

## ТИПИЗАЦИЯ ЗИМ В ИЛЕ АЛАТАУ ПО СНЕЖНОСТИ И ЛАВИННОЙ АКТИВНОСТИ

В.В. Жданов<sup>1\*</sup> к.т.н., Н.У. Кужагельдина<sup>2,3</sup>, А.Н. Камалбекова<sup>1,3</sup>, Ұ.Р. Алдаберген<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Институт географии и водной безопасности РК, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup> РГП «Казгидромет», Астана, Казахстан

<sup>3</sup> Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

E-mail: zhdanovvitaliy@yandex.kz

Снежные лавины влияют на хозяйственную и рекреационную деятельность человека в горах. В отдельные лавиноактивные зимы они вызывают значительный ущерб и человеческие жертвы. В результате многолетних исследований было установлено, что сход лавин сильно зависит от метеорологических и синоптических условий каждой отдельной зимы. Основным показателем опасности текущего сезона являются суммарный и максимальный объемы сошедших лавин в конкретном речном бассейне. Он сильно зависит от высоты и водности снежного покрова и суммы выпавших осадков. Коэффициенты корреляции составляют 0,36...0,66. В отдельные лавиноопасные зимы (1965...66, 1986...87, 2016...17 гг.) в бассейне р. Киши Алматы суммарный объем лавин достигает 300...500 тыс. м<sup>3</sup>, а в нелавиноопасные зимы не превышает 20...30 тыс. м<sup>3</sup>. В годы минимальной солнечной и циклонической активности в изучаемом лавинном бассейне отмечаются наибольшие высоты снежного покрова и лавинная активность. Вероятно, это связано с тем, что зимние циклоны в холодные годы дают осадки в предгорных районах. А рост снежности и лавинной активности больше связан с весенним потеплением и началом снеготаяния. Изучение метеорологических условий лавинообразования помогает оценить потенциальную опасность текущего сезона. Это имеет практическое значение для планирования работы туристических объектов и оперативно-спасательных служб в горах.

**Ключевые слова:** лавинная активность, снежность, Иле Алатау, высота и водность снега, количество осадков, суммарный объем лавин

Поступила: 15.03.24

DOI: 10.54668/2789-6323-2024-112-1-89-99

### ВВЕДЕНИЕ

При описании снежных лавин часто используют несколько терминов. Под лавинной активностью подразумевают частоту схода снежных лавин. Разделяют активность территории и сезона года. Лавинной опасностью называют вероятность схода лавин в конкретный промежуток времени. Термин лавинная активность используют географы при описании района, а термин лавинная опасность используют инженера-лавиноводы при составлении прогнозов (Божинский, 1987).

Изучением лавинной активности гор Иле Алатау в 60...80 годы активно занимались сектор географии АН КазССР и лавинная партия Управления гидрометслужбы КазССР. Методическое руководство осуществлял Среднеазиатский гидрометеорологический

институт в г. Ташкент. Были начаты регулярные снеголавинные наблюдения на сети снеголавинных станций. По их результатам созданы карты лавинной активности территории и разработаны методы прогноза лавинной опасности (Северский, 1978; Северский 1990).

Однако в 90-е годы из-за экономического кризиса и распада СССР были упразднены многие снеголавинные подразделения. На 2 оставшихся снеголавинных станциях проводились упрощённые наблюдения, а изучением лавин стала заниматься только лаборатория природных опасностей Института географии. Поэтому при прогнозе и оценке схода лавин до сих пор используют методики и карты, созданные еще в XX веке (Кондрашов, 1991).

В связи с глобальными изменениями климата данные, собранные много лет назад

устаревают (Селиверстов, 2007). Также устаревают методы прогноза схода лавин, потому что социалистическая экономика поменялась на рыночную и потребителя не устраивают ошибки прогнозов и экономические потери. Тема изучения природных опасностей очень актуальна. На основе новых данных будут планироваться строительство рекреационных объектов (туристических, горнолыжных) и планироваться работа оперативно-спасательных служб.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для проведения исследований были обработаны климатические архивы РГП «Казгидромет». Собирались среднегодовые данные о высоте и водности снега, количестве осадков, температуре воздуха, суммарном и максимальных объемах сошедших лавин. Источником данных были технические отчеты снеголавинной станции «Шымбулак» (Технические отчеты СЛС «Шымбулак», 1966...2022 гг.), архивы АО «Институт географии и водной безопасности», материалы многолетних наблюдений за осадками и снежным покровом в горах (Боев, 1953...2022), материалы авторефератов диссертаций И.В. Северского и И.В. Кондрашова (Кондрашов, 1991). Анализировался период наблюдений с 1966 по 2022 годы (57 лет). Также были восстановлены данные за экстремальную зиму 1965...66 годы, когда регулярных наблюдений не было, но было обследование под руководством Северского И.В. (Северский, 1978; Северский 1990).

Для оценки взяты данные одной из старейших снеголавинных станций в Казахстане. Здесь начиная с 1966 года ведутся полноценные снеголавинные наблюдения и упрощенные метеорологические наблюдения. Климатические данные по температуре воздуха анализировались на станции Алматы, потому что на СЛС Шымбулак до 2000 года не велись полноценные метеонаблюдения, а в 2000 г. станция была объединена с МС «Усть-Горельник». Для анализа взят лавиноопасный период с ноября по апрель.

