных лавин не становится меньше, несмотря на рост знаний о лавинах. Для увеличения безопасности местного населения и развития туризма в горных районах необходима своевременная количественная оценка индивидуального лавинного риска.

Хибины невелики по площади и высоте (1200 м), но в то же время это самый освоенный горный район Арктики, где с начала XX века человек ведёт постоянную борьбу с лавинами. Хибины полностью освоены человеком, здесь расположены крупные горнодобывающие предприятия, индустриальные объекты, горнолыжные центры. Катастрофические события, связанные с лавинами, случаются в Хибинах практически ежегодно. И если в середине XX века удалось снизить количество жертв и размер ущерба за счет противолавинных мероприятий, то в последние годы наметилась тенденция увеличения частоты попадания людей в лавины за счёт расширения горнодобывающей инфраструктуры и появления новых туристических направлений.

В данной работе представлены результаты оценки индивидуального лавинного риска в Хибинах, который определялся с помощью методики, основанной на учёте параметров лавинной активности и социально-экономических параметров, характеризующих уязвимость человека по отношению к лавинам в пространстве и во времени. Метод был апробирован для Хибин в рамках существующей полимасштабной ГИС «Хибины».

Такая оценка выявляет территории с неприемлемым уровнем риска, в которых необходимо проводить противолавинные мероприятия для его снижения. В результате определены районы с неприемлемым уровнем риска, которые находятся в окрестностях города Кировска и занимают 1,2 % от всей площади горного массива. Используемая методика расчёта индивидуального лавинного риска даёт надёжные результаты для его оценки в среднем масштабе и может успешно применяться в среде ГИС.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Арктика, Хибинские горы, лавинный риск, индивидуальный лавинный риск, оценка риска

Marina A. Vikulina<sup>2</sup>

## ESTIMATION OF AVALANCHE RISK IN KhibINY

### ABSTRACT

In recent years, the Government of the Russian Federation considerably increased attention to the exploitation of the Russian Arctic territories. Simultaneously, the evaluation of snow avalanches danger was enhanced with the aim to decrease fatalities and reduce economic losses. However, it turned out that solely reporting the degree of avalanche danger is not sufficient. Instead,

---

<sup>1</sup> Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, Кафедра криолитологии и гляциологии, Ленинские горы, 1, Москва, 119991, e-mail: [masanna2003@mail.ru](mailto:masanna2003@mail.ru)

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of a cryolithology and glaciology, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia, e-mail: [masanna2003@mail.ru](mailto:masanna2003@mail.ru)

quantitative information on probabilistic parameters of natural hazards, the characteristics of their effects on the environment and possibly resulting losses is increasingly needed. Such information allows for the estimation of risk, including risk related to snow avalanches.

Here, snow avalanche risk is quantified for the Khibiny Mountains, one of the most industrialized parts of the Russian Arctic: major parts of the territory have an acceptable degree of individual snow avalanche risk ( $<1 \times 10^{-6}$ ). The territories with an admissible ( $10^{-4}$ – $10^{-6}$ ) or unacceptable degree of individual snow avalanche risk (0.2 and 1.2 % of the total area) correspond to the Southeast of the Khibiny Mountains where settlements and mining industries are situated. Moreover, due to an increase in winter tourism, some traffic infrastructure is located in valleys with an admissible or unacceptable degree of individual snow avalanches risk.

In this work method of estimation individual avalanche risk of Khibiny Mountains with helps GIS technologies are offered and tested. In this paper, a method for assessing the individual avalanche risk Khibin using GIS technologies was proposed and tested.

**KEYWORDS:** Arctic, Khibiny Mountains, avalanche risk, individual avalanche risk, estimation of risk

## ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия активно расширяются исследования проблем оценки, анализа и управления риском. Под риском наиболее часто понимается вероятность нежелательных последствий какого-либо действия или воздействия. Риск является количественной мерой опасности и определяется с помощью статистических данных или имитационных моделей [Мамаев, Андреев, 2002; Fuchs et al., 2008; Fuchs, 2009]. Управление риском – это заблаговременное предвидение риска и принятие мер по его снижению. Управление риском ведётся на основе оценки риска, где риск есть функция от подверженности рассматриваемого объекта опасным воздействиям, чувствительности или уязвимости его к этим воздействиям и защищенности от них [Мягков, Шныпарков, 2004]. Если риск оказывается велик, то его снижение возможно за счёт усиления защиты либо уменьшения подверженности или чувствительности (уязвимости).

