

УДК 551.578.48 (235.216.2)

**К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ЛАВИННОЙ ОПАСНОСТИ  
В ЗАИЛИЙСКОМ АЛАТАУ**

Канд. геогр. наук Е. И. Колесников

Канд. геогр. наук Е. Е. Коченова

Е. В. Новикова

А. Н. Подстречный

*Предложена методика построения карт зонального распределения количества суток с лавинными ситуациями по данным измерений на наземных и аэровизуальных снегомерных маршрутах. Приведена карта количества суток с лавинными ситуациями в горах Заилийского Алатау, составленная на основе разработанной методики.*

Изучение характеристик лавинного режима и усовершенствование методики их картирования на основе использования информации о снежном покрове и метеорологическом режиме территории имеет важное значение для гидрологических прогнозов и перспективного рекреационного освоения горных территорий. Данная работа является продолжением исследования в этом направлении для Заилийского Алатау, начатого в [1].

Для исследования привлечены материалы наблюдений за 20 лет на снеголавинных станциях Чимбулак и Большое Алматинское Озеро, 38-летние ряды метеорологических наблюдений на горных станциях Усть-Горельник, Верхний Горельник, Большое Алматинское Озеро, Мынжилки, данные по маршрутным снегосъёмкам, в том числе схода лавин и аэровизуальных наблюдений за высотой снежного покрова по 80 дистанционным снегомерным рейкам, установленным в высокогорной зоне бассейнов рек Каскелен,

Проходная, Озерная, Талгар, Турген. Кроме того, использованы сведения о лавинах в особо лавиноактивные зимы (1965/1966, 1968/1969 гг.) и другие материалы.

Собранные данные о снежном покрове и лавинах относятся к диапазону высот 1200-3700 м над уровнем моря. Они позволяют достаточно достоверно оценить распределение снеготпасов и изменение характеристик лавинного режима по высотным зонам в различных бассейнах рассматриваемого региона. Для выявления связей характеристик лавинного режима с характеристиками снежного покрова и метеорологическими факторами в качестве эталонной была взята снеголавинная станция Большое Алматинское Озеро, как наиболее репрезентативная. В ее районе, в отличие, например, от бассейна Малой Алматинки, инженерные противолавинные сооружения отсутствуют, а профилактический сброс лавин производится эпизодически, поэтому лавинная деятельность здесь, в основном, близка к естественной.

Корреляционный анализ упомянутых связей показал, что наибольшее влияние на процесс лавинообразования оказывают максимальная водность ( $S_{\max}$ ) и максимальная высота ( $h_{\max}$ ) снежного покрова. Значения этих факторов и характеристик лавинного режима даны в табл.1. За 1950-1966 годы последние получены по связям с максимальной водностью снежного покрова, имеющим вид:

$$N_{\text{л}} = 0,11 S_{\max} - 2, \quad (1)$$

$$n_{\text{л}} = 0,25 S_{\max} - 8, \quad (2)$$

$$V = 1,80 S_{\max} - 38, \quad (3)$$

где  $N_{\text{л}}$  - число суток с лавинами;  $n_{\text{л}}$  - количество сошедших за зиму лавин;  $V$  - суммарный объем лавин, тыс.м<sup>3</sup>.

Следует пояснить характеристики лавинного режима  $N_{\text{л}}$  и  $n_{\text{л}}$ . Во - первых, в  $N_{\text{л}}$  включались все календарные сутки с естественным локальным или массовым сходом лавин в бассейне р.Большая Алма-

тинка независимо от высотной зоны лавинообразования. Во-вторых, характеристики  $N_{\text{л}}$  и  $n_{\text{л}}$  подсчитывались по 20 наиболее активным лавиносорам (в бассейнах рек Большая Алматинка и Проходная), сход лавин из которых непосредственно угрожает движению автотранспорта по автодорогам Алматы - Станция космических лучей и Алматы - Курорт Алма-Арасан. Эти лавиносоры репрезентативны для наиболее опасного среднегорного пояса (1600 - 3200 м) в данном регионе. Протяженность лавиноопасных участков на указанных трассах составляет около 15 км. Синхронный сход лавин во всех или в большинстве лавиносборов происходит редко - в особо многоснежные зимы и при исключительно обильных снегопадах. Поэтому в случаях, когда в течение зимы лавины сходили не во всех лавиносорбах,  $n_{\text{л}} < 20$  (см. табл.1). Если сход в некоторых лавиносорбах наблюдался несколько раз,  $n_{\text{л}} > 20$ .

