

Лавинная опасность и защита от лавин в Казахстане

© 2014 г. В.П. Благовещенский, Т.С. Гуляева, О.А. Берман, В.В. Жданов, М.Е. Таткова

Институт географии МОН Республики Казахстан, Алматы
victor.blagov@mail.ru

Avalanche hazard and control in Kazakhstan

V.P. Blagoveshchensky, I.E. Gulyaeva, O.A. Berman, V.V. Zhdanov, M.E. Tatnova

Institute of Geography, Republic of Kazakhstan, Almaty

Статья принята к печати 24 января 2014 г.

*Защита от лавин, картирование лавинной опасности, лавинная опасность, расчёты параметров лавин.
Avalanche hazard, avalanche hazard mapping, avalanche parameters' calculation, avalanche protection.*

В горных районах Казахстана площадь лавиноопасных территорий составляет 124 тыс. км². Максимальная лавинная опасность отмечается на Алтае, а также в Жетысу Алатау, Иле Алатау, Кунгей Алатау и Терискей Алатау. Объёмы лавин могут достигать 1 млн м³. Обычные причины схода лавин – сильные снегопады и глубокие оттепели. Преобладают сухие лавины, хотя максимальные по объёмам и разрушительной силе – мокрые лавины. За последние 63 года на территории Казахстана в лавинах погибли 86 человек. Чаще всего в лавины попадают туристы, альпинисты и горнолыжники. В качестве противолавинных мероприятий используют прогнозирование лавин, их профилактические спуски и защитные сооружения.

Avalanche hazardous territories in the mountain areas of Kazakhstan occupy the area of 124 thousand km². The maximum avalanche hazard is noticed in the Altay, Zhetysu Alatau, Ile Alatau, Kungey Alatau, and Teriskey Alatau. Avalanche volumes can reach 1 million m³. The reasons for avalanching usually are heavy snowfalls and deep thaws. 86 people died in Kazakhstan during the last 63 years. Avalanche protective measures are: forecasting, preventive avalanching and protective constructions.

В Казахстане лавинной опасности подвержена площадь в 124 тыс. км² [11, 24]. Лавины сходят в горных районах, расположенных вдоль восточной границы Казахстана (рис. 1). Это хребты: Алтай, Калбинский, Тарбагатай, Сауыр, Жетысу Алатау, Иле Алатау, Кунгей Алатау, Терискей Алатау, Узынкара, Кыргызский, Каржантау, Угамский, Майдантальский, западная оконечность Таласского хребта, Каратау. Начало систематическим исследованиям лавин в Казахстане положил в 1958 г. И.С. Соседов, позднее эти исследования были продолжены в Институте географии МОН Республики Казахстан И.В. Северским, который основал казахстанскую школу лавиноведения. С 1966 г. наблюдения за лавинами проводит «Казгидромет». В 1970–80-е годы в Казахстане работало пять снеголавинных станций: две – в Иле Алатау, две – в Жетысу Алатау и одна – на Алтае. Сейчас действуют только две станции в Иле Алатау: «Шымбулак» и «Большое Алматинское озеро». Несколько лет назад стали функционировать два снеголавинных поста: «Жосалы Кезень» и «Алматау», также расположенные в Иле Алатау.

Лавинная опасность в горных районах Казахстана

Вся лавиноопасная территория делится на пять категорий лавинной опасности: слабая, незначительная, умеренная, значительная и сильная. Для определения категорий лавинной опасности используют следующие критерии: объём лавин, их повторяемость и распространённость лавиноопас-

ных участков (табл. 1). Территории со слабой и незначительной лавинной опасностью занимают 71% всех лавиноопасных территорий. Здесь не требуются противолавинные мероприятия, кроме регулирования землепользования. Территории с умеренной и значительной лавинной опасностью занимают 34 тыс. км², что составляет 27% общей площади лавиноопасных территорий. Для этих территорий обязательно постоянное проведение противолавинных мероприятий: прогноз, профилактические спуски лавин, строительство защитных сооружений. Сильная лавинная опасность, которая делает использование территорий экономически нецелесообразным ввиду высокой стоимости защитных сооружений, отмечается на площади 2536 км² (2% всех лавиноопасных территорий). Территорий с умеренной, значительной и сильной лавинной опасностью больше всего в горных районах Алматинской области, где их площадь составляет 18 тыс. км² (табл. 2). В Восточно-Казахстанской области умеренная, значительная и сильная лавинная опасность отмечаются на площади 14 тыс. км². В горах Южного Казахстана территории с умеренной, значительной и сильной лавинной опасностью занимают 4,6 тыс. км².

Несчастные случаи, связанные с лавинами

Лавины с несчастными случаями или ущербом от их схода отмечались на Алтае, в Жетысу Алатау, Иле Алатау, Каратау и отрогах Таласского хребта. До 1966 г. систематический сбор данных о несчаст-