Если говорить о *лавинном риске*, то это – вероятность потерь, возникающая вследствие воздействия снежных лавин за определённое время (например, за год). Потери могут выражаться различными показателями: числом жертв, гибели индивидуумов из общности людей, проживающих или находящихся на определённой территории, вероятными размерами ущерба, долей разрушенных, повреждённых зданий и сооружений, суммой простоя на различных видах транспортных коммуникаций, вызванных деятельностью снежных лавин [Мягков, 2000].

Хибины – это уникальный горный район Арктики. Здесь люди соседствуют с лавинами с 30-х годов XX века. Во время освоения горной территории они столкнулись с большими человеческими потерями и экономическим ущербом. Как результат такого взаимодействия в Кировске был создан Центр Лавинной Безопасности ОАО «Апатит» (ЦЛБ), который является старейшим заведением подобного рода в нашей стране.

В XXI веке мы можем наблюдать в Хибинах все возможные типы инфраструктуры: автомобильные и железные дороги, трубопроводы, линии электропередач, карьеры, жилые здания. Кроме того, Хибины – это крупный туристический центр Европейской части нашей страны. Промышленный комплекс, основанный на добыче апатита, изменил рельеф гор на большой доле их площади. И в то время, как некоторые старые добывающие комплексы со всей соответствующей инфраструктурой оставлены, появляются новые карьеры и места добычи. Всё это становится причиной того, что оценка степени риска для данной территории является первостепенной задачей.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для целей управления риском применяют разные его уровни, такие, как неприемлемый, приемлемый, допустимый, пренебрежимый, вынужденный. На основе опыта других стран в нашей стране предлагаются следующие градации шкалы индивидуального риска для уже существующих зданий, сооружений и т.п. [Воробьёв, 2005]:

- менее  $1 \cdot 10^{-6}$  – «**приемлемый риск**»; безопасность населения обеспечивается в основном с применением организационно-хозяйственных мероприятий;
- $1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-4}$  – «**допустимый риск**»; развитие инфраструктуры возможно, но требует значительных затрат на противолавинные мероприятия;
- более  $1 \cdot 10^{-4}$  – «**неприемлемый риск**»; жертвы и разрушения неизбежны, освоение территорий невозможно.

На региональном уровне для расчёта индивидуального риска применяется методика расчёта карстового риска [Ёлкин, 2004], которая была апробирована для расчёта лавинного риска и показала достоверные результаты [Викулина, 2011]. В основе этой методики лежит положение, что индивидуальный риск есть функция подверженности населения в пространстве и во времени неблагоприятному природному процессу на конкретной территории. Для расчёта индивидуального риска используются геофизические параметры природного явления и социально-экономические параметры, характеризующие рассматриваемую территорию.

Оценка индивидуального лавинного риска для Хибин проводится в рамках существующей полимасштабной ГИС «Хибины» с использованием ГИС-пакетов ArcGIS и MapInfo. Возможности данных программ позволяют производить расчёты и создавать карты различных параметров, необходимых для определения лавинного риска [Викулина, 2008]. Оценка индивидуального лавинного риска на весь горный массив Хибин проводилась в среднем масштабе (1:200 000).

Алгоритм расчёта индивидуального лавинного риска состоит в следующем:

- выбор источников информации;
- создание карт характеристик, используемых для расчёта риска;
- расчёт уязвимости населения во времени;
- расчёт уязвимости населения в пространстве;
- расчёт полного социального риска;
- расчёт индивидуального риска.

### Выбор источников информации

Для расчёта индивидуального риска необходимы сведения как о параметрах лавинной деятельности, так и об уязвимости населения. Источником информации по снежным лавинам являются либо фактические данные, либо сведения, полученные из карт параметров лавинной активности, созданных практически на все регионы России. В мелком масштабе таким источником могут служить карты Атласа снежно-ледовых ресурсов мира [Атлас..., 1997]. Для Хибин были использованы лавинные карты в масштабе 1:200 000, содержащиеся в ГИС «Хибины» [Викулина, 2007]: средняя многолетняя повторяемость лавин, продолжительность лавиноопасного периода, степень лавинной активности.