Таблица 1

Максимальная декадная высота ( $h_{\text{max}}$ ) и максимальная водность ( $S_{\text{max}}$ ) снежного покрова по маршрутным снегосъемкам на метеорологической станции Большое Алматинское Озеро, количество суток с лавинами ( $N_{\text{л}}$ ), общее количество сошедших лавин ( $n_{\text{л}}$ ) и их суммарный объем ( $V$ ) в бассейне р.Большая Алматинка

| Год       | $S_{\text{max}}$ ,<br>мм | $h_{\text{max}}$ ,<br>см | $N_{\text{л}}$ ,<br>сут | $n_{\text{л}}$ | $V$ ,<br>тыс. м <sup>3</sup> |
|-----------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|----------------|------------------------------|
| 1950/1951 | 120                      | 57                       | 11                      | 22             | 106                          |
| 1951/1952 | 166                      | 85                       | 16                      | 34             | 161                          |
| 1952/1953 | 218                      | 68                       | 22                      | 47             | 223                          |
| 1953/1954 | 146                      | 68                       | 14                      | 29             | 137                          |
| 1954/1955 | 143                      | 72                       | 14                      | 28             | 133                          |
| 1955/1956 | 211                      | 78                       | 21                      | 45             | 215                          |
| 1956/1957 | 201                      | 81                       | 20                      | 43             | 203                          |
| 1957/1958 | 202                      | 87                       | 22                      | 43             | 204                          |
| 1958/1959 | 209                      | 95                       | 21                      | 45             | 213                          |
| 1959/1960 | 208                      | 80                       | 21                      | 44             | 211                          |

Продолжение табл.1

| Год       | $S_{\max}$ ,<br>мм | $h_{\max}$ ,<br>см | $N_{\text{л}}$ ,<br>сут. | $n_{\text{л}}$ | $V$ ,<br>тыс. м <sup>3</sup> |
|-----------|--------------------|--------------------|--------------------------|----------------|------------------------------|
| 1960/1961 | 122                | -                  | 11                       | 23             | 108                          |
| 1961/1962 | 84                 | 38                 | 7                        | 13             | 63                           |
| 1962/1963 | 92                 | 45                 | 8                        | 15             | 72                           |
| 1963/1964 | 176                | 84                 | 17                       | 36             | 173                          |
| 1964/1965 | 80                 | 38                 | 7                        | 12             | 58                           |
| 1965/1966 | 319                | 127                | 33                       | 72             | 345                          |
| 1966/1967 | 170                | 72                 | 15                       | 30             | 42                           |
| 1967/1968 | 70                 | 21                 | 3                        | 6              | 36                           |
| 1968/1969 | 297                | 99                 | 28                       | 64             | 248                          |
| 1969/1970 | 80                 | 39                 | 8                        | 21             | 158                          |
| 1970/1971 | 104                | 55                 | 11                       | 10             | 131                          |
| 1971/1972 | 126                | 55                 | 9                        | 12             | 226                          |
| 1972/1973 | 138                | 99                 | 10                       | 26             | 139                          |
| 1973/1974 | 78                 | 41                 | 6                        | 12             | 18                           |
| 1974/1975 | 167                | 70                 | 18                       | 26             | 225                          |
| 1975/1976 | 147                | 60                 | 9                        | 28             | 227                          |
| 1976/1977 | 120                | 66                 | 19                       | 28             | 38                           |
| 1977/1978 | 108                | 65                 | 9                        | 24             | 68                           |
| 1978/1979 | 149                | 95                 | 10                       | 18             | 69                           |
| 1979/1980 | 188                | 55                 | 9                        | 27             | 143                          |
| 1980/1981 | 183                | 96                 | 26                       | 82             | 201                          |
| 1981/1982 | 116                | 68                 | 15                       | 45             | 36                           |
| 1982/1983 | 117                | 64                 | 9                        | 18             | 56                           |
| 1983/1984 | 137                | 67                 | 13                       | 28             | 86                           |
| 1984/1985 | 238                | 145                | 33                       | 61             | 408                          |
| 1985/1986 | 172                | 115                | 22                       | 30             | 169                          |
| 1986/1987 | 240                | 160                | 36                       | 54             | 787                          |
| Среднее   | 158                | 79                 | 16                       | 34             | 166                          |