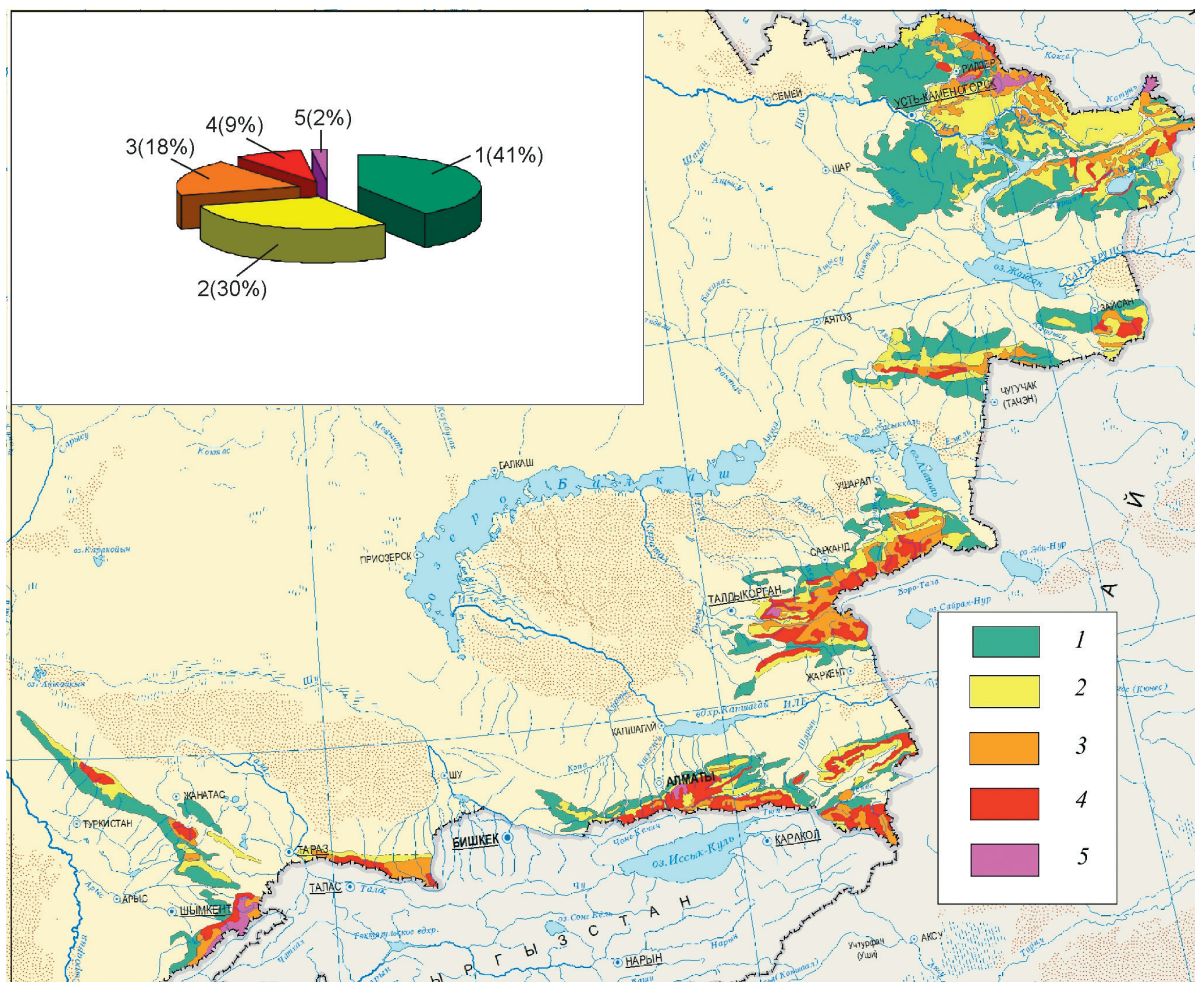


Рис. 1. Лавиноопасные районы Казахстана:

Степень лавинной опасности: 1 – слабая; 2 – незначительная; 3 – умеренная; 4 – значительная; 5 – сильная; пояснения см. в табл. 1.

На врезке – распределение площадей лавиноопасных территорий по степени лавинной опасности

Fig. 1. Avalanche hazardous territories in Kazakhstan:

Avalanche hazard degree: 1 – low; 2 – non-significant; 3 – moderate; 4 – significant; 5 – high; explanatory notes see in the Tabl. 1.

At the insert diagram – distribution of avalanche hazardous territories according to avalanche hazard degree

ных случаях и ущерба, связанных с лавинами, в Казахстане не проводился. В литературе отмечаются лишь отдельные несчастные случаи, которые были в Иле Алатау в 1951, 1958 и 1961 гг. С 1966 г. все сведения о несчастных случаях и ущербах, вызванных лавинами, приводятся в Технических отчётах снеголавинной службы «Казгидромета». С 1951 по 2013 г. зафиксировано 75 лавин, сход которых нанёс значительный ущерб. За этот период в лавины попали 172 человека (рис. 2), из которых 86 погибли. В основном, в лавины попадают люди, которые добровольно подвергают себя лавинному риску: альпинисты, туристы, горнолыжники. На эту категорию приходится 73% общего числа людей, попадавших в лавину. Оставшиеся 27% приходятся на местных жителей (16%) и людей, чья

профессиональная деятельность связана с работой в горах, – работники горнолыжных курортов, снеголавинных станций, «Казселезащиты» и др. (11%).

Крупные лавинные катастрофы, сопровождавшиеся человеческими жертвами и разрушениями, происходили на Алтае в 1977 г. и в Каратау в 1990 г. На Алтае в пос. Зубовка лавиной было разрушено шесть домов. Погибли три человека. В Каратау в пос. Байджансай 14 января 1990 г. лавина, сошедшая после сильной метели, завалила общежитие горняков. В лавину попали 20 человек, восемь из которых погибли. Отметим, что больше всего туристов, альпинистов и горнолыжников погибает в Иле Алатау, в окрестностях г. Алматы. За последние 62 года в этом районе в лавины попали 145 человек, 65 из которых – погибли. Из них 58 человек (90%) были