Социально-экономические параметры получены из существующих электронных карт природных зон, населённых пунктов, автомобильных дорог ESRI (США), административно-территориального деления России. Использованы также статистические данные Всероссийской переписи населения 2002 года и сведения, полученные в районных отделах ЗАГС, ГИБДД. Данные по туристическому потоку в Хибинах основаны на сведениях таких организаций, как МЧС, администрации гостиниц и горнолыжных комплексов.

### Создание карт характеристик, используемых для расчёта лавинного риска

Необходимыми параметрами лавинной деятельности для оценки индивидуального лавинного риска являются:

- продолжительность лавиноактивного периода;

- поражённость территории лавинным процессом;
- повторяемость лавин.

Уязвимость человека характеризуется следующими параметрами:

- наличие и размеры населённых пунктов, транспортных коммуникаций, промышленных объектов;
- продолжительность пребывания человека в зоне воздействия лавин в течение года и в течение дня;
- численность населения;
- плотность населения.

Для получения экономических параметров в среде ГИС на топографическую основу наносятся контуры объектов, которые обладают общностью социальных характеристик, например, территория города, рудника, предприятия, туристические маршруты, горнолыжные трассы, места катания вне трасс. Для каждого территориального объекта определяется площадь и значение максимальной численности людей, которые могут находиться в данном месте в течение суток. Для города это – численность населения, для промышленного предприятия – численность работающих там людей, для горнолыжного склона – максимальное количество катающихся человек в день, для ненаселённых территорий, посещаемых туристами – данные по максимальному количеству человек, проходящих по данному маршруту в день. Таким образом, мы можем получить значение максимальной плотности людей, которые могут находиться в данном месте.

**Уязвимость населения во времени** определяется с помощью формулы (1), которая представляет собой соотношение времени нахождения человека в опасном месте в течении суток и в течении года:

$$Y_{\epsilon} = \frac{td}{24} \times \frac{ty}{365} \quad (1),$$

где  $td$  – средняя продолжительность пребывания типичного представителя в поражаемом объекте в течение дня (час);  $ty$  – средняя продолжительность пребывания типичного представителя в поражаемом объекте в течение года (день).

Числовые значения  $td$  устанавливаются путём экспертной оценки в зависимости от наличия в исследуемом районе населённых пунктов и дорог:

- 1) если нет ни дорог, ни населённых пунктов, то  $td = 1$  секунде (0,0003 часа);
- 2) если есть дорога, то  $td = 1$  минуте (0,02 часа);
- 3) если на территории расположены населённые пункты, то  $td = 1$  час;
- 4) если на территории есть город, то  $td = 12$  часов.

Значение параметра  $ty$  определяется продолжительностью лавиноактивного периода и зависит от характера использования человеком данной территории: местное население, работники предприятий имеют уязвимость, равную продолжительности лавиноактивного периода – 7 месяцев (для Хибин); участки горнолыжных трасс функционируют около 5 месяцев, а в зимние туристические походы ходят с февраля по апрель, то есть только 3 месяца.

**Уязвимость населения в пространстве** определяется с помощью отношения:

$$Y_n = \frac{S_i}{S_0} \quad (2),$$

где  $S_i$  – площадь зоны, подверженной воздействию лавинного процесса в пределах исследуемой территории;  $S_0$  – общая площадь исследуемой территории.

**Полный социальный риск поражения населения** вычисляется по формуле (3) и показывает, сколько человек может погибнуть в снежных лавинах за год на исследуемой территории:

$$R_n = \Pi \times d \times Y_e \times Y_n \quad (3),$$

где  $\Pi$  – повторяемость лавин;  $d$  – максимально возможная плотность населения;  $Y_e$  – уязвимость населения во времени;  $Y_n$  – уязвимость населения в пространстве.

**Расчёт индивидуального лавинного риска.** Индивидуальный риск – это вероятность гибели произвольного индивида из некоторой совокупности людей на исследуемой территории в результате схода снежной лавины:

$$R_{инд} = \frac{R_n}{D} \quad (4),$$

где  $D$  – численность населения.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время в Хибинах на значительной площади ведётся добыча апатитовой руды. В городе Кировске, расположенном в горах, проживает порядка 35 000 человек. Около 20–30 тысяч человек посещают данный район в течение зимнего туристического сезона. Городские постройки, промышленные предприятия и туристическая инфраструктура находятся в зоне постоянного воздействия лавин. За зиму на территории, примыкающей к жилищной застройке города Кировска, по данным Центра лавинной безопасности (ЦЛБ) отмечается до 223 лавин (зима 1983–1984 годов).

