

ОПАСНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ГИДРОСФЕРЕ:
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ИНЖЕНЕРНЫЕ АСПЕКТЫ
HAZARDOUS PROCESSES IN THE HYDROSPHERE:
FUNDAMENTAL AND ENGINEERING ASPECTS

УДК 551.311.21: 627.141.1

DOI: 10.34753/HS.2021.3.2.122

ЛАВИННЫЙ РИСК В
КАЗАХСТАНЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ
УРОВНЯХ ЛАВИННОЙ
ОПАСНОСТИ

В.П. Благовещенский, В.В. Жданов

*Институт географии и водной безопасности
МОН РК, г. Алматы, Республика Казахстан
Zhdanovvitaliy@yandex.kz*

AVALANCHE RISK IN
KAZAKHSTAN AT DIFFERENT
LEVELS OF AVALANCHE
DANGER

Victor P. Blagovechshenskiy,
Vitaly V. Zhdanov

*Institute of Geography and Water Security, Almaty,
Kazakhstan republic
Zhdanovvitaliy@yandex.kz*

Аннотация. Авторами проведен обзор несчастных случаев, связанных со снежными лавинами в Казахстане. Обработаны данные о жертвах и ущербе за период с 1951 по 2020 год. Целью исследования является анализ лавинных инцидентов и разработка рекомендаций по их предотвращению. Также рассмотрена связь несчастных случаев со степенью лавинной опасности в горных районах.

Всего за изученный период в Казахстане произошло 95 несчастных случаев, погибло 95 и пострадало 93 человека. Наибольшее количество лавинных инцидентов произошло в окрестностях города Алматы на территории Иле-Алатауского национального парка – 81%. Самые лавиноопасные месяцы: март – апрель (38 и 21% соответственно). Основные жертвы снежных лавин – любители экстремальных видов спорта. Большинство жертв сами спровоцировали сход лавин – 56% случаев.

Была изучена связь между уровнем лавинной опасности и лавинным риском. Для этого собраны данные о лавиноопасных ситуациях в районе снеголавинной станции «Шымбулак» за период наблюдений с 1978 по 2020 год. Классификация уровня лавинной опасности была проведена в соответствии с международной пятибалльной шкалой. В холодный период с

Abstract. A review was made of avalanche accidents in Kazakhstan. Data on casualties and damage processed for the period 1951–2020. The aim of the study is to analyze avalanche incidents and develop recommendations for their prevention. The relationship between accidents and the degree of avalanche danger in mountainous areas is also considered. In total, over the period studied, 95 accidents occurred in Kazakhstan, 95 people died and 93 people were injured. The largest number of avalanche incidents occurred in the vicinity of the city of Almaty on the territory of the Ile-Alatau National Park – 81%. The most avalanche months are March-April (38 and 21%, respectively). The main victims of avalanches are extreme sports enthusiasts. Most of the victims themselves provoked avalanches – 56% of cases.

The relationship between the level of avalanche danger and avalanche risk was studied. For this, data were collected on avalanche situations in the area of the Shymbulak avalanche station for the observation period 1978–2020. The classification of the level of avalanche danger was carried out in accordance with an international five-point scale. In the cold period from November to May, the second "yellow" hazard level prevails here – 56% of days. The extreme level of danger was noted only in 0.2% of days. Avalanche incidents with victims mainly occurred at the first

ноября по май преобладает второй «желтый» уровень опасности – 56% дней. Экстремальный уровень опасности отмечался только в 0,2% дней. Лавинные инциденты с жертвами преимущественно происходили при первом и втором уровнях лавинной опасности: 21 и 52% случаев. Материальный ущерб отмечался при четвертом и пятом уровнях лавинной опасности (43 и 29% случаев соответственно).

Анализ лавинных инцидентов позволяет сделать вывод: большинство жертв лавин – это любители экстремальных видов спорта, которые погибают в спровоцированных лавинах при низких уровнях лавинной опасности. Для профилактики таких несчастных случаев необходимо переходить от «Штормовых предупреждений» к вероятностным прогнозам с применением международной пятибалльной шкалы опасности. При низких уровнях опасности очень важно проводить профилактические мероприятия среди любителей экстремального спорта – лекции, семинары, обучающие курсы.

Ключевые слова: жертвы; лавинный риск; лавинная опасность; снежные лавины; статистика; ущерб.

Введение

Снежные лавины – очень распространенное явление в горных районах Казахстана. Их объемы могут достигать сотен тысяч кубических метров, а скорости превышать 100 км/час. Сход снежных лавин становится причиной человеческих жертв и материального ущерба. Лавинную опасность необходимо учитывать при ведении хозяйственной и рекреационной деятельности в горах. Анализ несчастных случаев необходим для организации защиты от снежных лавин. Правильно выбранные противолавинные мероприятия позволят уменьшить лавинный риск в будущем.

При оценке лавинной опасности используют несколько понятий: лавинная активность, лавинная опасность и лавинный риск [Greene et al., 2016]:

— Лавинная активность (Avalanche activity) – это частота схода снежных лавин на конкретной

and second levels of avalanche danger: 21 and 52% of cases. Material damage to objects was caused during the descent of catastrophic avalanches at the fourth and fifth levels of avalanche danger (43 and 29% of cases, respectively).