Таблица 1. Показатели степени лавинной опасности

Степень лавинной опасности	Показатели лавинной опасности			Защитные мероприятия
	объём лавин, тыс. м ³	повторяемость лавин	коэффициент лавинной опасности	
Слабая	< 1	Реже 1 раза в 50 лет	0,1–0,25	Не требуются
Незначительная	< 1	Реже 1 раза в 10 лет	0,25–0,5	Оценка лавинной опасности, регулирование землепользования
	1–10		0,1–0,25	
Умеренная	< 1	Чаше 1 раза в 10 лет	0,25–0,5	Прогноз лавин, ограничение доступа в лавиноопасный период, профилактические спуски
	1–10		0,1–0,25	
	> 10		0,1–0,25	
Значительная	< 1	Чаше 1 раза в 5 лет	> 0,5	Профилактические спуски, защитные сооружения
	1–10		> 0,25	
	> 10		> 0,1	
Сильная	1–10		> 0,5	Защитные сооружения

Таблица 2. Площади лавиноопасных территорий с различной степенью лавинной опасности в горных районах Казахстана, км²

Степень лавинной опасности	Восточно-Казахстанская область		Алматинская область		Жамбылская и Южно-Казахстанская области	Всего
	Алтай	Сауыр и Тарбагатай	Жетысу Алатау	Иле, Кунгей, Терскей Алатау, Узункара	Хребты Кыргызский, Пскемский, Угамский, Каратау	
Слабая	25 883	7701	6090	5527	5638	50 840
Незначительная	18 303	4881	5413	5270	2971	36 838
Умеренная	8123	2072	5904	5467	1048	22 613
Значительная	1817	1152	4374	1837	2251	11 432
Сильная	757	—	134	324	1320	2536
<i>Всего</i>	54 883	15 807	21 916	18 425	13 229	124 259

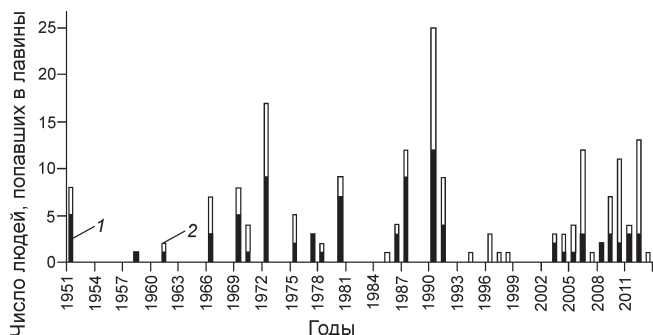


Рис. 2. Несчастные случаи, связанные с лавинами в Казахстане:

1 – число погибших людей; 2 – число выживших людей

Fig. 2. Avalanche accidents in Kazakhstan:

1 – number of died people; 2 – number of survival people

туристы и семь человек (10%) – рабочие. Местных жителей среди них не было. Как правило, туристы попадают в лавины, которые вызваны ими самими или их спутниками. Один из самых трагических случаев произошёл 9 марта 1972 г. в Чёртовом ущелье р. Малая Алматинка. Тогда в лавину попали 17 человек, из них 9 человек погибли. В Иле Алатау доля людей из числа попавших в лавины, которые выжили, составляет около 50%. В других регионах доля

погибших приближается к 80%. Это связано с тем, что в Иле Алатау в лавины, обычно небольшие, попадают в основном туристы. Помощь попавшим в такие лавины приходит быстро от их спутников или спасателей. В других горных районах, мало посещаемых туристами, в лавины попадают охотники или чабаны. Их начинают искать только в случае, если они не возвращаются. Обычно поиски этих людей занимают несколько дней, поэтому шансов на выживание у потерпевших остаётся очень мало.

Воздействие лавин на лесные экосистемы

Во время массового схода лавин весной 1966 г. только в Иле Алатау лавинами было уничтожено более 600 га зрелого елового леса [8]. Для оценки воздействия лавин на горные лесные экосистемы рассчитаны площади лавинных прочёсов по бассейнам и высотным зонам северного склона Иле Алатау. Наибольшая площадь лавинных прочёсов отмечается в бассейне р. Талгар – 953 га при общей площади леса 7540 га. Велика площадь лесных прочёсов в бассейне р. Есик – 466 га. В бассейнах рек Киши и Улькен Алматы площади лавинных прочёсов составляют 328 и 321 га соответственно. В бассейне р. Турген при общей площади леса 5828 га

площадь лавинных прочёсов составляет всего 131 га, а в бассейне р. Каскелен – 12 га.

Степень воздействия лавин на лесные экосистемы можно оценить по отношению площадей лавинных прочёсов к площади, которая могла бы быть занята лесом при отсутствии деятельности лавин. Больше всего лавины причинили ущерб лесным экосистемам в бассейне р. Талгар: здесь лавинами уничтожено 12,6% леса. 10,9% леса уничтожено лавинами в бассейне р. Есик, 9,1% – в бассейне р. Улькен Алматы, 7,2% – в бассейне р. Киши Алматы. Общая площадь уничтоженного лавинами леса в Иле Алатау составляет 2677 га – 7% общей площади лесных угодий.

Лавинная активность в хр. Иле Алатау

С 1966 г. в хр. Иле Алатау работают две снеголавинные станции: «Шымбулак» – в долине Малой Алматинки на высоте 2200 м над ур. моря и «Большое Алматинское озеро» – в долине р. Большая Алматинка на высоте 2500 м над ур. моря. Согласно данным этих станций, в Иле Алатау наблюдаются лавины четырёх генетических типов: свежеснеговой, оттепелей, перекристаллизации снега, метелевые [3, 14, 24]. В Иле Алатау преобладают лавины свежеснеговой и оттепелей. В течение зимы наблюдаются два максимума лавинной активности [3, 9]: первый приходится на начало зимы (декабрь–январь) и связан с первым максимумом осадков; второй, более сильный, наблюдается в конце зимы (март–апрель) и обусловлен как пиком осадков, так и оттепелями. На выраженность весеннего максимума лавинной активности указывает тот факт, что в 80% зим в период с 15 по 31 марта бывает не менее десяти дней со сходом лавин. Всего в течение зимы наблюдаются от 10 до 20 лавиноопасных периодов. В начале зимы продолжительность каждого лавиноопасного периода составляет 2–3 дня; в конце зимы этот период может продолжаться 7–10 дней. Общее число дней со сходом лавин за зиму достигает 28.