Самые большие потери от снежных лавин приходятся на период освоения и начала добычи (до начала 1940-х годов) – это 120 погибших и 220 пострадавших людей. Это более половины жертв от лавин за все последующие годы. Всего по обобщённым данным за весь период освоения в Хибинах погибло от лавин около 200 и пострадало свыше 300 человек (рис. 1).

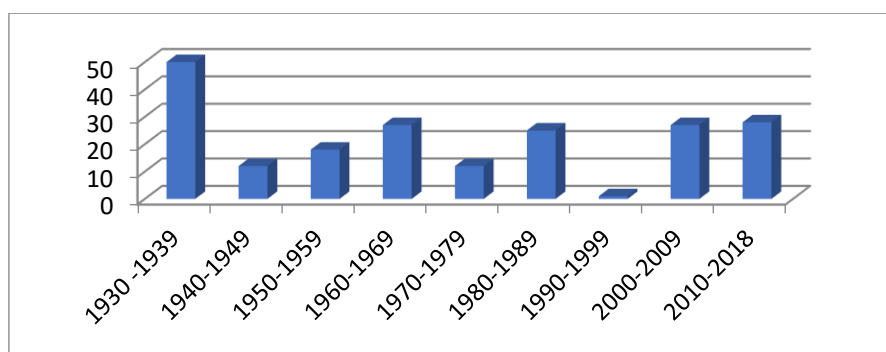


Рис. 1. Количество жертв и пострадавших от лавин по десятилетиям.

Высота столбика за 1930–1939 годы уменьшена

Fig. 1. The number of the victims of avalanches by decades.

Column height for 1930–1939 is reduced

В начале эпохи освоения Хибин значительная часть жертв от лавин погибала под завалами разрушенных домов. Впоследствии, когда началось строительство противолавинных дамб, гибель людей от повреждения зданий и сооружений значительно снизилась.

Начиная с 1960-х и до конца 1990-х годов (XX век) самую большую долю (45 %) занимают туристы-лыжники (рис. 2).

В последние десятилетия повысилась доля жертв от лавин среди любителей фрирайда (рис. 3), а, кроме того, появилась новая категория попадающих в лавины людей – это водители снегоходов (рис. 2).

Количество катастрофических лавин – тех лавин, в которых погибли люди, – было велико в 1930-х годах (рис. 4). В дальнейшем в результате активно проводимых противолавинных мероприятий произошло снижение таких событий. В связи с развитием туризма в 80-х годах можно наблюдать увеличение этого показателя. Также на графике хорошо заметен «застой» в 1990-х годах. Начиная с 2000 года наблюдается увеличение количества лавин из-за развития туризма и увеличения площади горнодобывающих предприятий.

На основании собранных данных о лавинах и социально-экономических показателях в среде ГИС была проведена оценка индивидуального лавинного риска на всю территорию Хибин.

Итоги расчёта и картографирования индивидуального лавинного риска показывают, что основная часть территории Хибин имеет приемлемый уровень риска, не превышающий значений  $1 \cdot 10^{-6}$  чел./год (рис. 5).

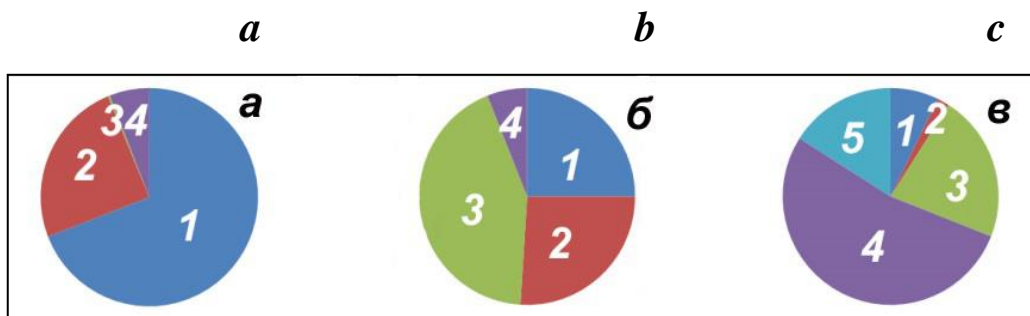


Рис. 2. Процентное соотношение различных групп населения, погибших и пострадавших от лавин:

а) 1930–1959 годы; б) 1960–1999 годы; в) 2000–2018 годы.