Более детально следует остановиться также на вопросе повторяемости лавин в различных высотных зонах. Известно, что степень лавинной активности зависит не только от заснеженности, но и от геоморфологических особенностей горной местности (крутизна склонов, тип мезо- и микроформ рельефа), а также от высоты падения лавин, геоботанических

условий лавинообразования (тип подстилающей поверхности и др.). Так, при возрастании относительного превышения и крутизны склонов количество лавин увеличивается. Учитывая это, по каталожным данным выявлены лавинные очаги с определенными морфометрическими характеристиками в бассейнах Малой и Большой Алматинок, являющихся во многом типичными для центральной части Зайлийского Алатау - междуречья рек Большая Алматинка и Есик (табл.2 и 3).

Таблица 2

Количество лавинных очагов с различной высотой падения лавин в бассейнах рек Большой и Малой Алматинок, %

| Высота падения лавин, м |         |         |         |         |         |         |         |         |          |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| <100                    | 101-200 | 201-300 | 301-400 | 401-500 | 501-600 | 601-700 | 701-800 | 801-900 | 901-1000 |

|      |                             |      |      |     |     |     |     |     |     |  |
|------|-----------------------------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
|      | Бассейн р.Большая Алматинка |      |      |     |     |     |     |     |     |  |
| 11,7 | 40,0                        | 5,7  | 11,8 | 5,9 | 2,0 | 1,6 | 0,7 | 0,4 | 0,2 |  |
|      | Бассейн р.Малая Алматинка   |      |      |     |     |     |     |     |     |  |
| 12,0 | 45,0                        | 23,3 | 10,0 | 4,9 | 3,0 | 1,6 | 0,3 | -   | -   |  |

Таблица 3

Количество лавинных очагов до нижней границы лавиноопасной зоны, %

| Высота нижней границы лавиноопасной зоны, м |      |      |      |      |       |
|---|------|------|------|------|-------|
| < 1500                                      | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | >3500 |

|     |                             |      |      |      |     |
|-----|-----------------------------|------|------|------|-----|
|     | Бассейн р.Большая Алматинка |      |      |      |     |
| 3,1 | 31,0                        | 21,7 | 13,5 | 25,4 | 5,3 |
|     | Бассейн р.Малая Алматинка   |      |      |      |     |
| 5,9 | 35,5                        | 26,5 | 20,0 | 11,6 | 0,5 |

Анализ приведенных данных показывает, что в обоих бассейнах количество лавинных очагов в различных высотных зонах и их крупность (особенно по высоте падения лавин  $\Delta H$ ) почти одинаковы. Около 80 % лавиносборов имеют средние размеры ( $\Delta H=200 - 400$  м) и около 90 % распределяются в диапазоне высот от 1500 до 3000 м. Гигантские лавиносборы, с высотой падения лавин 800-1000 м, т.е. с транзитом лавин через две высотные зоны, единичны.