Режим лавинной активности в Иле Алатау отличается очень большой межгодовой изменчивостью (рис. 3). Лавинная активность года может быть охарактеризована суммарным объёмом лавин, сошедших на определённой территории. По данным снеголавинной станции «Шымбулак», в среднегорной зоне бассейна р. Малая Алматинка с 1966 по 2013 г. этот показатель варьировал от 0,23 до 1300 тыс. м³. Среднее многолетнее значение суммарного объёма лавин составило 147 тыс. м³. Распределение суммарного объёма лавин имеет резко выражен-

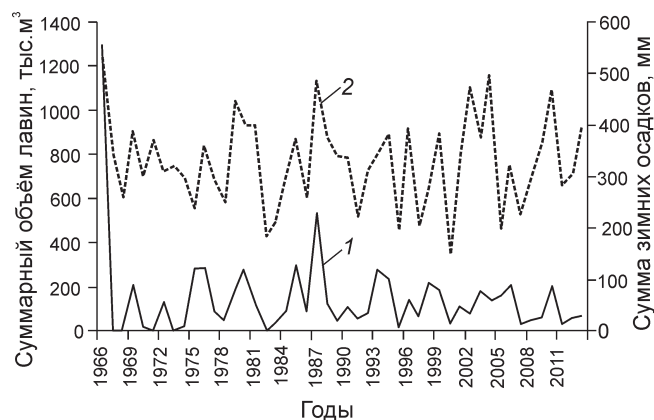


Рис. 3. Межгодовая изменчивость лавинной активности и снежности в Иле Алатау:

1 – суммарный объём лавин в долине р. Малая Алматинка; 2 – сумма зимних осадков с ноября по апрель

Fig. 3. Interannual variability of avalanche activity and snowiness in the Ile Alatau Range:

1 – summarized avalanche volumes in the Little Almatinka valley; 2 – the sum of winter precipitation from November till April

ную положительную асимметрию и может быть описано логарифмически нормальным распределением. Средний логарифм суммарного объёма лавин равен 4,88 (76 тыс. м³), а стандартное отклонение – 0,61 тыс. м³. Экстремальной по лавинной активности была зима 1966 г. (в тот год был отмечен максимум снежности). В эту зиму сумма осадков составила 530 мм, а суммарный объём лавин – 1300 тыс. м³. В бассейне р. Малая Алматинка объём максимальной лавины составил 350 тыс. м³, а в бассейне р. Талгар он превысил 1 млн. м³. Минимальная лавинная активность отмечена в 1974 г., когда суммарный объём лавин был всего 230 м³, хотя сумма зимних осадков была равна 259 мм.

Изменчивость лавинной активности нельзя объяснить только изменчивостью снежности, так как зависимость суммарного объёма лавин от показателей снежности, например от суммы осадков холодного периода, хотя и существует, но коэффициент корреляции этой зависимости равен всего 0,22 [3]. За период наблюдений отмечались зимы, когда снежность была ниже средней, а лавинная активность – высокой, и, наоборот, в зимы с высокой снежностью лавинная активность была низкой. За 48 лет наблюдений за лавинами в бассейне р. Малая Алматинка отмечено 15 зим с повышенной лавинной активностью, когда суммарный объём лавин превышал среднее многолетнее значение 147 тыс. м³: 1965/66, 1968/69, 1974/75, 1975/76, 1978/79, 1979/80, 1984/85, 186/87, 1992/93, 1993/94, 1997/98, 1998/99, 2004/05, 2005/06, 2009/10 гг. За годы наблюдений

пять раз две лавинные зимы следовали одна за другой. Средний интервал между лавинными зимами составляет три года и никогда не превышает пять лет. Изменчивость числа дней с лавинами не столь значительна, как изменчивость объёма лавин. За период наблюдений число дней с лавинами за зиму менялось от трёх (в 1973/74 г.) до 28 (в 1986/87 г.), составляя в среднем 16 дней в году.

Для оценки повторяемости экстремальных зим использовано распределение Гумбеля, с помощью которого обычно анализируют распределение максимальных значений с большой положительной асимметрией. Повторяемость зим с такой суммой осадков (530 мм), которая наблюдалась в 1965/66 г., оказалась равной 65 лет. Периодичность зим с суммарным объёмом лавин 1300 тыс. м³ составляет примерно 150 лет. Периодичность схода лавин максимального объёма (350 тыс. м³) составляет 80 лет.