Места попадания в лавину:

1 – в жилищах; 2 – на рудниках;

3 – в горах в низовьях долин (геологи, охотники, туристы-лыжники);

4 – в горах на склонах – фрирайд, альпинисты, горнолыжный спорт;

5 – снегоходный туризм (в горах)

Fig. 2. The percentage ratio of various groups of the population, dead and injured from avalanches:

a) 1930–1959; b) 1960–1999; c) 2000–2018.

The places of hit during into an avalanche:

1 – in dwellings (locals); 2 – on mines (locals);

3 – in mountains in lower reaches of valleys (geologists, hunters, skier tourists);

4 – in mountains on slopes – freeride, climbers, mountain skiing;

5 – snowmobile tourism (in the mountains)



Рис. 3. Поисково-спасательные работы в лавине, в которой 10.04.2006 погибли 4 человека (катание «вне трасс»).  
Фото С.К. Коняева

Fig. 3. Search and rescue work in an avalanche in which 10.04.2006 died 4 people (skiing “off-piste”).  
Photo by S.K. Konyayev

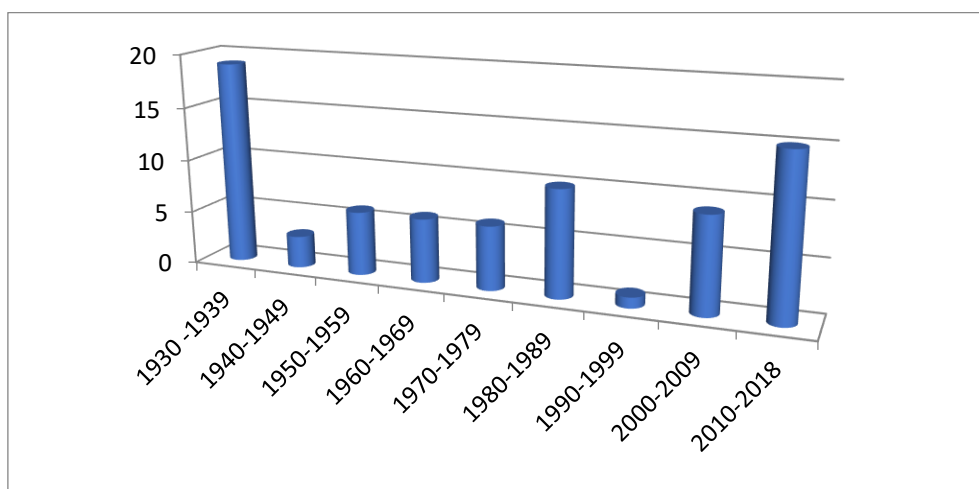


Рис. 4. Количество катастрофических лавин по десятилетиям  
Fig. 4. Quantity of catastrophic avalanches by decades