Таким образом, в диапазоне высот 1500-3000 м в каждой 500-метровой высотной зоне доминируют средние лавиносборы с  $\Delta H=200-400$  м. Это означает, что весь лавинный процесс (отрыв, движение, остановка) происходит, в основном, в пределах одной высотной зоны. Учитывая большую тесноту связи между  $N_{л}$  и  $S_{max}$ , напрашивается вывод о том, что частота схода лавин в каждой высотной зоне зависит от величины снегозапасов. Отсюда, зная нормы снегозапасов в высотных зонах, можно рассчитать средние многолетние значения лавинных характеристик по всему диапазону высот.

Распределение снегозапасов в различных бассейнах Заилийского Алатау неодинаково, что доказано многими исследователями [2,4 и др.]. Наибольшие снегозапасы наблюдаются в центральной части хребта, а на периферии (в бассейнах рек Каскелен, Турген и др.) они значительно уменьшаются. Вместе с тем во всех бассейнах отмечается увеличение снегозапасов с повышением абсолютной высоты местности.

Анализ упомянутых материалов наземных и авиационных снегосъемок в бассейнах рек Заилийского Алатау показал, что зависимости водности снежного покрова от высоты местности в различных бассейнах этого региона можно обобщить (рис.1). Кривая 1 на рис.1 построена по данным 30-летних наземных снегосъемок на Тургенском маршруте [3], а также по величинам  $S_{max}$ , рассчитанным, исходя из аэровизуальных наблюдений за высотой снежного покрова в бассейнах рек Турген и Каскелен, на основе методики, приведенной в [2]. Кривая 2 получена по материалам наземных снегосъемок за 38-летний период

на Малоалматинском снегомерном маршруте, на метеорологических станциях Мынжилки, Верхний Горельник, Усть-Горельник, Большое Алматинское Озеро и дополненных данными авиаснегосъемок по дистанционным снегомерным рейкам, установленным в высокогорной зоне бассейнов рек Талгар, Озерной и Проходной.

Корреляционные отношения зависимостей (1) и (2) на рис.1 соответственно равны  $0,73 \pm 0,03$  и  $0,80 \pm 0,02$ . Описываются эти зависимости следующими выражениями:

$$S_{\max} = 0,08 H - 19, \quad (4)$$

$$S_{\max} = 0,07 H - 38, \quad (5)$$

где  $S_{\max}$  - максимальная водность снежного покрова, мм;  $H$  - высота местности над уровнем моря, м.

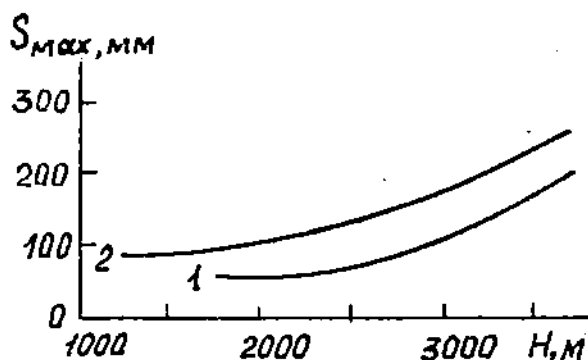


Рис.1.Обобщенные зависимости максимальных запасов воды в снеге ( $S_{\max}$ ) от высоты местности ( $H$ ) на северном склоне Заилийского Алатау:

1 - бассейны рек Каскелен и Турген; 2 - бассейны рек Проходная, Большая и Малая Алматинки, Талгар, Есик.

С помощью выражений (1), (4), (5) построена номограмма (рис.2) для зонального картирования величин  $N_d$ , по которой были определены высотные пределы распространения градаций  $N_d$  (табл.4). По

данным табл.4, на топографической основе, составлена карта-схема распределения средних многолетних значений  $N_L$  в Заилийском Алатау (рис.3). На ней показана лишь фоновая оценка  $N_L$  по зонам, без учета экспозиционных особенностей лавинного режима, однако она может быть полезна при изучении экологогеографических условий горной территории и разработке программы регионального природопользования.