Analysis of avalanche incidents allows us to conclude that the majority of avalanche victims are extreme sports enthusiasts who die in provoked avalanches at low levels of avalanche danger. To prevent such accidents, it is necessary, instead of "Storm warnings", to switch to probabilistic forecasts using an international five-point danger scale. At low levels of danger, it is very important to carry out preventive measures among fans of extreme sports – lectures, seminars and training courses.

Keywords: avalanche risk; avalanche danger; victims; damage; snow avalanches; statistics.

территории в определенное время. Существуют трех- или четырехуровневые градации лавинной активности. В зонах с высокой лавинной активностью запрещается любая хозяйственная деятельность.

— Лавинная опасность (Avalanche danger) – это общее понятие, включающее сочетание вероятности схода лавины и ее разрушительного действия в данный момент времени. Она сильно зависит от погодных условий и резко меняется во времени. Для оценки уровня опасности широко применяются международная пятибалльная шкала, разработанная в Швейцарском институте изучения снега и лавин.

— Лавинный риск (Avalanche risk) – это вероятность жертв и ущерба вследствие схода снежных лавин. Лавинный риск в отличие от лавинной опасности должен включать социальный фактор от последствий схода лавин. Существует международная система разделения

риска на 3 уровня: приемлемый, повышенный и неприемлемый. В малонаселенных районах есть лавиноактивные территории с нулевым риском. В туристических районах даже при невысоком уровне лавинной опасности риск может быть неприемлемым.

Цель и задача исследований

Целью исследований является анализ лавинного риска и его зависимость от уровня опасности. Это необходимо для разработки и совершенствования методов защиты от снежных лавин. В ходе работы выполнялись две задачи. Во-первых, это анализ сведений о лавинных инцидентах: количество, причины и последствия (оценка риска). Во-вторых, выявление зависимости лавинного риска от уровня опасности.

Методы исследования

Для проведения исследований использовались различные методы математической статистики. Были рассчитаны основные статистические характеристики рядов наблюдений. Были проведены сбор и систематизация архивных сведений о сходе снежных лавин и их последствиях, а также о погодных условиях. Информация собиралась из различных источников: технические отчеты снеголавинных станций, публикации в СМИ¹, сайты Министерства по чрезвычайным ситуациям², федерации альпинизма и скалолазания³ и Казгидромета⁴. Собранные данные заносились в таблицы в программах Microsoft Excel и Statistica StatSoft.

Была проведена экспертная оценка уровней лавинной опасности в районе снеголавинной станции «Шымбулак». При этом применялась методика, рекомендованная специалистами из

Швейцарского института изучения снега и лавин (далее – SLF)⁵. Исторические сведения о сходе снежных лавин были разделены на периоды с различным уровнем лавинной опасности. Каждому периоду со сходом снежных лавин был присвоен уровень лавинной опасности по международной пятибалльной шкале. Для изучения этого опыта специалисты лаборатории природных опасностей участвовали в различных научно-практических и обучающих семинарах и лекториях [Благовещенский, Жданов, 2019; Медеу, Благовещенский, Жданов, 2021].

Метод экспертной оценки, разработанный в институте SLF, в настоящее время применяется при оценке и прогнозировании лавинной опасности по всему миру. Он подробно описан в руководствах лавинных ассоциаций [Observation Guidelines..., 2014; Greene et al., 2016]. Пятибалльная шкала лавинной опасности необходима для оценки текущей снеголавинной и метеорологической обстановки. При присвоении конкретного уровня опасности учитываются основные факторы лавинообразования – погодные условия и устойчивость снежного покрова на склонах. С увеличением уровня лавинной опасности растет вероятность схода крупных лавин и увеличивается риск для объектов и населения в лавиноопасной зоне.

Также был проведен анализ возможных ошибок при оценке уровня опасности. В работе снеголавинных станций многие наблюдения обладают значительными погрешностями. Они возникают из-за несовершенства методов измерений и недисциплинированности наблюдателей [Жданов, 2015]. При регистрации снежных лавин возможны ошибки в определении даты схода в 1–2 дня, а при визуальном определении объема лавин возможны ошибки в несколько раз. Ошибки при определении физико-

¹Новости Казахстана на сегодня, последние новости мира, законодательство [Электронный ресурс]. URL: <http://www.zakon.kz>. Дата обращения: 16.06.2021.

²Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/emer/press/article/1?lang=ru>. Дата обращения: 16.06.2021.

³Mountain.kz: Информационный портал Федерации Альпинизма и Скалолазания Республики Казахстан [Электронный ресурс]. URL: <https://mountain.kz/ru/>. Дата обращения: 16.06.2021.

⁴Казгидромет [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kazhydromet.kz/ru>. Дата обращения: 16.06.2021.

⁵European Avalanche Danger Scale [Электронный ресурс]. URL: <https://www.avalanches.org/education/avalanche-danger-scale/>. Дата обращения: 16.06.2021.