Оценка и картографирование лавинной опасности

Методы оценки и картографирования лавинной опасности в Казахстане разрабатывались в Институте географии Республики Казахстан И.В. Северским и В.П. Благовещенским [10, 15, 23]. Карты мелкого (от 1:1 500 000 до 1:5 000 000) и среднего (от 1:100 000 до 1:500 000) масштабов составлены на все лавиноопасные территории Казахстана. Они приведены в Национальном атласе Республики Казахстан [5] и в Атласе природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Республике Казахстан [1]. К показателям степени лавинной опасности территории относятся: объёмы лавин; повторяемость их схода; коэффициент лавинной опасности, представляющий собой отношение общей площади лавиноопасных участков в данном бассейне к площади всего бассейна [10]. Показатели лавинной опасности осредняются по территории, площадь которой зависит от масштаба карты. Для карт среднего масштаба эта площадь равна 10–100 км²; для карт мелкого масштаба – 100–1000 км². Мелкомасштабные карты (см. рис. 1) предназначены для использования административными органами республиканского и регионального (областного) уровней. Среднемасштабные карты (рис. 4) могут использоваться административными органами местного (районного) уровня.

К сожалению, пока лавинная активность на большей части лавиноопасных территорий Казахстана изучена недостаточно. Это не позволяет рассчитывать показатели лавинной опасности, поэтому они оцениваются косвенными методами на основе зависимостей показателей лавинной опасности от состояния факторов лавинообразования: снежности

территории; глубины расчленения рельефа; формы поперечного профиля долин; состояния поверхности склонов [2, 10]. В качестве показателя снежности используется среднее максимальное годовое значение толщины снежного покрова, которое определяется по данным наблюдений на метеорологических станциях, в процессе снегомерных маршрутов или по региональным эмпирическим зависимостям от высоты местности, полученным И.В. Северским [10]. Остальные показатели устанавливаются по топографическим картам и космическим снимкам.

Крупномасштабные карты лавинной опасности составляются для территории площадью 5–20 км², где есть рекреационные объекты, горнолыжные курорты или сельские округа. На этих картах показывают отдельные лавинные очаги с выделением зон зарождения лавин, путей их движения и зон выката лавин (рис. 5). Для зон зарождения лавин и путей их движения указывается повторяемость образования и прохождения лавин; для зон выката лавин – повторяемость дальностей выброса лавин. Крупномасштабные карты лавинной опасности применяют при регулировании землепользования (выбор безопасных участков для строительства сооружений) и разработке проектов защиты сооружений, если для них невозможно найти безопасный участок. Дальность выброса лавин определяется по данным многолетних наблюдений за ними. Если их нет, то дальности выброса лавин рассчитываются по эмпирическим или математическим моделям. Для Иле Алатау В.П. Благовещенским получены зависимости коэффициента общего сопротивления движению лавины от типа, объёма лавины и геометрии лавиносбора [2, 12, 13].

При использовании математических моделей необходимо предварительно адаптировать их к местным условиям. Для этого на основе фактических данных о сходах лавин определяют значения регулирующих коэффициентов, используемых в моделях. М.Э. Эглит получила зависимости коэффициента сухого трения и турбулентного сопротивления от типа и объёма лавины [16, 17]. Повторяемость дальностей выброса лавин определяется по повторяемости объёмов лавин, которая рассчитывается с учётом фактических данных по распределению Гумбеля или статистическим моделированием по зависимостям объёмов лавин от параметров лавиносбора и толщины снежного покрова [2, 16]. По нашему мнению, весьма перспективно использование модели RAMMS [19, 20], но только после её верификации для местных условий.

Давление лавины на сооружение можно считать только по математическим моделям, но для

