

А.К. Ибраимов^{1*}, А.К. Курбенова², О.Д. Сейтказинов³

¹ Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан

² Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

³ Международная образовательная корпорация, Алматы, Казахстан

Информация об авторах:

Ибраимов Аманбай Куаталиевич – кандидат технических наук, доцент, Академия логистики и транспорта, г. Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0001-9941-0824>, email: ibraimov_1964@mail.ru

Курбенова Асель Кожанебрдыновна – магистр технических наук, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Басенова, г. Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-6520-7497>, email: asik_k80@mail.ru

Сейтказинов Оразалы Дауткалиевич – кандидат технических наук, г. Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-4854-3747>, email: oseitkazinov@mail.ru

СНЕЖНЫЕ ЛАВИНЫ НА СЕРЕБРЯНСКОЙ ДИСТАНЦИИ ПУТИ

Аннотация. В настоящей статье приведены вероятности лавинообразования, возможные ущербы зависимости от объема лавины, объема снежных лавин, вида снежных лавин, угла склона, шероховатости склонов, высоты снежного покрова. Сделан анализ условий и факторов, сопровождающих такое стихийное бедствие, как снегопады и снежные заносы на железной дороге. Освещены эффективные способы борьбы со снеговыми заносами на железной дороге.

Ключевые слова: лавина, лавиноопасная опасность, объем лавины, вид лавины, угол наклона, шероховатость уклона, толщина снега.

Введение. Лавиноопасными называются участки, на которых вероятность образования лавин, представляющих опасность для человека или сооружения, превышает некоторый минимально допустимый уровень. Нелавиноопасными считаются участки возникновения очень мелких лавин, неспособных нанести ущерб или исключительно редко повторяющихся.

Гибель людей и разрушение сооружений (галерей, подпорных стен, сам железнодорожный путь) растет, притом быстро возрастает при увеличении объемов лавин.

Материалы и методы. При лавине объемом 100 м³ погибает 1-2%, объемом 500 м³ – 50%, и при объеме 1000 м³ – 70% людей.

Разрушительную силу лавин можно увидеть из таблицы 1.

Вероятность лавинообразования зависит от природных факторов, главные из которых – крутизна и шероховатость склона, высота снежного покрова.

Традиционно под лавиной понимают стремительную массу снега с пылевым облаком. Но лавина может быть в форме сдвига пласта, в форме снежной доски. Снежная доска – это научный гляциологический термин, который означает спрессованный верхний слой снега. И этот слой снега при определенных

условиях сдвигается по нижележащему, рыхлому. Снежная доска может переместиться на очень длинные расстояния – десятки, сотни метров.

Таблица 1 – Возможный ущерб в зависимости объема лавины

Размер, тип лавины	Возможный ущерб	Вертикальное падение	Объем м ³	Давление при ударе, Па
Небольшой осов	Безопасен	10	1-10	Менее 10 ³
Небольшая лавина	Засыпает, ранит или убивает человека	10-10 ²	10-10 ²	10 ³
Средняя лавина	Разрушает деревянное здание или автомашину	10 ²	10 ³ -10 ⁴	10 ⁴
Большая лавина	Разрушает поселок или уничтожает лес	10 ³	10 ⁵ -10 ⁶	10 ⁵
Экстремальная лавина	Выпахивает русло, уничтожает город	10 ³ -10 ⁴	10 ⁷ -10 ⁸	10 ⁵ -10 ⁶

Девяносто девять процентов случаев схода лавин уместаются в интервале 25-45 градусов крутизны склона.

На рисунке 1 показана зависимость условной вероятности лавинообразования на ровных травянистых склонах от угла склона [1].

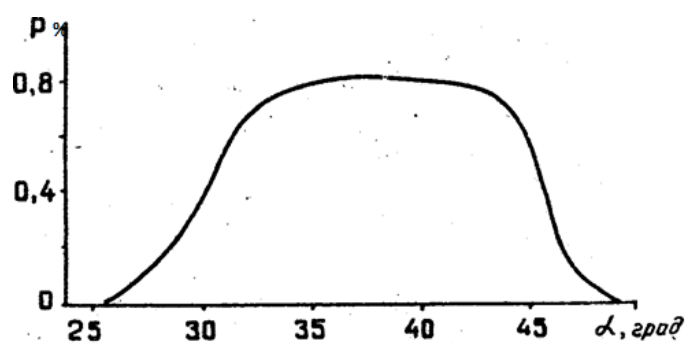


Рисунок 1 – Вероятность Р лавинообразования на склонах различной крутизны α при высоте снега 100 см

Если склон имеет крутизну менее 25°, то вероятность лавинообразования не превышает 0,1% в год. В интервале 25-30 она быстро нарастает, достигая максимума при 35°, и далее 45° остается высокой и постоянной. На склонах круче 45° вероятность лавинообразования резко падает, так как здесь снег не задерживается и снежный покров не образуется.