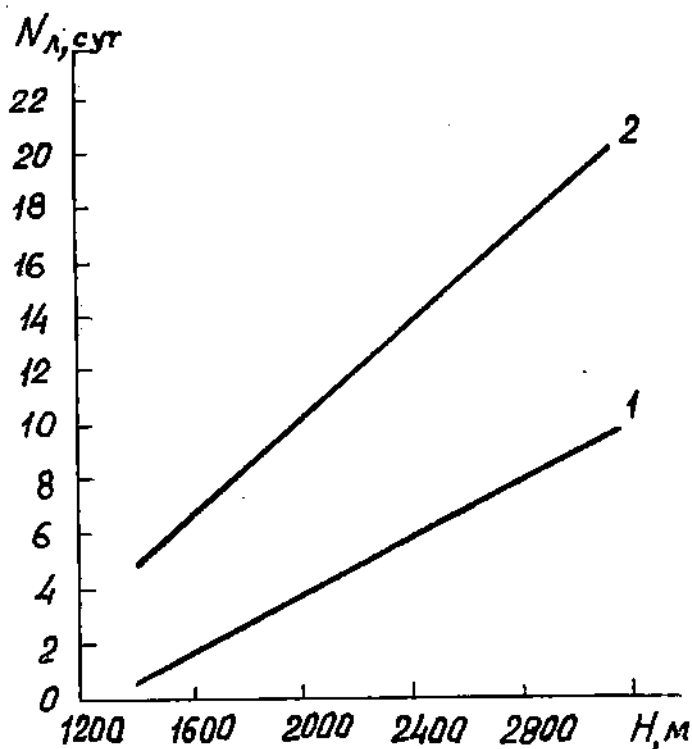


Рис.2. Номограмма для зонального картирования количества суток с лавинными ситуациями ( $N_L$ ):

1 - бассейны рек Каскелен и Турген; 2 - бассейны рек Проходная, Большая и Малая Алматинки, Талгар, Есик.

Уменьшение лавинной активности в периферийных частях региона (см. табл.4) подтверждается данными многолетних аэровизуальных наблюдений. За редким исключением при массовом сходе лавин в



центральной части хребта на периферии наблюдаются лишь локальные лавины, преимущественно в верхних зонах гор. Если же в центральной части сходят локальные лавины, то на периферии они вообще не обнаруживаются. Кроме того, наземные обследования лавин в особо лавиноактивные зимы (1965/1966, 1966/1967 гг.) показывают, что наиболее низкий предел распространения лавин также отмечается в центральной части хребта, в частности, в бассейне р.Талгар до 1100 - 1200 м. На периферии он значительно повышается.