механических свойств снега могут достигать 30%. Экспертная оценка лавинной опасности по Швейцарской методике очень сильно зависит от опыта специалиста-лавищика. По данным института SLF разница в присвоении степени лавинной опасности от эталонных и региональных лавинных экспертов может достигать 20–25% [Techel, Schweizer, 2017].

Лавинный риск в Казахстане

За период с 1951 по 2020 год в горах Казахстана зарегистрировано 95 несчастных случаев с лавинами. Из них 64 случая были с жертвами (погибшие и пострадавшие), 25 случаев только с материальным ущербом и 6 случаев с жертвами и ущербом. Всего погибло 95 человек, еще 93 человека пострадало. Фотография проведения спасательных работ на месте схода снежной лавины в ущелье Киши Алматы 6 ноября 1990 года приведена на рисунке 1.

Информация о месте и времени происшествий приведена на рисунке 2. Большинство лавинных инцидентов происходили в марте – апреле. Это связано с тем, что в весенние

месяцы отмечается максимальное накопление снега на склонах гор, а из-за оттепели снег теряет устойчивость. Большое количество несчастных случаев в Иле Алатау связаны с большой популярностью этих гор у туристов. Этот район самый близкий к городу Алматы. Здесь расположены многие туристские объекты – каток «Медеу», горнолыжные курорты «Шымбулак» и «Акбулак», озеро Улкен Алматы. Для предотвращения несчастных случаев важно доводить лавинные предупреждения до заинтересованных организаций: администрации туристских объектов, клубы любителей зимних видов спорта.

Информация о причинах и последствиях сходов лавин приведена на рисунке 3. Большинство жертв снежных лавин сами спровоцировали их сход (56%). В лавины чаще всего попадают туристы, альпинисты и лыжники. Подобная статистика отмечается во всем мире. Большое количество лавинных инцидентов с материальным ущербом (24%) вызвано слабой распространенностью инженерных лавинозащитных сооружений.



Рисунок 1. Извлечение потерпевшего альпиниста из лавины. Бассейн реки Киши Алматы, ледник Туйыксу, 6 ноября 1990 года. Фото И.В. Кондрашова (из отчета снегомерной партии Управления гидрометслужбы КазССР).

Figure 1. Removing an injured climber from an avalanche. River basin Kishi Almaty, Tuyiksu glacier, November 6, 1990. Photo by Kondrashov I.V. from the report of the snow-avalanche party of the Department of the Hydrometeorological Service of the Kazakh SSR.

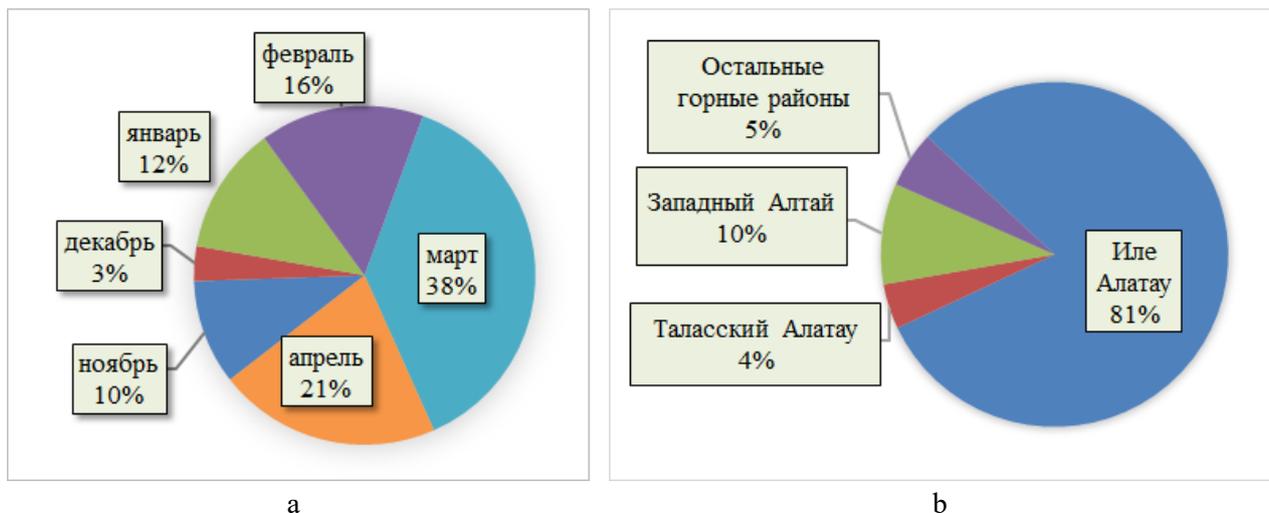


Рисунок 2. Распределение количества несчастных случаев по месяцам (а) и горным районам (б).
Figure 2. Distribution of the number of accidents by months (a) and mountainous regions (b).