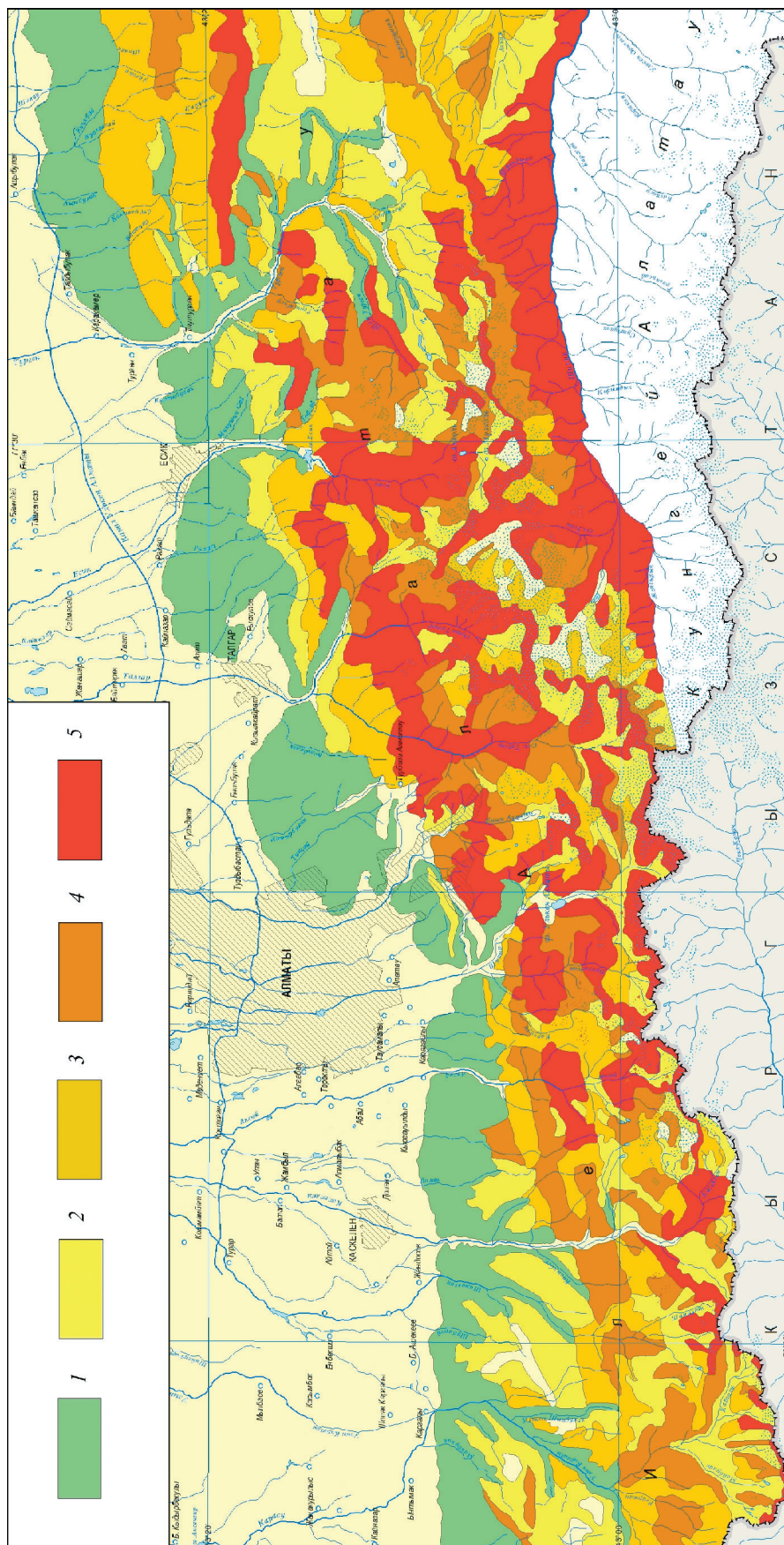


Рис. 4. Среднемасштабная карта лавинной опасности Иле Алагау: Степень лавинной опасности: 1 – слабая; 2 – незначительная; 3 – умеренная; 4 – значительная; 5 – сильная; пояснения см. в табл. 1

Fig. 4. The middle scale avalanche hazard map on the Ile Alatau Range: Avalanche hazard degree: 1 – low; 2 – non-significant; 3 – moderate; 4 – significant; 5 – high; explanatory notes see in the Table. 1



Рис. 5. Крупномасштабная карта лавинной опасности турбазы Алматау.

Зоны зарождения лавин с повторяемостью: 1 – менее 10 лет; 2 – от 10 до 50 лет; 3 – более 50 лет; зоны распространения лавин с повторяемостью: 4 – менее 10 лет; 5 – от 10 до 50 лет; 6 – менее 50 лет; 7 – еловый лес; 8 – пути движения лавин; 9 – водоразделы; 10 – дома

Fig. 5. The large scale avalanche hazard map of the Almatay ski resort.

Avalanche starting zones with return period: 1 – less than 10 years; 2 – from 10 till 50 years; 3 – more than 50 years; avalanche runout zones with return period: 4 – less than 10 years; 5 – from 10 till 50 years; 6 – more than 50 years; 7 – spruce forest; 8 – avalanche paths; 9 – watersheds; 10 – buildings

этого предварительно должны быть смоделирован статистический ряд и определена повторяемость лавин разного типа (мокрые, сухие, пылевые) и их объём. Чтобы рассчитать параметры лавин на территории горнолыжных курортов Алматау и Акбулак, мы использовали двухпараметрическую одномерную модель Ю.Д. Москалева [4], в которую входят коэффициент сухого трения f и турбулентного сопротивления k . Калибровка величин f и k проводилась по данным о дальностях выброса и скоростям схода лавин, измеренным во время профилактических спусков лавин в Иле Алатау. Получены зависимости коэффициентов от объёма сухих и мокрых лавин [2, 13]. Более точные результаты возможны путём применения гидравлических двух- и трёхмерных моделей [16, 17, 19, 20, 22].

Прогнозирование лавин

Методика наблюдений за снегом и лавинами на снеголавинных станциях не менялась с 1960-х годов, когда было создано Руководство по снеголавинным работам [7]. Ежедневно на площадке недалеко от снеголавинной станции проходится шурф, в котором послойно описывается структура снега, измеряются его температура, плотность, сопротивление на разрыв и на сдвиг по границе с нижним слоем. По результатам измерений устанавливается наиболее слабый слой и рассчитывается коэффициент устойчивости, равный отношению массы вышележащих слоёв к сопротивлению на сдвиг по этому слою. Во время снегопадов каждый час ведутся измерения прироста толщины свежего снега. При оттепелях с момента перехода температуры воздуха через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ в сторону положительных значений температура воздуха измеряется через 1 час. Полученные значения суммируются. Сумма положительных температур используется как критерий прогноза лавинной опасности [6].

В 2000 г. на снежно-лавинной станции «Шымбулак» проводились испытания компьютерной программы прогнозирования лавин NXD2000, разработанной Швейцарским институтом снега и лавин [18, 21]. В базу данных были внесены сведения о 4439 днях и 1100 лавинах за период с 1967 по 1995 г. Испытания показали хорошие перспективы применения этой программы для повышения надёжности прогнозов, но, к сожалению, в оперативной работе она не применялась [18].

Для горных районов, где нет снеголавинных станций, лавинные прогнозы составляются в областных гидрометеобюро. В случае лавин свежеснегавшего снега прогноз делается по данным о снегозапасах и сумме выпавших осадков, в случае оттепельных лавин – по данным о температуре воздуха [3]. Для Иле Алатау получена зависимость критической суммы осадков, при которой сходят лавины, от толщины старого снега перед снегопадом [6]. При отсутствии на площадке снега критическая сумма твёрдых осадков, способная вызвать сход лавин, составляет 50 мм. При толщине старого снега более 50 см для схода лавин бывает достаточно выпадения 10 мм осадков. Прогноз лавин по этой методике оправдывается в 80% случаев [3].