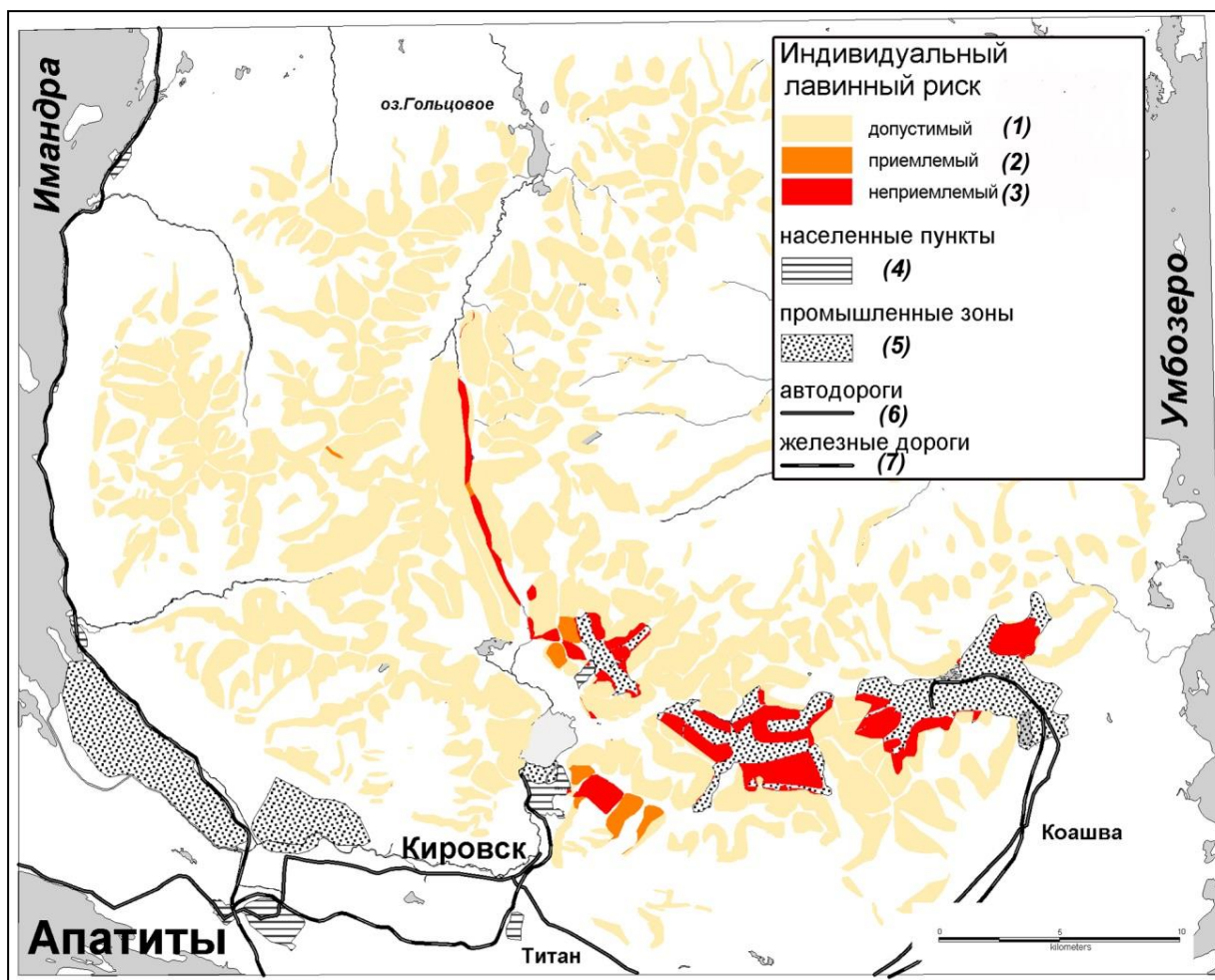


Рис. 5. Индивидуальный лавинный риск в Хибинах.

Оценка проведена в масштабе 1:200 000.

Fig. 5. The individual snow avalanche risk in the Khibiny Mountains.

The estimate was carried out on a scale of 1: 200 000.

Legend: individual snow avalanche risk:

1 – acceptable; 2 – admissible; 3 – unacceptable

4 – settlements; 5 – industrial zones; 6 – roads; 7 – railroads

Наибольшие площади районов с допустимым и неприемлемым уровнем индивидуального лавинного риска (0,2 и 1,2 % соответственно от всей площади горного массива) расположены на юго-востоке Хибин, где находятся населённые пункты и горнодобывающие предприятия, а также в долине реки Кукисвумчорр, по которой проходят в зимний период основные, наиболее часто посещаемые туристические маршруты.

Высокие значения индивидуального лавинного риска характерны для территорий развития горнолыжного спорта. Практически все существующие горнолыжные комплексы Хибин расположены на лавиноактивных склонах. Многие горнолыжные трассы и сооружения строились без учёта лавинной опасности – например, горнолыжный комплекс на западном склоне горы Айкуайвенчорр в черте города Кировска, трассы которого могут поражаться снежными лавинами. До 90-х годов XX века Центр лавинной безопасности ОАО «Апатит» производил профилактические обстрелы лавинных очагов, расположенных на склоне горы Айкуайвенчорр, и отвечал за безопасность горнолыжных трасс. В настоящий момент таких мероприятий не проводится и в результате лавины являются причиной разрушений инфраструктуры горнолыжного комплекса и гибели людей (рис. 6).