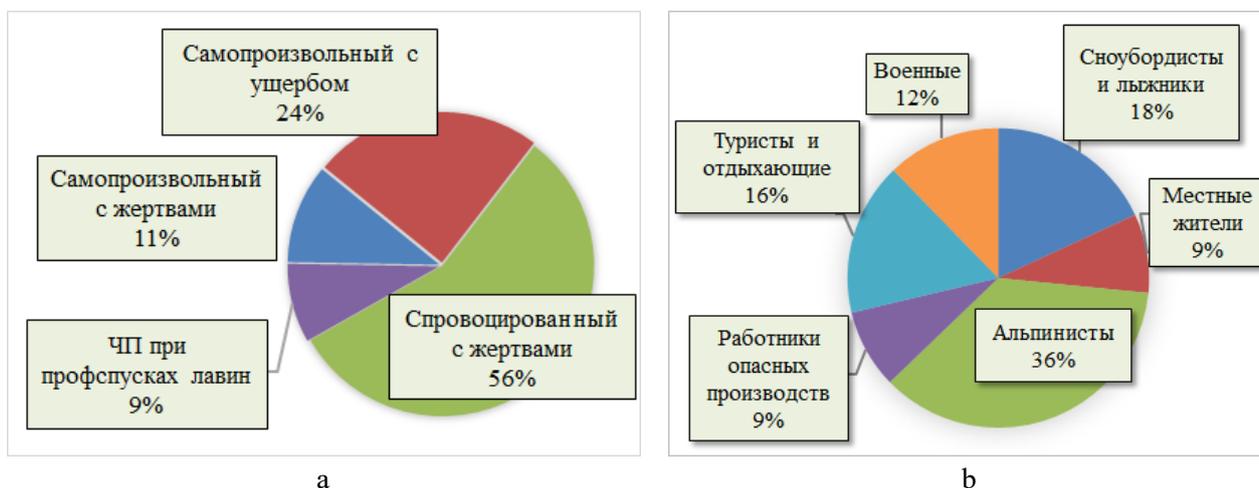


Рисунок 3. Распределение количества инцидентов по причинам и последствиям (а) и категориям жертв (б).

Figure 3. Distribution of the number of incidents by causes and consequences (a) and categories of victims (b).

Анализируя эти данные, можно выделить основные направления для развития защиты от снежных лавин:

- прогнозирование лавинной опасности для предотвращения несчастных случаев в самопроизвольных лавинах;
- строительство лавинозащитных инженерных сооружений для защиты объектов в лавиноопасных зонах;

— профилактические мероприятия для предотвращения несчастных случаев среди туристов в виде лекций и семинаров, установка на опасных участках предупреждающих знаков.

Во всем мире наблюдается рост количества несчастных случаев в лавинах среди туристов и любителей экстремального спорта. При этом количество жертв от лавин в зданиях падает [Schweizer et al., 2020]. Это связано с распространением инженерной защиты и ростом уровня знаний о лавиноопасных зонах.

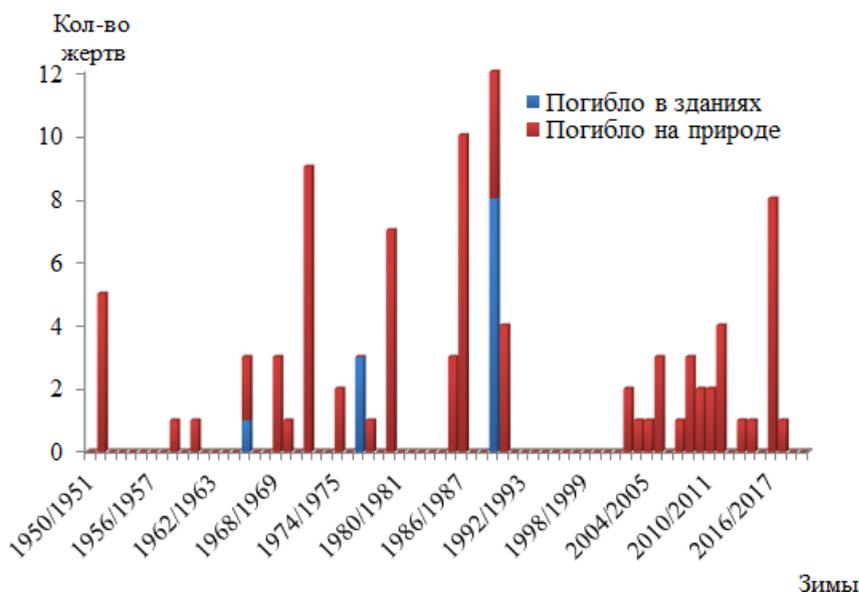


Рисунок 4. Количество погибших в лавинах в Казахстане за период с 1951 по 2020 год.

Figure 4. The number of deaths in avalanches in Kazakhstan for the period 1951–2020.

Данные о количестве погибших в снежных лавинах в Казахстане за период с 1951 по 2020 год приведены на рисунке 4. В Казахстане почти каждый год отмечаются лавинные инциденты с погибшими на открытой местности. Случаи с гибелью людей в зданиях отмечались только 2 раза за период наблюдений. В период экономического кризиса в 1990-е годы не зарегистрировано несчастных случаев, а с начала 2000-х годов с развитием туризма несчастные случаи регистрируются ежегодно. С развитием туристского кластера в горах Иле Алатау возникает необходимость в совершенствовании методов прогноза лавин и оповещения населения о лавинной опасности.