Для анализа данных применялся профессиональный статистический пакет

Statistica 13 от компании Statsoft (сайт Российского представительства фирмы Statsoft). Этот пакет позволяет проводить полный комплекс статистического анализа данных – расчет средних характеристик, анализ временных рядов, подбор закона распределения. Результаты автоматически сравниваются со статистическими таблицами и вычисляется вероятность ошибки расчётов (Боровиков, 2018).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### Показатели лавинной активности

Основным показателем лавинной активности региона или сезона года являются следующие параметры: суммарный и максимальный объемы сошедших лавин, количество лавин. Они вычисляются ежегодно по данным наблюдений на снеголавинных станциях. Среднестатистические показатели лавинной деятельности в бассейне р. Киши Алматы приведены в таблице 1. Из-за отличия рядов от нормального распределения среднее значение и медиана сильно отличаются. Так же отмечается значительная вариация значений год от года, что усложняет расчет точных среднемноголетних значений.

В среднем суммарный объем лавин в бассейне р. Киши Алматы составляет 142,7 тыс. м<sup>3</sup>, а средний максимальный объем лавин 31,6 тыс. м<sup>3</sup>. Абсолютный максимальный объем зарегистрированной лавины составляет 350 тыс. м<sup>3</sup> в марте 1965 г. Для сравнения на Кавказе и Сахалине регистрируются лавины, объемами до миллиона м<sup>3</sup> (Казаков, 2017). Но это районы с влажным морским климатом и количеством осадков несколько тысяч мм в год и высотой снега до 2..3 м. А Северный Тянь-Шань относится к районам с сухим внетриконтиентальным климатом, где количество осадков не превышает 1000 мм в год, а высота снега на склонах бывает в пределах 1 м.

Результаты проверки рядов наблюдений на однородность и нормальность приведены в таблице 2. Проверка с помощью критериев согласия Стьюдента показала, что все ряды принадлежат к одной однородной генеральной совокупности (Боровиков, 2018). Критерии оказались статистически значимыми на стандартном 5 % уровне значимости.

Однако, согласно многим исследователям распределение стихийных природных явлений не подчиняется нормальному закону распределения Гаусса. Оно подчиняется закону распределения Парето, характерному для редких, но крупных событий (Акимов, 2001; Владимиров, 2000). Проверка с помощью тестов Колмогорова-Смирнова (К-S) подтвердила закон распределения. Критерий К-S оказался статистически значимым на 10 % уровне значимости.

Это означает что для описания лавинной активности в этом случае рекомендуется использовать непараметрические величины. Математическое ожидание лучше всего описывает медиана, и она сильно отличается от среднего статистического значения. Можно сделать выводы, что срединным значением суммарного объема лавин будет медиана – 86 тыс. м<sup>3</sup>, а половина значений укладывается в межквартильный размах 142,2 тыс. м<sup>3</sup>.

Таблица 1  
Статистические характеристики показателей лавинной активности в бассейне реки Киши Алматы

| Статистические характеристики | Суммарный объем лавин, тыс м <sup>3</sup> | Максимальный объем лавин, тыс м <sup>3</sup> | Количество лавин |
|-------------------------------|---|--|------------------|
| Период наблюдений, годы       | 57  | 57   | 54               |
| Среднее                       | 142,7                                     | 31,6   | 43               |
| Медиана                       | 86,0                                      | 15,0   | 41               |
| Минимум                       | 0,2                                       | 0,2  | 2                |
| Максимум                      | 1300,0                                    | 350,0  | 103              |
| Дисперсия                     | 35225,8                                   | 2626,9                                       | 571              |
| Стандартное отклонение        | 187,7                                     | 51,3   | 24               |
| Коэфф. вариации               | 131,5                                     | 162,0  | 55               |
| Стандартная ошибка            | 24,9                                      | 6,8  | 3                |
| Нижний квартиль               | 49,4                                      | 10,0   | 26               |
| Верхний квартиль              | 191,6                                     | 30,0   | 57               |
| Межквартильный размах         | 142,2                                     | 20,0   | 31               |

Таблица 2  
Проверка однородности рядов наблюдений на СЛС «Шымбулак» с помощью статистических критериев согласия

|                                       | Критерий Стьюдента<br><i>t</i> | Ошибка расчёта<br><i>p-level</i> |
|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Суммарный объем – максимальный объем  | <u>5,74</u>                    | 0,0000                           |
| Суммарный объем – количество лавин    | <u>5,49</u>                    | 0,0000                           |
| Максимальный объем – количество лавин | <u>-3,80</u>                   | 0,0004                           |

\*Примечание: подчеркнутым шрифтом обозначены статистически значимые значения критерия согласия

### Межгодовая изменчивость лавинной активности

Анализ временного хода снежности и лавинной активности очень важен для планирования хозяйственной деятельности в горном регионе. Он был проведен в серии статей (Жданов, 2013; Медеу, 2022; Медеу, 2022). На рисунке 1 показан межгодовой ход основных показателей лавинной активности – суммарного объема лавин, водности снежного покрова и суммы выпавших осадков. Самые