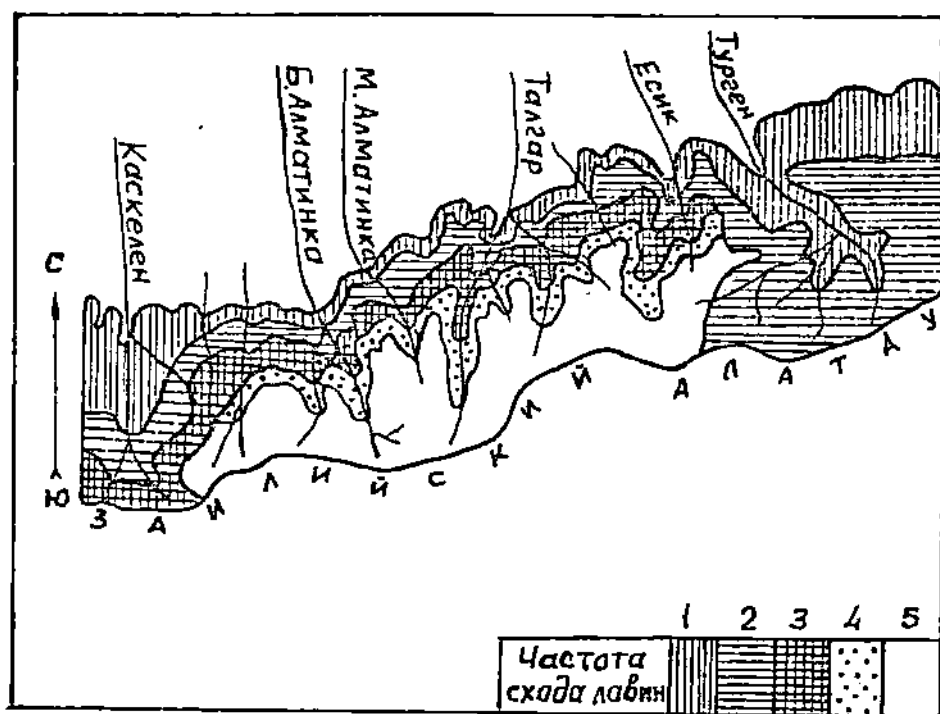


Рис.3. Карта-схема среднегодовое количество суток с лавинными ситуациями в Заилийском Алатау:

1 - 0-5 суток; 2 - 5-10 суток; 3 - 10-15 суток;  
4 - 15-20 суток; 5- более 20 суток.

Таблица 4

Распределение среднего многолетнего количества суток с лавинными ситуациями ( $N_{\text{л}}$ ) по высотным зонам на северном склоне Заилийского Алатау

| Градация $N_{\text{л}}$ ,<br>сут | Диапазон высот, м              |   |
|----------------------------------|--------------------------------|---|
|                                  | Бассейны рек Каскелен и Турген | Бассейны рек Проходная, Большая и Малая Алматинки, Талгар, Есик |
| 0 - 5                            | 1300 - 2300                    | 1200 - 1500   |
| 5 - 10                           | 2300 - 3200                    | 1500 - 2000   |
| 10 - 15                          | > 3200                         | 2000 - 2500   |
| 15 - 20                          |                                | 2500 - 3100   |
| > 20                             |                                | > 3100  |

Разработанную методику построения карт зонального распространения  $N_{\text{л}}$ , очевидно, можно использовать для малоизученных в лавинном отношении горных районов Казахстана (хр.Кетмень, Джунгарский Алатау и др.), где имеются высокогорные наземные и аэровизуальные снегомерные маршруты, а сами карты могут быть полезными для проектировщиков на стадии предварительной оценки лавинной активности в малоизученных горных районах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колесников Е.И., Подстречный А.Н. Лавинная активность Заилийского Алатау в 1965-1987 гг. // Материалы гляциологических исследований (хроника). - 1968. - Вып.64. - С.101-106.
2. Колесников Е.И., Подстречный А.Н. Закономерности вертикального распределения снегозапасов в течение зимнего периода в горных районах Казахстана // Тр. САНИИ Госкомгидромета. - 1987. - Вып.123 (204). - С.12-21.

3. Материалы анализа наблюдений за снежным покровом на высокогорных снегомерных маршрутах Казахстана / Казгидромет. - Алма-Ата: 1984. - 46 с.
4. Северский И.В. Снежные лавины Заилийского и Джунгарского Алатау. - Алма-Ата: Наука, 1978.- 225 с.

Бюро погоды Казгидромета  
Казмеханобр

### ІЛЕ АЛАТАУЫНДАҒЫ КӨШКІН ҚАУІПТІЛІГІНЕ БАҒА БЕРУ МӘСЕЛЕСЕРІ

Геогр. ф. канд. Е.И. Колесников  
Геогр. ф. канд. Е.Е. Коченова  
Е.В. Новикова  
А.Н. Подстречный

Аэровизуальды және жерде қар өлшеу бағыттарынан алынған мәліметтер бойынша қар көшкіні болатын тәуліктер мөлшерін картаға түсіру әдісі көрсетілген. Негізгі құрастырылып жасалған әдіс бойынша Іле Алатауында болатын қар көшкіндерінің тәуліктік мөлшері белгіленген карта келтірілген.