Оценка уровня опасности по международной шкале

В Казахстане прогнозы лавинной опасности составляются только для окрестностей города Алматы на снеголавинных станциях «Шымбулак» и «Озеро Улкен Алматы». Все предупреждения передаются в категорической форме «Лавиноопасно» без указания вероятности опасного явления. Существующая система прогноза и предупреждения о лавинной опасности обладает рядом недостатков. В настоящее время сход любой лавины начиная от

100 м³ считается стихийным гидрометеорологическим явлением и Казгидромет составляет «Штормовое предупреждение» [Практическое пособие..., 2005]. Поскольку ситуация не делится по степени опасности, то большое количество SMS-оповещений не вызывает доверия населения к прогнозам [Жданов, 2015]. Кроме того, большинство людей гибнет в спровоцированных лавинах, которые снеголавинная служба не прогнозирует.

В мировой практике для потребителей составляют вероятностные прогнозы с применением пятибалльной шкалы опасности. Шкала разработана в Швейцарском институте SLF и подробно описана на их сайте. Разделение степени опасности позволяет принять необходимые меры, адекватные существующей угрозе. При втором-третьем уровне опасности существует угроза только для лыжных и туристских групп. При четвертом-пятом уровне опасности существует угроза хозяйственным объектам.

В Институте географии и водной безопасности в течении нескольких лет проводится адаптация современных методов оценки и прогноза лавинной опасности для условий Казахстана. Для этого изучался мировой опыт и была разработана своя методика оценки на

основе международной пятибалльной шкалы опасности [Жданов, 2012; Жданов, 2019]. Суть метода заключается в классификации архивных сведений о лавиноопасных периодах в соответствии с международной шкалой опасности. Анализировались данные снеголавинной станции «Шымбулак» в бассейне реки Киши Алматы за период с 1978 по 2020 год. Было оценено количество дней с различной степенью лавинной опасности за лавиноопасный период с 1 ноября по 30 апреля.

Экспертная оценка проводилась в соответствии международной шкалой лавинной опасности. Экспертная оценка очень субъективный метод, поэтому для уменьшения ошибок оценку проводили два эксперта. Для анализа взяты суточные данные метеорологической площадки снеголавинной станции «Шымбулак». Поэтому архивные сведения классифицированы по пятибалльной шкале только в районе снеголавинной станции. При оценке уровня опасности использовались основные метеорологические параметры, измеряемые на снеголавинной станции: высота и водность старого снежного покрова, суточное количество выпавших осадков и их интенсивность, прирост снежного покрова за снегопад, максимальная и минимальная суточная температура воздуха. Для уточнения уровня опасности также используются архивные данные о сошедших снежных лавинах.

Зимой 2020–2021 годов проводился выпуск лавинного бюллетеня [Медеу, 2021]. В еженедельном бюллетене указывали текущий и ожидаемый уровень лавинной опасности, состояние снежного покрова на склонах и рекомендации для альпинистов, туристов и лыжников. Бюллетень публиковался в интернете на сайте Института географии и в телеграмм-канале ⁶. Эти рекомендации не отменяли, а уточняли «Штормовые предупреждения»

Казгидромета. Опыт, полученный при классификации архивных сведений, был использован для оценки текущей снеголавинной обстановки. Для помощи лавинным экспертам использовалось машинное обучение программы «Нейросимулятор 4.0». Обученная нейронная сеть помогала лавинным экспертам и уменьшала вероятность субъективной оценки уровня опасности. Точность оценки искусственной нейронной сети составила 71%, а лавинных экспертов 81%. Такое качество оценки сравнимо с результатами Швейцарских специалистов. По данным специалистов SLF разница в оценке уровня лавинной опасности локальных и эталонных экспертов может достигать 20–25% [Techel, Schweizer, 2017].

Связь лавинного риска с уровнем лавинной опасности

Для совершенствования методов борьбы с лавинами очень важно выявить связь между лавинной опасностью и лавинным риском. Для этого были проанализированы данные о лавинной опасности в районе снеголавинной станции «Шымбулак» за период наблюдений с 1978 по 2020 год. Распределение количества дней с различной степенью лавинной опасности приведено в таблице 1. В период ноябрь – январь преобладает первая степень лавинной опасности (сход лавин маловероятен), в период февраль – апрель – вторая степень лавинной опасности (возможность схода спровоцированных лавин). Периоды третьей степени лавинной опасности (сход мелких лавин) могут сохраняться по несколько дней подряд, всего 1–2 недели в год. Периоды четвертой степени лавинной опасности (массовый сход лавин) – явление редкое, наблюдающееся 2–5 дня за лавиноопасный сезон. Пятый уровень лавинной опасности со сходом катастрофических лавин отмечается реже 1 раза в 10 лет в экстремально снежные зимы.

⁶Снеголавинный бюллетень [Электронный ресурс] – Google Диск. URL: <https://drive.google.com/drive/folders/1Aa3QofePBNYCLM0fPAdezZy0UsBvCwOu>. 16.06.2021.