Рис. 6. Лавина, сошедшая 10.05.2003 с горы Айкуайвенчорр, которая дошла до нижней станции бугельного подъёмника.

Фото Центра лавинной безопасности ОАО «Апатит»

Fig. 6. The avalanche that came down from Aykuayvenchorr mountain 10.05.2003 which reached the lower station of the alpine skiing elevator (rope tow).

Photo by the Avalanche Security Center OJSC “Apatit”

Участки лавиносборов, в которых происходит катание «вне трасс», характеризуются повышенными значениями индивидуального риска. На повышение безопасности в этом направлении повлиять трудно, так как люди осознанно или неосознанно идут на этот риск. Даже в таких развитых странах, как Канада, среднее число погибших от внетрассового катания, только в Mountain National Parks в штате Альберта составляет 4–5 (максимально до 12) человек в год [Parks..., 2003]. Если рассматривать Францию, то здесь цифры ещё более впечатляющи: в начале 2000-х годов за 7 лет во Французских Альпах погибли более 180 человек [Седова и др., 2008]. Таким образом, смертность от таких событий в Хибинах будет только расти.

В пределах промышленных объектов ОАО «Апатит», где отдельные участки характеризуются неприемлемыми значениями индивидуального лавинного риска, его снижают до допустимого уровня путём строительства инженерных противолавинных сооружений и искусственным обрушением лавин миномётными обстрелами.

Данный метод показал достоверные результаты (табл. 1).

Табл. 1. Значения расчётного и «реализованного» индивидуального лавинных рисков в Хибинах

Table 1. Calculated value and “realized” individual avalanche risks in Khibiny Mountains

Лавинный риск	расчётный	«реализованный»
Индивидуальный риск	$2,3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-5}$

Произведённая оценка индивидуального лавинного риска показывает, что, хотя основная часть горного массива Хибин находится в зоне приемлемого риска, в пределах города Кировска существуют районы с неприемлемыми значениями; в основном они являются местами развития активного отдыха.

## ВЫВОДЫ

В результате проведённых исследований можно сказать, что количество жертв от лавин в конце XX столетия снижалось, но в последние десятилетия наметилась тенденция увеличения роста жертв от лавин за счёт любителей фрирайда, снегоходного туризма и расширения промышленной зоны.

На всю территорию Хибин была произведена оценка индивидуального лавинного риска в рамках ГИС «Хибины». Применяемая методика основана на том, что индивидуальный риск есть функция подверженности населения в пространстве и во времени неблагоприятному природному процессу на конкретной территории.

Предложенная методика расчёта индивидуального лавинного риска даёт надёжные результаты для его оценки в среднем масштабе и может успешно применяться в ГИС.

Проведённая оценка показывает, что большая часть горного массива Хибин находится в зоне приемлемого уровня риска. Районы с допустимым и неприемлемым уровнями риска занимают небольшую площадь на юго-востоке Хибин и в долине реки Кукисвумчорр и требуют принятия мер по защите от лавин путём применения организационных, профилактических и инженерных мер.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас снежно-ледовых ресурсов мира. М.: ГУГК, 1997. 264 с.
2. Викулина М.А. Лавинная активность, опасность и риск – оценка с применением ГИС-технологий. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Материалы Междунар. конф. Ханты-Мансийск–Йеллоунайф, 2007. Т. 13. С. 281–290.
3. Викулина М.А. Использование геоинформационных систем для исследования гляциально-нивальных явлений в Хибинах. Материалы гляциологических исследований, 2008. № 105. С. 120–124.
4. Викулина М.А. Индивидуальный лавинный риск в Хибинах. Лёд и снег, 2011. № 4. С. 57–61.
5. Воробьёв Ю.Л. Безопасность жизнедеятельности (некоторые аспекты государственной политики). М.: Деловой экспресс, 2005. 363 с.
6. Ёлкин В.А. Региональная оценка карстовой опасности и риска: на примере Республики Татарстан. Автореф. дисс. на степень кандидата геолого-минералогических наук. М., 2004. 27 с.
7. Мамаев Ю.А., Андреев Ю.Б. Глоссарий. Природные опасности России. Т. 1. Природные опасности и общество. М.: Крук, 2002. С. 234–245.
8. Мягков С.М. Множественность показателей измерения природного риска. Оценка и управление природными рисками. М.: Анкил, 2000. С. 296–300.
9. Мягков С.М., Шнытарков А.Л. Концепция риска. География, общество, окружающая среда. Природно-антропогенные процессы и экологический риск. М.: Издательский дом «Городец», 2004. Т. IV. С. 265–274.
10. Седова А.С., Клименко Е.А., Воронина Ю.Г., Селиверстов Ю.Г. Цифровая модель рельефа как основа для использования снежных лавин. Тезисы докл. XIV гляциолог. симпозиум. «Гляциология от МГУ до МПГУ». Иркутск, 2008. С. 112.
11. Fuchs S., Kaitna R., Scheidl C., Hübl J. The application of the risk concept to debris flow hazards. Geomechanics and Tunneling, 2008. No 1 (2). P. 120–129. DOI: 10.1002/geot.200800013.