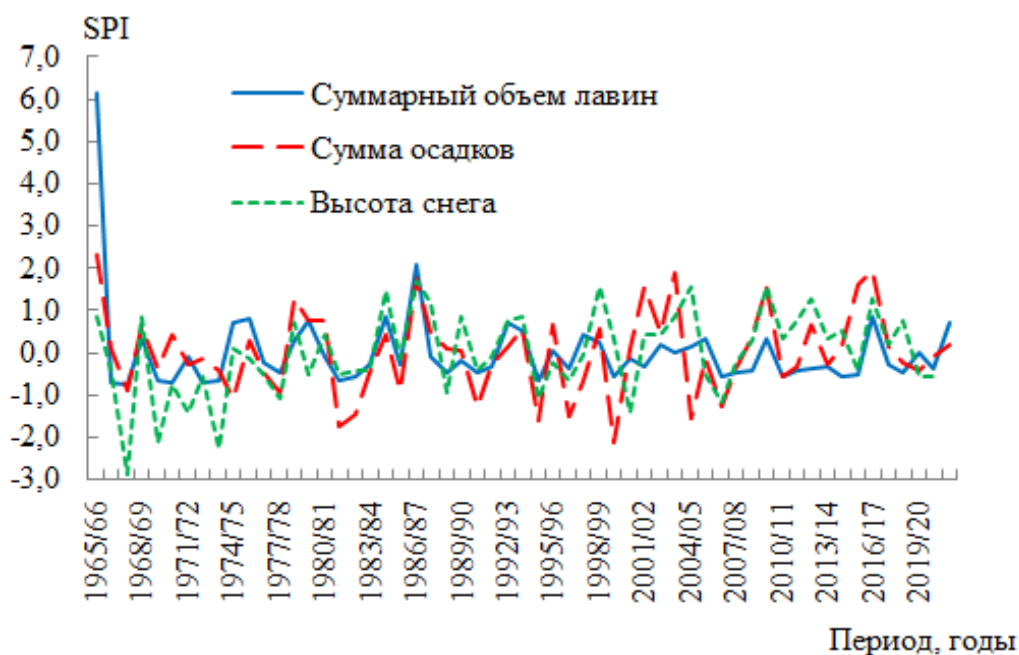
снежные и активные зимы это 1965...66, 1979...80, 1986...87, 2016...17, 2021...22 гг. Самые малоснежные и не лавиноактивные зимы были – 1967...68, 1970...71, 1994...95, 1999...00, 2010...11 гг. существует прямая зависимость – многоснежные зимы обычно самые лавиноактивные. Поэтому для долгосрочной оценки и прогноза лавинной активности сезона необходимо анализировать снежность и количество осадков.



**Рис. 1.** Межгодовая изменчивость количества осадков, водности снега (данные СЛС Шымбулак) и суммарного объема лавин в бассейне Киши Алматы

Важным показателем изменчивости климата являются индексированные (нормированные) величины. Индексы SPI показывают отношение к среднемноголетним значениям и используются климатологами по всему миру. Нормирование величин было автоматически проведено благодаря возможностям программы Statistica. Одновременный ход индексов осадков, высоты

снега и суммарного объема лавин по данным снеголавинной станции Шымбулак показаны на рисунке 2. В самые лавиноактивные зимы наблюдалось одновременное увеличение высоты снега и количества осадков в 1,5...2,0 выше многолетней нормы. Соответственно в зимы слабой лавинной активности отмечались снегозапасы и осадки ниже климатической нормы.



**Рис. 2.** Межгодовая изменчивость индексов (SPI) количества осадков ноябрь-апрель, средней высоты снега и суммарного объема лавин

### Связь лавинной активности и климатических параметров

Статистическая зависимость между лавинной активностью и климатическими параметрами была изучена с помощью расчетов коэффициентов корреляции. Так как ряды наблюдений отличаются от нормального распределения Гаусса была выбрана ранговая (непараметрическая) корреляция Спирмена. Большинство коэффициентов оказались статистически значимыми при уровне значимости ( $\alpha$ -level) 5 % и вероятности ошибки ( $p$ -level) = 0,05. Результаты расчетов показаны в

таблице 3. Нет подтверждения статистической зависимости только с количеством осадков на метеостанциях в апреле. Это связано с тем, что в это время регистрируется сход лавин в высокогорной ледниковой зоне, а на станциях, расположенных ниже по высоте уже отмечаются жидкие осадки. Количество осадков, высота и водность снежного покрова являются главными показателями снежности и потенциальной лавинной активности зимы (Пиманкина, 2013; Пиманкина, 2014; Коновалов, 2016).

Таблица 3

Статистическая зависимость (ранговая корреляция Спирмена) между лавинной активностью и основными метеорологическими параметрами

|  | Суммарный<br>объем лавин | Максимальный<br>объем лавин | Количество<br>лавин |
|--|--------------------------|-----------------------------|---------------------|
| Осадки (ноябрь-апрель) СЛС Шымбулак      | <u>0,50</u>              | <u>0,36</u>                 | <u>0,45</u>         |
| Осадки (ноябрь-апрель) МС Мынжылки       | <u>0,54</u>              | <u>0,38</u>                 | <u>0,41</u>         |
| Средняя высота снега СЛС Шымбулак        | <u>0,56</u>              | <u>0,34</u>                 | <u>0,64</u>         |
| Средняя водность снега СЛС Шымбулак      | <u>0,51</u>              | <u>0,31</u>                 | <u>0,62</u>         |
| Осадки за апрель МС Алматы               | 0,22                     | 0,18                        | 0,16                |
| Осадки за март МС Алматы                 | <u>0,41</u>              | <u>0,38</u>                 | 0,24                |
| Осадки за март СЛС Шымбулак              | <u>0,35</u>              | <u>0,35</u>                 | 0,09                |
| Осадки за апрель СЛС Шымбулак            | 0,14                     | 0,11                        | 0,18                |
| Осадки за март МС Мынжылки               | <u>0,40</u>              | <u>0,35</u>                 | 0,16                |
| Осадки за апрель МС Мынжылки             | 0,14                     | 0,21                        | 0,01                |
| Осадки (ноябрь-апрель) МС Алматы         | <u>0,51</u>              | <u>0,38</u>                 | <u>0,47</u>         |
| Максимальная высота снега СЛС Шымбулак   | <u>0,57</u>              | <u>0,32</u>                 | <u>0,61</u>         |
| Максимальная водность снега СЛС Шымбулак | <u>0,55</u>              | <u>0,33</u>                 | <u>0,66</u>         |

\*Примечание:  $p$ -level = 0,05;  $\alpha$ -level = 0,05;  $R_{critical}$  = 0,30