Дата обращения:

Таблица 1. Распределение количества дней с различным уровнем лавинной опасности в бассейне реки Киши Алматы за период наблюдений с 1978 по 2020 год.

Table 1. Distribution of the number of days with different levels of avalanche danger in the river basin Kishi Almaty river for the observation period 1978–2020.

Уровень лавинной опасности <i>Avalanche danger level</i>	Повторяемость <i>Repeatability</i>	
	Количество дней <i>Number of days</i>	Проценты от общего числа дней <i>Percentage of total days</i>
1 – низкий (<i>low</i>)	2401	36,6
2 – умеренный (<i>moderate</i>)	3573	54,4
3 – значительный (<i>considerable</i>)	488	7,4
4 – высокий (<i>high</i>)	94	1,4
5 – экстремальный (<i>extreme</i>)	12	0,2
Всего (<i>total</i>):	6568	100,0

Таблица 2. Распределение количества несчастных случаев при различном уровне лавинной опасности в бассейне реки Киши Алматы за период наблюдений с 1978 по 2020 год.

Table 2. Distribution of the number of accidents at different levels of avalanche danger in the river basin Kishi Almaty river for the observation period 1978–2020.

Уровень лавинной опасности <i>Avalanche danger level</i>	Инциденты только с погибшими и пострадавшими <i>Incidents only with the dead and injured</i>		Инциденты с материальным ущербом и пострадавшими <i>Incidents with property damage and casualties</i>	
	Число инцидентов <i>Number of incidents</i>	Процент <i>Percent</i>	Число инцидентов <i>Number of incidents</i>	Процент <i>Percent</i>
1 – низкий (<i>low</i>)	6	20,7	1	7,1
2 – умеренный (<i>moderate</i>)	14	51,7	2	14,3
3 – значительный (<i>considerable</i>)	4	13,8	1	7,1
4 – высокий (<i>high</i>)	4	13,8	6	42,9
5 – экстремальный (<i>extreme</i>)	0	0,0	5	28,6
Всего (<i>total</i>):	28	100,0	15	100,0

За изучаемый период с 1978 по 2020 год в бассейне реки Киши Алматы произошло 43 несчастных случая, погибло 42 и пострадало 36 человек. Информация о том при какой степени лавинной опасности происходили несчастные случаи приведена в таблице 2. Из анализа данных можно сделать вывод: гибель людей чаще всего происходит в спровоцированных лавинах небольших объемов при втором уровне лавинной опасности. Самопроизвольные крупные лавины наносят материальный ущерб при четвертом – пятом уровне лавинной опасности. Наличие

несчастных случаев при низком первом уровне лавинной опасности объясняется трудностью оценки лавинной опасности в гляциальной зоне Киши Алматы из-за недостатка данных метеорологических наблюдений.

Большинство инцидентов с жертвами происходило при первом и втором уровнях лавинной опасности. При четвертом – пятом уровне лавинной опасности сход крупных лавин наносил материальный ущерб. Это объясняется тем, что основной причиной схода крупных лавин являются неблагоприятные метеорологические

условия: сильные осадки, туманы, резкие изменения температуры воздуха. В это время большинство туристов предпочитает не ходить в горы. Люди чаще гибнут в небольших спровоцированных ими самими лавинах. Это отмечается в длительные периоды, когда снег залегают в неустойчивом состоянии. Полученные результаты сопоставимы с выводами специалистов из института SLF [Schweizer et al., 2020]. Большинство смертей среди туристов, лыжников и альпинистов в Швейцарии происходит при втором – третьем уровне лавинной опасности (34 и 47% случаев соответственно).

Исходя из международного опыта, в Казахстане необходимо внедрить вероятностный прогноз лавинной опасности. Проведение экстренного оповещения населения должно проводиться в случае высшего уровня опасности – массового схода лавин, угрожающих объектам в опасной зоне. При ожидающемся умеренном и значительном уровнях опасности необходимо проводить профилактические мероприятия среди заинтересованных организаций (горнолыжные, туристические и альпинистские организации).

Выводы

Максимальный лавинный риск отмечается в окрестностях города Алматы на территории Иле Алатауского национального парка. Самые лавиноопасные месяцы: март – апрель. Большинство жертв лавин – альпинисты, туристы, лыжники. Чаще всего люди гибнут в спровоцированных лавинах при втором «желтом» уровне лавинной опасности. Материальный

Благодарности

Авторы выражают благодарность сотрудникам снеголавинных станций «Казгидромет» и инструкторам федерации альпинизма Республики Казахстан за помощь в сборе информации. Статья написана по результатам исследований по проекту «Разработка метода прогноза снежных лавин в Иле Алатау с использованием методов искусственного интеллекта», финансируемому Комитетом науки Министерство образования и науки Республики Казахстан (Грант №AP09260155).

ущерб приносят катастрофические лавины, сходящие в многоснежные зимы при пятом «красно-черном» уровне лавинной опасности.