Таким образом, при самых благоприятных условиях вероятность лавинообразования на склонах положе 25° меньше 0,1% в год. Встречаются случаи схода лавин с более пологих склонов.

Эта величина существенно отличается от рекомендованной другими авторами [1] – 17°.

Вероятность лавинообразования может быть выше нуля уже при высоте снежного покрова 10 см. Это имело место в Заилиском Алатау в период с 2010

по 2017 годы. Они имели малые объемы, точечные отрывы, неопасны для человека или сооружений.

Как показано на рисунке 2, с увеличением высоты снега доля лавин активных склонов увеличивается.

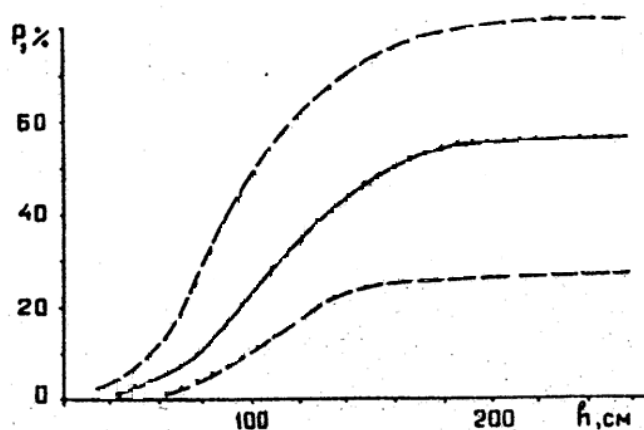


Рисунок 2 – Зависимость доли лавиноактивных склонов, участвующих в лавинообразовании P , от высоты снежного покрова h

Зависимость на рисунке показывает, что характерной особенностью ее является широкий разброс вероятности отрыва лавин от года к году при неизменной высоте снега. При высоте снежного покрова 80 см в лавинообразовании участвуют от 5 до 30%, лавиноактивных склонов, более 140 см – от 25 до 80%. Зависимость выявляет постоянство вероятности лавинообразования при высоте снега более 150 см. В этих условиях он равен в среднем 50% при среднеквадратическом отклонении – 15%.

Вероятность лавиносходов при глубоком снеге объясняется отсутствием горизонтов разрыхления на глубине более 200 см от верхней границы снежного слоя.

При такой толщине снега процессы разрыхления затухают за счет уплотнения снежного покрова за счет массы вышележащих слоев. Так в образовании лавин из снежных досок исключительную роль играют рыхлые прослойки, в лавинообразовании всегда участвует верхний слой (150-200 см) независимо от общей толщины снежного покрова.

Шероховатость подстилающей поверхности влияет на вероятность лавинообразования только до определенной толщины снега, необходимой для выравнивания неровностей. Этот лимит примерно равен характерной высоте неровностей.

Для сравнения, в случае шероховатости каменистого склона – 40 см, то вероятность лавинообразования на нем при слое снега 70 см будет пропорциональна вероятности лавинообразования на травянистом склоне с шероховатостью 10 см при высоте снега 40 см.

Сложнее наблюдать процесс появления лавин на склонах, покрытых кустарником и лесом.

Для склона поросшего кустарником, установлено, что для снятия влияния шероховатости необходимо скопление снега на нем высотой, 50-70% от высоты кустарников. Данная масса снега пригибает ветви кустарника, и на них уже не удерживаются слои снега.

Наличие хвойного леса еще не гарантия, исключая случаи схода лавин.

Допустим, высота деревьев равна 15-20 метрам, а снега от 6 до 8 метров, тогда лавины образуются между деревьями, а не под кронами.

На залесенных склонах сходят в основном лавины с точечным отрывом, а не с большой площадью (снежная доска). Площадь в 100 м² достаточна для появления лавин, имеющих энергию ломать деревья. Вначале снежный сход обтекает торчащие из снега верхушки деревьев, а потом, набирая скорость, ломает их.

Наблюдения за лавинами в Казахстане (Заилийский Алатау) показали, что их число в расчете на 1 км² склона круче 25 градусов на травянистых склонах в 10 раз больше, чем на заросших деревьями.

Используя вышеописанные вероятности образования лавин при различных высотах снега, крутизны склонов и типа подстилающей поверхности, можно составить таблицу (табл. 2), и найти вероятность схода лавин на любом склоне исследуемой территории, в нашем случае – Алтай [1].