### Типизация зим по метеорологическим особенностям и лавинной активности

Для оценки лавинной активности сезона очень важно установить зависимости между основными метеорологическими факторами лавинообразования и непосредственно сходом снежных лавин. Подобные работы были проведены в МГУ для гор Кавказа (Олейников, 2000; Олейников, 2020; Куксова, 2021). Зимы были разбиты на 2 типа: многоснежные лавиноактивные, малоснежные нелавиноактивные. Подобную типизацию мы решили провести для бассейна реки Киши Алматы. Данные по

характеристикам зим приведены в таблице 4. Можно сделать выводы, что существует обратная зависимость – в годы минимальной солнечной и циклонической активности в изучаемом лавинном бассейне отмечаются наибольшие высоты снежного покрова и лавинная активность. Вероятно, это связано с тем, что зимние циклоны в холодные годы дают осадки в предгорных районах. А рост снежности и лавинной активности больше связан с весенним потеплением и началом снеготаяния.

Таблица 4  
 Типизация зим по снежности и лавинной активности по данным наблюдений в бассейне реки Киши Алматы

| Тип зимы                     | Сумм. объем лавин, тыс. м <sup>3</sup> | Макс объем лавин, тыс. м <sup>3</sup> | Ср. высота снега, см | Ср. водность снега, мм | Сумма осадков XI-IV, мм | Т в МС Алматы, С | Солн. активн. (Числа Вольфа) | Количество выходов циклонов |
|------------------------------|--|---------------------------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|------------------|------------------------------|-----------------------------|
| многоснежные лавиноактивные  | 545                                    | 55                                    | 58                   | 138                    | 450                     | 0,5              | 23                           | 16                          |
| малоснежные нелавиноактивные | 8                                      | 4                                     | 31                   | 64                     | 296                     | -0,2             | 82                           | 19                          |

**Описание самых лавиноактивных зим за период наблюдений 1966...2022 гг.**

Зима 1965...66 годов считается экстремально лавиноопасной за всю историю наблюдений. В это время не было стационарной снеголавинной станции и данные поступали от экспедиционных обследований, проводимых на Мало-Алматинском снегомерном маршруте. После поступления информации о сходе катастрофических лавин было проведено дополнительное обследование под руководством Северского И.В. (Северский, 1978). По его результатам был отмечен массовый сход катастрофических лавин, суммарным объемом больше 1 млн м<sup>3</sup> в бассейне р. Киши Алматы. Были разрушены помещения альпинистских и туристских баз, линии электропередач, пострадал старый каток «Медео». Погиб 1 человек, больших жертв не было поскольку ущелье было закрыто для подготовки бурово-взрывных работ на плотине Медео. Была зарегистрирована крупнейшая лавина, объемом 350 тыс. м<sup>3</sup>. После этой зимы было принято решение об открытии снеголавинных станций и строительстве защитных сооружений. По данным метеонаблюдений на склонах отмечались снегозапасы, превышающие средние многолетние значения (рис. 1...2). Причиной схода стали экстремальные снегопады в период 10...15 марта, когда выпало более 100 мм осадков.

Зима 1986...87 годов тоже была одной из самых лавиноактивных. Массовый сход лавин отмечался не только в Иле Алатау, но и

в других горных системах Советского Союза. В бассейне реки Киши Алматы суммарный объем сошедших лавин превысил 500 тыс. м<sup>3</sup>. В верховьях реки Бутаковка несколько катастрофических лавин образовали завалы, объемом более 700 тыс. м<sup>3</sup>. Был нанесен материальный ущерб туристическим и альпинистским базам, погибло несколько человек. Частично пострадали лавинозащитные сооружения, которые потом пришлось восстанавливать. Причиной схода стала многоснежная зима и значительные снегозапасы в горах.

Зима 2021...22 годов стала одной из самых лавиноактивных в XXI веке. Отмечался массовый сход катастрофических лавин во всем хребте Иле Алатау. В бассейне р. Киши Алматы разрушений не было, но был нанесен ущерб объектам в других ущельях. Пострадала горнолыжная база в ущелье Котырбулак. Зима отличалась крайне неравномерным распределением осадков и высот снега. В течении зимних месяцев высота снега составляла 40...60 % от средних многолетних значений. Однако в период 9...17 марта выпали экстремальные осадки (больше 60 мм) и высота снега на склонах на 20...40 % превысила нормы. Это спровоцировало массовый сход лавин, наибольшее количество из них отмечено в районе СЛС «Шымбулак». Суммарный объем лавин составил 343 тыс. м<sup>3</sup>, что в 2 раза превышает многолетнее значение, хотя в других ущельях подобного массового схода не было.

Зима 2022...23 годов тоже оказалась очень лавиноактивной. Хотя по количеству осадков и суммарному объему лавин она немного превышала многолетние значения. Однако были зарегистрированы сход катастрофических лавин, которые нанесли значительный ущерб и вызвали человеческие жертвы. Очередной раз была разрушена горнолыжная

база в ущелье Котырбулак, а в ущелье Турген из-за схода лавин были перекрыты дороги и много туристов остались в районе плато Ассы без помощи. На рисунке 3 приведены последствия схода лавины в районе снеголавинного поста «Турбаза Алматау» в ущелье Котырбулак (Отчет НИР, Медеу, 2023).



*Рис. 3. Последствия схода лавины 11.04.2023 г. в ущелье Котырбулак, где был нанесен ущерб горнолыжной базе «Пионер». Фото Жданова В.В.*

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Горы Иле Алатау относятся к регионам с сухим внутриконтинентальным климатом. В среднем за зиму количество осадков не превышает 300...400 мм, а высота снега на склонах 1 метра. Отмечаются лавины небольших и средних объемов, суммарный объем лавин за лавиноопасный сезон бывает в пределах 50...100 тыс. м<sup>3</sup>. Сход лавин активизируется в марте и апреле. Однако в отдельные многоснежные зимы количество осадков может превышать 500 мм, а высота снега 1,5...2,0 метра. В такие зимы может отмечаться массовый сход катастрофических лавин, а суммарный объем в ущелье Киши Алматы может превышать 1 млн м<sup>3</sup>.