В Казахстане необходимо внедрить вероятностную форму прогноза лавин. Большое количество несбывшихся «Штормовых предупреждений» и лишних перекрытий автодорог вызывает недоверие населения к прогнозам лавинной опасности.

Для профилактики несчастных случаев в спровоцированных лавинах при втором-третьем уровне лавинной опасности необходимо проводить просветительскую работу среди туристов и любителей зимних видов спорта.

«Штормовые предупреждения» и закрытие туристских объектов необходимо проводить только при четвертом – пятом уровне лавинной опасности, когда существует угроза массового схода снежных лавин.

Самым эффективным способом защиты объектов в лавиноопасных зонах является инженерная защита, но из-за больших финансовых затрат она не очень распространена. Способом стимулирования строительства защитных сооружений может являться опыт Швейцарии: разрешение работы туристического объекта при четвертом уровне лавинной опасности, если на объекте имеются защитные сооружения.

Опыт, полученный в результате выпуска экспериментального снеголавинного бюллетеня, может быть применен в официальной снеголавинной службе для оповещения населения.

Acknowledgments

The authors expresses gratitude to the staff of the avalanche stations of the Kazakhstan hydro-meteor service and the instructors of the Mountaineering Federation of the Republic of Kazakhstan for their help in collecting information. The article was written based on the results of research on the project "Development of a method for forecasting snow avalanches in Ile Alatau using artificial intelligence methods", funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP09260155).

Литература

- Благовещенский В.П., Жданов В.В. Опыт оценки и прогноза лавинной опасности в Швейцарии // Гидрометеорология и экология. 2019. № 1 (92). С. 178–191.
- Жданов В.В. Анализ несчастных случаев, связанных с лавинами // Вопросы географии и геоэкологии. 2012. № 2. С. 26–30.
- Жданов В.В. Анализ ошибок снеголавинных наблюдений и прогнозов // Вопросы географии и геоэкологии. 2015. № 3. С. 52–55.
- Жданов В.В. Обзор несчастных случаев в Казахском альпинизме в 2004–2019 годах // Вопросы географии и геоэкологии. 2019. № 4. С. 73–79.
- Медеу А.Р., Благовещенский В.П., Жданов В.В. Инновационные технологии оценки и прогноза уровня лавинной опасности в горах Иле Алатау // Вестник КазНУ. Серия Географическая. 2021. №2 (61) 2021. С. 76–87. DOI: [10.26577/JGEM.2021.v61.i2.07](https://doi.org/10.26577/JGEM.2021.v61.i2.07).
- Практическое пособие по прогнозированию лавинной опасности в Казахстане / Сост. Е.И. Колесников. Алматы: РГП «Казгидромет», 2005. 262 с.
- Greene E., Birkeland K., Elder K., McCammon I., Staples M., Sharaf D. Snow, weather, and avalanches: Observation guidelines for avalanche programs in the United States. Victor: American Avalanche Association, 2016. 104 p.
- Observation Guidelines and Recording Standards for Weather, Snowpack and Avalanches. Revelstoke: Canadian Avalanche Association, 2014. 109 p.
- Schweizer J., Mitterer C., Techell F., Stoffell A., Reuter B. On the relation between avalanche occurrence and avalanche danger level / The Cryosphere. 2020. Vol. 14. Iss. 2. P. 737–750. DOI: [10.5194/tc-14-737-2020](https://doi.org/10.5194/tc-14-737-2020).
- Techell F., Schweizer J. On using local avalanche danger level estimates for regional forecast verification // Cold Regions Science and Technology. 2017. Vol. 144. Pp. 52–62. DOI: [10.1016/j.coldregions.2017.07.012](https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2017.07.012).

References

- Blagoveschenskiy V.P., Zhdanov V.V. Opyt ozenki i prognoza lavinnoy opasnosti v Shveyzarii [Experience of evaluation and forecast of avalanche danger in Switzerland]. *Gidrometeorologiya i ekologiya [Hydrometeorology and ecology]*, 2019, iss. 1, pp. 178–191. (In Russian; abstract in English).
- Greene E., Birkeland K., Elder K., McCammon I., Staples M., Sharaf D. *Snow, weather, and avalanches: Observation guidelines for avalanche programs in the United States*. Victor: American Avalanche Association, 2016. 104 p.
- Medeu A.R., Blagoveshchensky V.P., Zhdanov V.V. Innovatsionnye tekhnologii otsenki i prognoza urovnya lavinnoi opasnosti v gorakh Ile Alatau [Innovative technologies for assessing and forecasting the avalanche danger level in the Ile Alatau mountains]. *Vestnik KazNU. Seriya Geograficheskaya. [Journal of Geography and Environmental Management]*, 2021, vol. 61, iss. 2, pp. 76–87. (In Russian; abstract in English). DOI: [10.26577/JGEM.2021.v61.i2.07](https://doi.org/10.26577/JGEM.2021.v61.i2.07).
- Observation Guidelines and Recording Standards for Weather, Snowpack and Avalanches. Revelstoke: Canadian Avalanche Association, 2014. 109 p.
- Prakticheskoe posobie po prognozirovaniyu lavinnoi opasnosti v Kazakhstane [A Practical Guide to Avalanche Prediction in Kazakhstan]. E.I. Kolesnikov (ed.). Almaty, Publ. of Kazakhstan meteoservice, 2005. 262 p. (In Russian).
- Schweizer J., Mitterer C., Techell F., Stoffell A., Reuter B. On the relation between avalanche occurrence and avalanche danger level. *The Cryosphere*, 2020, vol. 14, iss. 2, pp. 737–750. DOI: [10.5194/tc-14-737-2020](https://doi.org/10.5194/tc-14-737-2020).
- Techell F., Schweizer J. On using local avalanche danger level estimates for regional forecast verification. *Cold Regions Science and Technology*, 2017, vol. 144, pp. 52–62. DOI: [10.1016/j.coldregions.2017.07.012](https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2017.07.012).
- Zhdanov V.V. Analiz neschastnykh sluchaev, svyazannykh s lavinami [Analysis of accidents associated with avalanches]. *Voprosy geografii i*