Таблица 2 – Вероятность лавинообразования (%) в зависимости от состояния подстилающей поверхности, крутизны склона и высоты снега

Состояние подстилающей поверхности	Крутизна склона, град	Высота снега, см								
		10-30	30-70	70-100	100-150	150-200	200-250	250-300	300-500	Больше 500
Лед, фирн, трава, щебень	20-25	0,1	0,1	0,2	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	25-30	0,2	1,0	6,0	10	20	20	20	20	20
	30-45	1,0	3,0	20	35	55	55	55	55	55
Камни со средним поперечником 30-50 см, кустарник высотой 50-100 см	20-25	-	-	0,1	0,1	0,2	0,5	0,5	0,7	0,7
	25-30	-	0,1	0,2	1,0	6,0	10	10	20	20
	30-45	-	0,1	1,0	3,0	20	35	35	55	55
Деревья высотой 15-20 см с проективным покрытием более 70%	20-25	-	-	-	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5
	25-30	-	-	-	0,1	0,3	0,5	0,5	2,0	5,0
	30-45	-	-	0,1	0,5	1,0	2,0	2,0	10	20

Толщина снежного слоя, угол наклона склона, вид склона (травянистый, каменистый и т.д.), протяженность лавиноопасного участка, перегон и километр, на котором находится этот участок, по данной дистанции пути приведены в таблице 3 [3].

Таблица 3 – Характеристика лавиноопасных участков на Серебрянской дистанция пути

№ п/п	Перегон	КМ	Протяженность (м)	Ср. накопление снега (см.)	Вид косогора	Примечание
1	Ново-Усть-Каменогорск - Ермаковка	21, 22, 26, 27, 28, 30, 31, 33	400	0,7-1,2	скальный, каменный	Высота косогора от 15 до 25 метров, уклон от 45 до 85 градусов
2	Ермаковка - Огневка	41,49,58,60	200	0,5-1,1	скальный, каменный	Высота косогора от 20 до 125 метров, уклон от 35 до 75 градусов
3	Огневка - Серебрянка	71,72,73,74	250	0,8-1,3	скальный, каменный	Высота косогора от 10 до 75 метров, уклон от 30 до 90 градусов
4	Заводинка - Тургусун	144,146,147,157,158,161	320	1,5-2,0	скальный, каменный	Высота косогора от 15 до 75 метров, уклон от 25 до 85 градусов
5	Тургусун - Зыряновск	165,166	160	1,8-2,2	скальный, каменный	Высота косогора от 6 до 15 метров, уклон от 30 до 85 градусов

Согласно СНиП [2] лавиноопасные зоны подразделяются на пять районов:

1 – район со значительной лавинной опасностью. Лавины встречаются часто, сходят ежегодно;

2 – районы со средней лавинной опасностью. Сеть лавин разряжена, лавины сходят не ежегодно;

3 – районы со слабой лавинной опасностью. Лавины встречаются в отдельных местах, сходят в многоснежные зимы;

4 – районы с потенциальной лавинной опасностью (в настоящее время безопасные, но могут стать лавиноопасными при вырубке лесов, выемке грунта на склонах и т.п.);

5 – нелавиноопасные районы.

Серебрянская дистанция пути расположена в 1 районе по лавиноопасности. В том же СНиПе [2] Серебрянская дистанция имеет объем снегопереноса за зиму от 600 до 1000 м³/м.

В том же источнике [2] находим, что ст. Зыряновск и Уст-Каменогорск имеют максимальную из средних скоростей – 5,7 м/сек, что имеет 4 балл по шкале Бофорта, название ветра – умеренный.

Результаты и обсуждение. Железнодорожная ветка Оскемен-1 – Зыряновск проходит в очень сложном, по своему рельефу, районе Алтайских гор. Земляное полотно в плане ограничено с одной стороны водами Усть-

Каменогорской и Бухтарминской водохранилищ, а с другой стороны, крутыми склонами горных массивов, наличие которых создает определенную опасность для движения поездов, из-за наличия каменных обвалов, снежных лавин, селевых и оползневых сплывов. На протяжении 172 километров, имеется 367 кривых участков пути. На участке Серебрянской дистанции пути имеется большое количество искусственных сооружений. Из них металлических мостов – 16 штук, железобетонных мостов – 48 штук, тоннелей – 2 штуки, водопропускных труб – 168 штук, подпорных и улавливающих стен – 80 штук, действующих противообвальных галлерей – 12 штук, незаконченного строительства галлерей – 2 штуки [4], протяженностью 385м на 47км ПК1 – 75м, на 71км ПК 4 – 310м.