Лавинная активность зимнего сезона тесно связана с высотой и водностью снежного покрова и количеством выпавших осадков. Отмечаются статистически значимые коэффи-

циенты корреляции между показателями снежности и лавинной активности. А самые лавиноопасные зимы приходятся на годы, когда осадки и высота снега превышали многолетние нормы.

В годы минимальной солнечной и циклонической активности в изучаемом лавинном бассейне отмечаются наибольшие высоты снежного покрова и лавинная активность. Вероятно, это связано с тем, что зимние циклоны в холодные годы дают осадки в предгорных районах. А рост снежности и лавинной активности больше связан с весенним потеплением и началом снеготаяния.

В целом лавинная активность тесно связана со снежностью каждого отдельного сезона. А оценка метеорологических условий сезона позволит запланировать будущую лавинную активность и работу оперативно-спасательных служб.

Авторы выражают благодарность сотрудникам снеголавинных подразделений филиала РГП «Казгидромет» по г. Алматы в сборе материала.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по теме «Научно-прикладное обоснование селе-оползне- и лавинобезопасности в горных районах Иле и Жетысу Алатау Республики Казахстан». Программно-целевое финансирование № BR21881982.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимов В., Новиков В., Радаев Н. Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски. – Москва: ЗАО ФИД «Деловой экспресс», 2001. – 324 с.
2. Боровиков В.П. Популярное введение в современный анализ данных и машинное обучение на Statistica. – Москва, Изд-во «Горячая линия – Телеком», 2018. – 354 с.
3. Божинский А.Н., Лосев К.С. Основы лавиноведения. – Ленинград, 1987. – 280 с.
4. Глазовская Т.Г., Трошкина Е.С. Влияние глобального изменения климата на лавинный режим на территории бывшего Советского Союза // МГИ. –1998. –№ 84. –С. 88–91.
5. Жданов В.В., Долгих С.А. Влияние основных метеорологических факторов на лавинную активность (на примере бассейна реки Киши Алматы) // Гидрометеорология и экология. –2013. –№ 1. –С. 7-16.
6. Kuksova N.E., Toropov P.A., Oleinikov A.D. Meteorological conditions of extreme avalanche formation in the Caucasus Mountains (according to observations and reanalysis) // Ice and Snow. –2021. – № 61 (3). –С. 377–390. [In Russian]. doi: 10.31857/S2076673421030095.
7. Кондрашов И.В. Прогноз лавин и некоторых характеристик снежности в горах Казахстана. –Ленинград: Гидрометеоздат, 1991. – 98 с.
8. Коновалов В.Г., Пиманкина Н.В. Пространственно-временное изменение составляющих водного баланса на северном склоне Заилийского Алатау. Лёд и Снег. – 2016. – 56(4). – С. 453-471. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2016-4-453-471>
9. Oleinikov A.D., Volodicheva N.A. Winters of avalanche maximum in the Greater Caucasus for the period of instrumental observations (1968–2016) // Ice and Snow. –2020. – № 60 (4). –С. 521–532. [In Russian]. doi:10.31857/S2076673420040057.
10. Олейников А.Д., Володичева Н.А., Бояршинов А.В. Снежность зим и лавинная деятельность на Большом Кавказе за период инструментальных наблюдений // МГИ. –2000. –Вып.88. –С. 74–83.
11. Отчет НИР «Разработать метод прогноза снежных лавин в Иле Алатау с использованием методов искусственного интеллекта». –Рук. Медеу А.Р. –Институт географии и водной безопасности, 2023. –40 с. –Инв. №. AP09260155
12. Материалы ежегодных наблюдений за снежным покровом и осадками в горах / под ред. Боева Ю.С. РГП «Казгидромет», 1953-2022 г.
13. Medeu A., Blagoveshchenskiy V., Gulyayeva T., Zhdanov V., Ranova S. Interannual Variability of Snowiness and Avalanche Activity in the Ile Alatau Ridge, Northern Tien Shan // Water. – № 14,

2022. – 2936. <https://doi.org/10.3390/w14182936>.
14. Medeu A. R., Blagoveshchenskiy V. P., Zhdanov V. V., and Ranova S. U. Application of Mathematical Statistics to Assess the Avalanche Danger Level in the Ile Alatau Mountains // Meteorologiya i Gidrologiya, 2022, №. 7, pp. 34–45. <https://doi.org/10.3103/S1068373922070056>
15. Пиманкина Н.В. Изменение климата и опасность сильных снегопадов и снеговых нагрузок в горах Казахстана // Гидрометеорология и экология. –№ 3. –2014. –С. 34-45.
16. Pimankina N., Kononova N.K., Yeriskovskaya L.A. Analysis of the influence of atmospheric circulation onto the fluctuations of the Tuyuksu Glacier mass balance (Ile Alatau mountains) // Abstract Proceedings. Davos Atmosphere and Cryosphere Assembly DACA-13. July 8-12, 2013. – P. 1116.
17. Селиверстов Ю.Г., Глазовская Т.Г., Шныпарков А.Л. Сценарий изменения лавинной деятельности на Европейской части России в XXI веке // Сб. докладов III Междунар. конф. Лавины и смежные вопросы. –Кировск, Россия, 4–8 сентября, 2006. –Кировск: ООО Апатит-Медиа Апатиты, 2007. –С. 201–207.
18. Северский И.В., Благовещенский В.П. Лавиноопасные районы Казахстана. – Алма-Ата: Изд-во «Наука», 1990. – 172 с.
19. Северский И.В. Снежные лавины Заилийского и Джунгарского Алатау. – Алма-Ата: Изд-во «Наука», 1978. – 255 с.
20. Сайт российского представительства фирмы StatSoft. URL: <http://www.StatSoft.ru> [Электрон. ресурс] (Дата обращения 30.01.2023).
21. Сборник трудов III международного симпозиума «Физика, химия и механика снега». Под ред. Казакова Н.А. –Южно-Сахалинск, 2017. –Ч. I-II. –158 с.
22. Технические отчеты СЛС «Шымбулак» за 1966-2022 гг. Составители: Кондрашов И.В., Тыналин О.Ж. Бумажный архив РГП «Казгидромет».
23. Управление риском. Риск, устойчивое развитие, синергетика / В.А. Владимиров, Г.Г. Малинецкий, А.В. Подлазов и др. – М.: Наука, 2000. – 432 с.