geoekologii [Issues of Geography and Geoecology], 2012, iss. 2, pp. 26–30. (In Russian; abstract in English).

Zhdanov V.V. Analiz oshibok snegolavinnykh nablyudenii i prognozov [Analysis of errors of avalanche observations and forecasts]. *Voprosy geografii i geoekologii [Issues of Geography and Geoecology]*, 2015, iss. 3, pp. 52–55. (In Russian; abstract in English).

Zhdanov V.V. Obzor neschastnykh sluchaev v Kazakhstanskom al'pinizme v 2004–2019 godakh [Review of accidents in the Kazakhstan mountain climbing in 2004-2019]. *Voprosy geografii i geoekologii [Issues of Geography and Geoecology]*, 2019, iss. 4, pp. 73–79. (In Russian; abstract in English).

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ОПАСНОСТИ В ГИДРОСФЕРЕ
ECOLOGICAL PROBLEMS AND HAZARDS IN THE HYDROSPHERE

УДК 556.114.001.24(282.247.326.2)

DOI: 10.34753/HS.2021.3.2.133

**ФОРМИРОВАНИЕ
ИЗМЕНЧИВОСТИ КАЧЕСТВА
СТОКА В ВЕРХОВЬЯХ РЕКИ
ЛУГИ В МЕЖГОДОВОМ И
КРАТКОСРОЧНОМ
МАСШТАБАХ ВРЕМЕНИ.
ЧАСТЬ 2. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ
ФОНОВЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ И
ВКЛАД КРАТКОСРОЧНЫХ
АНОМАЛИЙ В
ЗАГРЯЗНЁННОСТЬ ВОДЫ**

Э.А. Румянцева, Н.Н. Бобровицкая

*ФГБУ «Государственный гидрологический институт», г. Санкт Петербург, Россия
bobrovi@ggi.nw.ru*

**FORMATION OF VARIABILITY OF
FLOW QUALITY IN THE TOP OF
THE LUGA RIVER IN INTER-
ANNUAL AND SHORT-TERM
TIME. PART 2. GEOCHEMICAL
BACKGROUND
CONCENTRATIONS AND THE
CONTRIBUTION OF SHORT-TERM
ANOMALIES TO WATER
POLLUTION**El'vira A. Rumyantseva,
Nelly N. Bobrovitskaya

*Federal State Budgetary Institution "State
Hydrological Institute", St. Petersburg, Russia
bobrovi@ggi.nw.ru*

Аннотация. Задачей данной работы явилась оценка геохимических фоновых концентраций для двадцати химических компонентов и вклада их краткосрочных аномалий в загрязнённость воды в створе реки Луги – п.г.т. Толмачёво за период с 2000 по 2017 год. Для расчётов использовались данные гидрохимических наблюдений Северо-Западного УГМС и методика, разработанная в ФГБУ «Каспийский морской научно-исследовательский центр». Показано, что значения многолетнего геохимического фона для таких компонентов, как ХПК, $Fe_{\text{общ}}$, Mn^{2+} и Cu^{2+} выше, а для насыщения воды кислородом ниже предельно допустимых концентраций для рыбохозяйственного применения. В основе многолетнего формирования геохимического фона в пределах данной части речного бассейна лежат региональные особенности: сток реки и главного её притока реки Оредеж через болота, влияние питания реки грунтовыми водами и

Abstract. The objective of this work was a modern assessment at geochemical background concentrations of the twenty chemical components and the contribution of their short-term anomalies to water pollution in the Luga River section at Tolmachevo Urban Village from 2000 to 2017. For the calculations, the data of hydrochemical observations of the North-West Department of Hydrometeorology and Environmental Monitoring and the methodology developed at FSBI «Caspian Marine Research Center» were used. It has been shown that the values of the long-term geochemical background are higher for components such as COD, Fe_{total} , Mn^{2+} and Cu^{2+} and lower the maximum permissible concentrations for fisheries use for saturation of water with oxygen. The long-term formation of the geochemical background in this part of the river basin is based on regional features: the flow of the river and its main tributary, the Oredej River, through bogs, the influence of the river's recharge with groundwater and the high degree of