Выводы:

1. Необходимо продолжить исследования в этом направлении.
2. Продолжить инженерные мероприятия в дистанции пути: лавинопредупреждающие и лавинозащитные сооружения – строительство 2 галлерей и увеличить протяженность подпорных стен на 73 и 58,59,60 километрах протяженностью 300 м каждая. Также необходимо завершение недостроенных галлерей на 47км ПК1 – 75м, на 71км ПК 4 – 310м.
3. Усилить профилактические мероприятия – изыскательские работы, наблюдения за лавинами и их прогноз, искусственный спуск лавин.
4. Департаменту пути и сооружений АО «НК «ҚТЖ» ранжировать дистанции пути, учитывая их работу в зимний период. Увеличивать штаты, финансирование, поставлять современные снегоуборочные машины и т.д.
5. Где это возможно, необходимо облесение склонов, т.е. производство лесопосадок.
6. Требуется дальнейшее изучение о влиянии землетрясений и скорости ветра на сходы снежных лавин.

Литература:

1. Благовещенский В.П. Определение лавинных нагрузок. [1] – Алма-Ата: «Гылым», 1991. – 116 с.
2. СНиП 2.01-82. Строительная климатология и геофизика Госстрой СССР. – М.: «Стройиздат», 1983. – 136 с.
3. Ибраимов А.К., Рыстыгулов П.А. Типовые технологические карты на работы по снегоборьбе на магистральной железнодорожной сети [3] – Астана: АО НК ҚТЖ», 2019. – 311 с.
4. Материалы и анализ схода лавин по Серебрянской дистанции пути с 2013 по 2017 год [4].

References:

1. Blagoveshchenskiy V.P. Definition of avalanche loads. [1] – Alma-Ata: Galym, 1991. -116 p.
2. SNiP 2.01-82. Construction climatology and geophysics Gosstroy of the USSR. [2] - Moscow: Stroyizdat, 1983. -136 p.
3. Ibraimov A.K., Rystygulov P.A. Standard technological maps for snowmaking on the main railway network [3] - Astana: JSC NC KTZ", 2019– - 311 p.
4. Materials and analysis of avalanches along the Serebryanskaya distance of the path from 2013 to 2017 [4].

А.К. Ибраимов^{1*}, А.К. Курбенова², О.Д. Сейтказинов³

¹ Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан

² Қ.И.Сәтбаев ат. Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

³ Халықаралық білім беру корпорациясы, Алматы, Қазақстан

Авторлар туралы ақпарат:

Ибраимов Аманбай Куаталиевич - техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0001-9941-0824>, email: ibraimov_1964@mail.ru

Курбенова Асель Кожанебрдыновна - техникалық ғылымдар магистрі, К.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0002-6520-7497>, email: asik_k80@mail.ru

Сейтказинов Оразалы Дауткалиевич –техника ғылымдарының кандидаты, Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0002-4854-3747>, email: oseitkazinov@mail.ru

СЕРЕБРЯНСК ЖОЛЫНДАҒЫ ҚАР КӨШКІНІ

Аңдатпа. Бұл мақалада көшкіннің пайда болу ықтималдығы, көшкін көлеміне байланысты мүмкін болатын зиян, қар көшкінінің көлемі, қар көшкінінің түрі, көлбеу бұрышы, беткейлердің кедір-бұдырлығы, қар жамылғысының биіктігі көрсетілген. Темір жолдағы қар мен қар күркіреуі сияқты табиғи апатпен бірге жүретін жағдайлар мен факторларға талдау жасалды. Темір жолдағы қар құрсауымен күресудің тиімді тәсілдері баяндалды.

Түйін сөздер: қар көшкіні, көшкін қаупі, көшкін көлемі, көшкін түрі, еңістіктің бұрышы, еңістіктің кедір-бұдыры, қардың қалыңдығы

А.К. Ibraimov^{1*}, А.К. Kurbenova², О.Д. Seitkazinov³

¹ Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan

² Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan

³ International Educational Corporation, Almaty, Kazakhstan

Information about the authors:

Ibraimov Amanbai Kuatalievich - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0001-9941-0824>, email: ibraimov_1964@mail.ru

Kurbenova Asel Kozhebrdynovna - Master of Technical Sciences, Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0002-6520-7497>, email: asik_k80@mail.ru

Seitkazinov Orazaly Daukalievich – Candidate of Technical Sciences, International Educational Corporation, Almaty, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0002-4854-3747>, email: oseitkazinov@mail.ru

SNOW AVALANCHES ON THE SEREBRYANSKAYA DISTANCE OF THE WAY

Annotation. This article presents the probability of avalanche formation, possible damages depending on the volume of the avalanche, the volume of snow avalanches, the type of snow avalanches, slope angle, slope roughness, snow cover height. The analysis of conditions and factors accompanying such a natural disaster as snowfalls and snow drifts on the railway is made. Effective ways of dealing with snow drifts on the railway are highlighted.

Keywords: Avalanche, avalanche hazard, avalanche volume, avalanche type, slope angle, slope roughness, snow thickness.