## REFERENCES

1. Akimov V., Novikov V., Radaev N. Prirodnye i tekhnogennye chrezvychainye situatsii: opasnosti, ugrozy, riski. – Moskva: ZAO FID «Delovoi ekspress», 2001. – 324.
2. Borovikov V.P. Populyarnoe vvedenie v sovremenniy analiz dannykh i mashinnoe obuchenie na Statistica. – Moskva, Izd-vo «Goryachaya liniya – Telekom», 2018. – 354 s.
3. Bozhinskii A.N., Losev K.S. Osnovy lavinovedeniya. – Leningrad, 1987. – 280 s.
4. Glazovskaya T.G., Troshkina E.S. Vliyanie global'nogo izmeneniya klimata na lavinnyi rezhim na territorii byvshego Sovetskogo Soyuz a // MGI. –1998. –№ 84. –S. 88–91.
5. Zhdanov V.V., Dolgikh S.A. Vliyanie osnovnykh meteorologicheskikh faktorov na lavinnuyu aktivnost' (na primere basseina reki Kishi Almaty) // Gidrometeorologiya i ekologiya. –2013. –№ 1. –S. 7-16.
6. Kuksova N.E., Toropov P.A., Oleinikov A.D. Meteorological conditions of extreme avalanche formation in the Caucasus Mountains (according to observations and reanalysis) // Ice and Snow. –2021. – № 61 (3). –S. 377–390. [In Russian]. doi: 10.31857/S2076673421030095.



7. Kondrashov I.V. Prognoz lavin i nekotorykh kharakteristik snezhnosti v gorakh Kazakhstana. –Leningrad: Gidrometeoizdat, 1991. – 98 s.
8. Konovalov V.G., Pimankina N.V. Prostranstvenno vremennoe izmenenie sostavlyayushchikh vodnogo balansa na severnom sklone Zailiiskogo Alatau. Led i Sneg. – 2016. – 56(4). – S. 453-471. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2016-4-453-471>
9. Oleinikov A.D., Volodicheva N.A. Winters of avalanche maximum in the Greater Caucasus for the period of instrumental observations (1968–2016) // Ice and Snow. –2020. – № 60 (4). –S. 521–532. [In Russian]. doi:10.31857/S2076673420040057.
10. Oleinikov A.D., Volodicheva N.A., Boyarshinov A.V. Snezhnost' zim i lavinnaya deyatel'nost' na Bol'shom Kavkaze za period instrumental'nykh nablyudenii // MGI. –2000. –Vyp.88. –S. 74–83.
11. Otchet NIR «Razrabotat' metod prognoza snezhnykh lavin v Ile Alatau s ispol'zovaniem metodov iskusstvennogo intellekta». –Ruk. Medeu A.R. –Institut geografii i vodnoi bezopasnosti, 2023. –40 s. –Inv. №. AP09260155
12. Materialy ezhegodnykh nablyudenii za snezhnym pokrovom i osadkami v gorakh / pod red. Boeva Yu.S. RGP «Kazgidromet», 1953-2022 gg.
13. Medeu A., Blagoveshchenskiy V., Gulyayeva T., Zhdanov V., Ranova S. Interannual Variability of Snowiness and Avalanche Activity in the Ile Alatau Ridge, Northern Tien Shan // Water. – № 14, 2022. – 2936. <https://doi.org/10.3390/w14182936>.
14. Medeu A. R., Blagoveshchenskiy V. P., Zhdanov V. V., and Ranova S. U. Application of Mathematical Statistics to Assess the Avalanche Danger Level in the Ile Alatau Mountains // Meteorologiya i Gidrologiya, 2022, №. 7, pp. 34–45. <https://doi:10.3103/S1068373922070056>
15. Pimankina N.V. Izmenenie klimata i opasnost' sil'nykh snegopadov i snegovykh nagruzok v gorakh Kazakhstana // Gidrometeorologiya i ekologiya. – № 3. – 2014. – S. 34-45.
16. Pimankina N., Kononova N.K., Yeriskovskaya L.A. Analysis of the influence of atmospheric circulation onto the fluctuations of the Tuyuksu Glacier mass balance (Ile Alatau mountains) // Abstract Proceedings. Davos Atmosphere and Cryosphere Assembly DACA-13. July 8-12, 2013. – P. 1116.
17. Seliverstov Yu.G., Glazovskaya T.G., Shnyarkov A.L. Stsenarii izmeneniya lavinnoi deyatel'nosti na Evropeiskoi chasti Rossii v XXI veke // Sb. dokladov III Mezhdunar. konf. «Laviny i smezhnye voprosy». –Kirovsk, Rossiya, 4–8 sentyabrya, 2006. –Kirovsk: OOO Apatit-Media Apatity, 2007. –С. 201–207.
18. Severskii I.V., Blagoveshchenskiy V.P. Lavinoopasnye raiony Kazakhstana. – Alma-Ata: Izd-vo «Nauka», 1990. – 172 s.
19. Severskii I.V. Snezhnye laviny Zailiiskogo i Dzhungarskogo Alatau. – Alma-Ata: Izd-vo «Nauka», 1978. – 255 s.
20. Cait rossiiskogo predstavitel'stva firmy StatSoft. URL: <http://www.StatSoft.ru> [Elektron. resurs] (Data obrashcheniya 30.01.2023).
21. Sbornik trudov III mezhdunarodnogo simpoziuma «Fizika, khimiya i mekhanika snega». Pod red. Kazakova N.A. –Yuzhno-Sakhalinsk, 2017. –Ch. I-II. –158 s.
22. Tekhnicheskie otchety SLS «Shymbulak» za 1966-2022 gg. Sostaviteli: Kondrashov I.V., Tynalin O.Zh. Bumazhnyi arkhiv RGP «Kazgidromet».
23. Upravlenie riskom. Risk, ustoichivoe razvitie, sinergetika / V.A. Vladimirov, G.G. Malinetskiy, A.V. Podlazov i dr. – M.: Nauka, 2000. – 432 s.