12. *Fuchs S.* Susceptibility versus resilience to mountain hazards in Austria – Paradigms of vulnerability revisited. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2009. No 9 (2). P. 337–352.
13. Parks Canada’s backcountry avalanche risk review. Report of the independent panel. Prepared for Parks Canada. Ottawa: Independent Panel for Parks Canada, 2003. 80 p.

#### REFERENCES

1. Atlas of snow and ice resources of the world. Moscow: Main Department of Geodesy and Cartography (MDGC), 1997 (in Russian).
  2. *Fuchs S.* Susceptibility versus resilience to mountain hazards in Austria – Paradigms of vulnerability revisited. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2009. No 9 (2). P. 337–352.
  3. *Fuchs S., Kaitna R., Scheidl C., Hübl J.* The application of the risk concept to debris flow hazards. *Geomechanics and Tunnelling*, 2008. No 1 (2). P. 120–129. DOI: 10.1002/geot.200800013.
  4. *Mamaev Yu.A., Andreev Yu.B.* Glossary. Natural hazards of Russia. V. 1. Natural hazards and society. Moscow: Kruk, 2002. P. 234–245 (in Russian).
  5. *Myagkov S.M.* Plurality of indicators of measurement of natural risk. Assessment and management of natural risks. Moscow: Ankil, 2000. P. 296–300 (in Russian).
  6. *Myagkov S.M., Shnyparkov A.L.* The concept of risk. Natural dangers in Russia. Geography, society, environment. Natural and anthropogenic processes and environmental risk. Moscow: Publishing house “Gorodets”, 2004. V. IV. P. 265–274 (in Russian).
  7. Parks Canada’s backcountry avalanche risk review. Report of the independent panel. Prepared for Parks Canada. Ottawa: Independent Panel for Parks Canada, 2003. 80 p.
  8. *Sedova A.C., Klimenko E.A., Voronina Yu.G., Seliverstov Yu.G.* Digital model of a relief as basis for use of avalanches. Theses of the XIV glaciological Symposium “Glaciology from IGY to IPY”. Irkutsk, 2008. P. 112 (in Russian).
  9. *Vikulina M.A.* Avalanche activity, danger and risk – assessment with application of GIS technologies. InterCarto. InterGIS. Proceedings of the International conference. Khanty-Mansiysk–Yellowknife, 2007. V. 13. P. 281–290 (in Russian, abs English).
  10. *Vikulina M.A.* Use of geographic information systems for a research of the glacial-nival phenomena in Khibiny Mountains. Materials of glaciological studies, 2008. No 105. P. 120–124 (in Russian).
  11. *Vikulina M.A.* Individual avalanche risk in Khibiny Mountains. *Ice and snow*, 2011. No 4. P. 57–61 (in Russian).
  12. *Vorobyov Yu.L.* Health and safety (some aspects of state policy). Moscow: Business Express, 2005. 363 p. (in Russian).
  13. *Yolkin V.A.* Regional assessment of karst hazard and risk (with Republic of Tatarstan as an example). Author’s abstract of diss. for the degree of PhD of geological and mineralogical sciences. Moscow: Institute of Geocology RAS. 2004. 158 p. (in Russian).
-