Профилактические спуски лавин

Профилактические спуски лавин для предотвращения ущерба от них применяются в Казахстане с 1974 г. В Иле Алатау они проводятся для защиты автомобильных дорог и горнолыжных курортов, на Алтае и в Калбинском хребте — для защиты автомобильных дорог и населённых пунктов. В 1980-е годы профилактические спуски лавин для защиты рудников и посёлков велись в Жетысу Алатау и Каратау.

Спуски лавин проводятся с применением взрывчатых веществ. Профилактические спуски лавин выполняет «Казселезащита» по рекомендациям специалистов «Казгидромета». Непосредственно взрывные работы проводит «Казвзрывпром». Взрывчатка доставляется в зону отрыва лавин вручную. Заряды, массой до 10 кг, закладываются в снежный покров по линии отрыва лавин. Общая масса зарядов достигает 100–150 кг. В Иле Алатау профилактические взрывы проводятся в семи лавиносборах. За зимний период выполняют от одной до трёх серий взрывов. Этот метод — очень трудоёмкий, не всегда эффективный и очень опасный. За один рабочий день профилактический спуск удаётся провести только в одном лавиносборе. На ликвидацию лавинной опасности в долинах рек Киши и Улкен Алматы может потребоваться до 7 дней. За это время в некоторых лавинных очагах лавины могут сойти самопроизвольно или свойства снежного покрова изменятся настолько, что взрыв может не вызвать лавину. В результате примерно в 30% случаев взрывы не приводят к сходу лавин. Закладка людьми зарядов на лавиноопасном склоне очень опасна из-за возможности преждевременного схода лавины. С 1986 г. в Казахстане произошло семь случаев попадания людей в лавины при профилактических спусках. При этом погибли три человека и шесть человек пострадали.

В последние годы в Казахстане начали применять более современные методы профилактических спусков лавин. На горнолыжном курорте Акбулак установлено несколько установок GAZEX, а на горнолыжном курорте Шымбулак осваивают применение устройства Daisy Bell, приобрели Avalancher. Правда, пока они не заменили полностью использование взрывчатых веществ.

Строительство защитных сооружений

Защитные сооружения в Казахстане строят очень редко. Самый масштабный проект — защита катка Медеу в Иле Алатау, где на склоне над катком с 1974 г. стоят снегоудерживающие щиты из деревянных брусев на металлических опорах. В 1975 и 1986 гг. в промежутках между щитами сходили ла-

вины, которые ломали щиты и выходили на дорогу Медеу—Шымбулак, пересекающую лавинный путь в 300 м выше катка. В 2011 г. в результате сильного шквала ветра, пронёсшегося по долине р. Малая Алматинка, был повален еловый лес, который рос на северном склоне лавиносбора. В 2012 г. в этом же месте случился пожар, во время которого сгорели снегоудерживающие щиты. В 2013 г. щиты были восстановлены, но часть склона, обнажившаяся после лесоповала и пожара, осталась незащищённой. После пожара образовались ещё три лавиноопасных участка над дорогой Медеу—Шымбулак, на которых лишь частично были установлены снегоудерживающие сетки. Лавины, которые могут сходить на этих участках, угрожают территории катка Медеу, нижней станции канатной дороги Медеу—Шымбулак и автомобильной стоянке возле этой станции. В долине р. Малая Алматинка снегоудерживающие сооружения есть ещё в двух местах. Над дорогой Медеу—Шымбулак, в 1 км выше плотины, установлены снегоудерживающие стальные сетки, а по левому борту долины, в 2 км выше Шымбулака, для защиты частного коттеджа построены металлические снегоудерживающие щиты. На Алтае для защиты пос. Зубовка на лавиноопасном склоне построены снегоудерживающие щиты из круглых брёвен на металлических стойках.

Заключение

В Казахстане хорошо развиты методы оценки и картографирования лавинной опасности и методы прогноза лавин. Однако существующая система защиты от лавин не адекватна имеющимся угрозам. Часть объектов, подверженных воздействию лавин, остаётся незащищённой. В связи с развитием горнолыжных курортов в горах Иле Алатау, Жетысу Алатау и Алтая проблема обеспечения безопасности от лавин становится особенно актуальной. Не соответствуют современному уровню и методы профилактических спусков лавин, а также проектирования и строительства защитных сооружений. Совершенствования требуют методы прогноза лавин, распространения информации о лавинной опасности среди населения, обучения правилам безопасного поведения в лавиноопасных местах. Необходимо также расширять сеть станций наблюдений за лавинами.

Благодарности. Работа выполнена по гранту на фундаментальные научные исследования Министерства образования и науки Республики Казахстан «Географические основы обеспечения безопасности территорий, подверженных воздействию селевых потоков, снежных лавин и оползневых явлений в Юго-Восточном Казахстане».