## ІЛЕ АЛАТАУЫНДАҒЫ ҚЫСТЫ ҚАР ЖАҒДАЙЫ ЖӘНЕ ҚАР КӨШКІНІ ӘРЕКЕТІ БОЙЫНША ТҮРЛЕРІ

В.В. Жданов<sup>1\*</sup> т.ғ.к., Н.У. Кузагельдина<sup>2,3</sup>, А.Н. Камалбекова<sup>1,3</sup>, Ұ.Р. Алдаберген<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Қазақстан Республикасының География және су қауіпсіздігі институты, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup> «Казгидромет» РМК, Астана, Қазақстан

<sup>3</sup> ал-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: zhdanovvitaliy@yandex.kz

Қар көшкіндері таудағы адамдардың шаруашылық және рекреациялық қызметіне әсер етеді. Кейбір қар көшкіні белсенді қыста олар айтарлықтай зиян келтіреді және адам өліміне әкеледі. Көптеген жылдар бойы жүргізілген зерттеулер нәтижесінде қар көшкіні әр қыстың метеорологиялық және синоптикалық жағдайларына қатты тәуелді екені анықталды. Ағымдағы маусымның қауіптілігінің негізгі көрсеткіші – белгілі бір өзен бассейніндегі қар көшкіндерінің жалпы және максималды көлемі. Ол қар жамылғысының биіктігі мен сулылығына және жауын-шашын мөлшеріне қатты байланысты. Корреляция коэффициенттері 0,36...0,66. Кейбір қар көшкіні қауіп бар қыста (1965...66, 1986...87, 2016...17) өзен алабында. Кіші Алматыда қар көшкінінің жалпы көлемі 300...500 мың м<sup>3</sup>-ге жетеді, ал көшкіні қауіпті емес қыста 20...30 мың м<sup>3</sup>-ден аспайды. Зерттелетін көшкін бассейнінде күн мен циклондық белсенділіктің ең аз болған жылдары қар жамылғысының ең жоғары биіктігі мен көшкін белсенділігі байқалады. Бұл қысқы циклондардың суық жылдарда тау етегіндегі аудандарда жауын-шашын болатындығына байланысты болса керек. Ал қардың жаууы мен қар көшкіні белсенділігінің артуы көктемгі жылынумен және қардың еруінің басталуымен көбірек байланысты. Қар көшкінін қалыптастырудың метеорологиялық жағдайларын зерттеу ағымдағы маусымның ықтимал қауіптілігін бағалауға көмектеседі. Бұл туристік орындардың жұмысын және таудағы жедел құтқару қызметтерін жоспарлау үшін практикалық маңызы бар.

**Түйін сөздер:** қар көшкіні белсенділігі, қардың мөлшері, Іле Алатауы, қардың биіктігі мен су мөлшері, жауын-шашын мөлшері, көшкіндердің жалпы көлемі

## TYPICATION OF WINTER IN ILE ALATAU BY SNOW CONDITION AND AVALANCHE ACTIVITY

V. Zhdanov<sup>1\*</sup> candidate of Technical Sciences, N. Kuzhageldina<sup>2,3</sup>, A. Kamalbekova<sup>1,3</sup>, U. Aldabergen<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Institute of Geography and Water Security of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup> RSE «Kazhydromet», Astana, Kazakhstan

<sup>3</sup> al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: zhdanovvitaliy@yandex.kz

Snow avalanches affect human economic and recreational activities in the mountains. In some avalanche-active winters, they cause significant damage and loss of life. As a result of many years of research, it was found that avalanches strongly depend on the meteorological and synoptic conditions of each individual winter. The main indicator of the danger of the current season is the total and maximum volumes of avalanches in a particular river basin. It strongly depends on the height and water content of the snow cover and the amount of precipitation. The correlation coefficients are 0.36...0.66. In some avalanche-prone winters (1965...66, 1986...87, 2016...17) in the river basin. In Kishi Almaty, the total volume of avalanches reaches 300...500 thousand m<sup>3</sup>, and in non-avalanche-hazardous winters it does not exceed 20...30 thousand m<sup>3</sup>. During the years of minimal solar and cyclonic activity in the studied avalanche basin, the highest snow cover heights and avalanche activity are observed. This is probably due to the fact that winter cyclones produce precipitation in the foothill areas in cold years. And the increase in snowfall and avalanche activity is more associated with spring warming and the beginning of snow melting. Studying the meteorological conditions of avalanche formation helps assess the potential danger of the current season. This is of practical importance for planning the work of tourist sites and operational rescue services in the mountains.