Литература

1. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Республике Казахстан. Алматы: изд. «Казгеодезии», 2010. 264 с.
2. *Благовещенский В.П.* Определение лавинных нагрузок. Алматы: Наука, 1991. 116 с.
3. *Кондрашов И.В.* Прогноз лавин и некоторых характеристик снежности в горах Казахстана. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 72 с.
4. *Москалев Ю.Д.* Динамика снежных лавин и снеголавинные расчеты // Тр. САРНИГМИ. 1977. Вып. 36 (117). 231 с.
5. Национальный атлас Республики Казахстан: Т. 3. Окружающая среда и экология. Алматы: изд. «Казгеодезии», 2010. 158 с.
6. Практическое пособие по прогнозированию лавинной опасности в Казахстане. Алматы: Нур-Принт, 2005. 262 с.
7. Руководство по снеголавинным работам (временное). Л.: Гидрометеоиздат, 1965. 397 с.
8. *Северский И.В.* О формах проявления лавинной эрозии и влиянии лавин на лес в условиях северного склона Зайлийского Алатау // Гидрофизич. исследования в горных районах Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1969. С. 58–66.
9. *Северский И.В.* Снежные лавины Зайлийского и Джунгарского Алатау. Алма-Ата: Наука, 1978. 255 с.
10. *Северский И.В., Благовещенский В.П.* Оценка лавинной опасности горной территории. Алма-Ата: Наука, 1983. 220 с.
11. *Северский И.В., Благовещенский В.П.* Лавиноопасные районы Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1990. 172 с.
12. *Blagoveshchenskiy V.P.* Calculation of snow avalanche parameters // Intern. Symposium Interpretavent 1996. Garmish-Partenkirchen. Tagungspublikation, Band 2. P. 137–146.
13. *Blagoveshchenskiy V.P.* Calculation of avalanche parameters // МГИ. 1997. Вып. 81. С. 196–199.
14. *Blagoveshchenskiy V.P.* Avalanche formation conditions and avalanche activity in the Zailiyskiy Alatau range (Kazakhstan) // The Avalanche Review. 2004. № 1. P. 14–16.
15. *Blagoveshchenskiy V.P.* Avalanche hazard mapping in Kazakhstan // The Avalanche Review. 2004. № 2. P. 13–15.
16. *Blagoveshchenskiy V.P., Eglit M.E., Naaim M.* The calibration of an avalanche mathematical model using field data // Natural Hazard and Earth System Sciences. 2002. № 2. P. 217–220.
17. *Blagoveshchenskiy V.P., Eglit M.E., Naaim M.* Estimation of avalanche friction coefficients at the Zailiyskiy Alatau range (Kazakhstan) // МГИ. 2002. Вып. 93. С. 122–125.
18. *Blagoveshchenskiy V.P., Kondrashov I.V., Yeserkepova I.B., Gassner M., Latenser M.* The experience of use NXD2000 program for avalanche forecast in the Zailiyskiy Alatau // МГИ. 2003. Вып. 94. С. 115–118.
19. *Christen M., Kowalski J., Bartelt P.* RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain // Cold Region Science and Technology. 2010. V. 63 P. 1–14.
20. *Christen M., Bartelt P., Kowalski J.* Back calculation of the *Inden Arelen* avalanche with RAMMS: interpretation of model results // Annals of Glaciology. 2010. V. 51 (54). P. 161–168.
21. *Gassner M., Brabec B.* Nearest neighbor models for local and regional avalanche forecasting // Natural Hazards and Earth System Sciences. 2002. № 2. P. 247–253.
22. *Kristensen K., Larsson Ch.* An Avalanche Forecasting Program Based on a Modified Nearest Neighbors Method // Proc. of the Intern. Snow Science Workshop. 1994. Snowbird USA. P. 22–30.
23. *Severskiy I.V., Blagoveshchenskiy V.P.* Estimation of avalanche hazard in the mountain territories // Intern. Symposium Interpretavent. Garmish-Partenkirchen. Tagungspublikation. 1996. Band 2. P. 91–101.
24. *Severskiy I.V., Blagoveshchenskiy V.P., Severskiy S.I., Pimankina N.V., Se Zichu, Zhan Zhizhong, Hu Ruzhi.* Snow Cover and Avalanches in the Tien-Shan Mountains. Almaty: Nauka, 2000. 179 p.

Summary

In Kazakhstan, area of 124 thousand km² is prone to the avalanche hazard. Avalanches are released down in mountain regions situated along the eastern boundary of Kazakhstan. Systematic studies of avalanches here were started in 1958 by explorer I.S. Sosedov; later on, I.V. Severskiy continued these investigations in Institute of Geography of the Kazakh Soviet Republic. Actually, he founded the Kazakh school of the avalanche studies. In 1970–1980s, five snow-avalanche stations operated in Kazakhstan: two in Il' Alatau, two in Zhetysu Alatau, and one in the Altai. At the present time, only two stations and two snow-avalanche posts operate, and all of them are located in Il' Alatau.

Since 1951 to 2013, 75 avalanches took place in Kazakhstan, releases of them caused significant damages. For this period 172 people happened to be under avalanches, among them 86 perished. Large avalanche catastrophes causing human victims and destructions took place in Altai in 1977 and in Karatau in 1990. In spring of 1966, only in Il' Alatau avalanches destroyed more 600 ha of mature fir (coniferous) forest, and the total area of forest destroyed here by avalanches amounts to 2677 ha or 7% of the total forest area.

For 48 years of the avalanche observations, there were 15 winters with increased avalanche activity in the river Almatinka basin when total volume of released snow exceeded annual mean value of 147 thousand m³. During this period, number of days with winter avalanches changed from three (in season of 1973/1974) to 28 (1986/1987), the average for a year is 16 days for a season. Winter with the total volume of snow 1300 thousand m³ occur once in 150 years. Individual avalanches with maximal volume of 350 thousand m³ happen once in 80 years.

Preventive avalanche releases aimed at protection of roads and settlements are used in Kazakhstan since 1974. These precautions are taken in Il' Alatau, Altai, and on Kalbinskiy Range. Avalanches are released with the use of explosives. Protective constructions are built very rarely. The most large-scale project is the protection of the Medeo skating-rink in Il' Alatau where in 1974 special snow-retentive boards of wooden beams on metal supports were constructed on the above located slope. The provision of safety against avalanches becomes especially actual problem in view of development of the mountain-skiing resorts in Il' Alatau, Zhetysu Alatau, and Altai.