**Keywords:** avalanche activity, snow content, Ile Alatau, snow height and water content, precipitation amount, total volume of avalanches

### Сведения об авторах/Авторлар туралы мәліметтер/Information about authors:

**Жданов Виталий Владимирович** - кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории природных опасностей Института географии и водной безопасности, Алматы, ул. Пушкина, 99 к1, zhdanovvitaliy@yandex.kz

**Кузгагельдина Нурайлы Уралбековна** - PhD-докторант кафедры метеорологии и гидрологии Казахского национального университета имени аль-Фараби, ведущий научный сотрудник Управления метеорологических исследований и расчетов Научно-исследовательского центра РГП «Казгидромет», Астана, пр-т Мангилик ел, 11/1, kuzhageldina\_n@meteo.kz

**Камалбекова Айдана Нұрланқызы** - PhD-докторант кафедры географии, землеустройства и кадастра Казахского национального университета имени аль-Фараби, младший научный сотрудник лаборатории природных опасностей Института географии и водной безопасности МОН РК, Алматы, ул. Пушкина, 99 к1, aidana.kamalbekova@gmail.com

**Алдаберген Ұлжан Рахымбердіқызы** - PhD-докторант кафедры географии, землеустройства и кадастра Казахского национального университета имени аль-Фараби, младший научный сотрудник лаборатории природных опасностей Института географии и водной безопасности МОН РК. Алматы, ул. Пушкина, 99 к1, aldabergen\_u@mail.ru

**Жданов Виталий Владимирович** - техника ғылымдарының кандидаты, География және су қауіпсіздігі институтының табиғи қауіптер зертханасының аға ғылыми қызметкері. Алматы, к. Пушкин, 99 к1, zhdanovvitaliy@yandex.kz

**Кузгагельдина Нурайлы Уралбековна** - Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ Метеорология және гидрология кафедрасының PhD докторанты, «Казгидромет» РМК ҒЗО Метеорологиялық зерттеулер және есептеулер бөлімінің жетекші

ғылыми қызметкері, Астана қаласы, Мәңгілік Ел даңғылы, 11/1, kuzhageldina\_n@meteo.kz

**Камалбекова Айдана Нұрланқызы** - Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ география, жерге орналастыру және кадастр кафедрасының PhD докторанты, Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі География және су қауіпсіздігі институтының табиғи қауіптер зертханасының кіші ғылыми қызметкері. Алматы, к. Пушкин, 99 к1, aidana.kamalbekova@gmail.com

**Алдаберген Ұлжан Рахымбердіқызы** - Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ география, жерге орналастыру және кадастр кафедрасының PhD докторанты, Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі География және су қауіпсіздігі институтының табиғи қауіптер зертханасының кіші ғылыми қызметкері. Алматы, к. Пушкин, 99 к1, aldabergen\_u@mail.ru

**Zhdanov Vitaly** - Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher at the Natural Hazards Laboratory of the Institute of Geography and Water Security, Almaty, st. Pushkin, 99 k1, zhdanovvitaliy@yandex.kz

**Kuzhageldina Nuraily** - PhD doctoral student at the Department of Meteorology and Hydrology of the Al-Farabi Kazakh National University, leading researcher at the Department of Meteorological Research and Calculations of the Research Center of the RSE “Kazhydromet”. Astana, Mangilik Ave, 11/1, kuzhageldina\_n@meteo.kz

**Kamalbekova Aidana** - PhD doctoral student at the Department of Geography, Land Management and Cadastre of Al-Farabi Kazakh National University, junior researcher at the Laboratory of Natural Hazards at the Institute of Geography and Water Security of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan. Almaty, st. Pushkin, 99 k1, aidana.kamalbekova@gmail.com

**Aldabergen Ulzhan** - PhD doctoral student at the Department of Geography, Land Management and Cadastre of Al-Farabi Kazakh National University, junior researcher at the Laboratory of Natural Hazards at the Institute of Geography and Water Security of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan. Almaty, st. Pushkin, 99 k1, aldabergen\_u@mail.ru

#### **Вклад авторов/ Авторлардың қосқан үлесі/ Authors contribution**

**Жданов Виталий Владимирович** - разработка концепции, разработка методологии, создание программного обеспечения, проведение статистического анализа, проведение исследования, ресурсы

**Кужагельдина Нурайлы Уралбековна** - проведение статистического анализа, проведение исследования, подготовка и редактирование текста, визуализация

**Камалбекова Айдана Нұрланқызы** – проведение статистического анализа, проведение исследования, ресурсы

**Алдаберген Ұлжан Рахымбердіқызы** – проведение статистического анализа, проведение исследования, ресурсы

**Жданов Виталий Владимирович** - тұжырымдаманы әзірлеу, әдістемені әзірлеу, бағдарламалық жасақтама жасау, статистикалық талдау жүргізу, зерттеу жүргізу, ресурстар

**Кужагельдина Нурайлы Уралбековна** - статистикалық талдау жүргізу, зерттеу жүргізу, мәтінді дайындау және өңдеу, көрнекілік

**Камалбекова Айдана Нұрланқызы** - статистикалық талдау жүргізу, зерттеу жүргізу, ресурстар

**Алдаберген Ұлжан Рахымбердіқызы** – статистикалық талдау жүргізу, зерттеу жүргізу, ресурстар

**Zhdanov Vitaly** - concept development, methodology development, creating software, conducting statistical analysis, conducting a research , resources

**Kuzhageldina Nuraily** - conducting statistical analysis, conducting a research, preparing and editing the text, visualization

**Kamalbekova Aidana** - conducting statistical analysis, conducting a research, resources

**Aldabergen Ulzhan** - conducting statistical analysis, conducting a research, resources