

УДК 556.164.048

**ИЗМЕНЕНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕК КАРАТАЛ, ЛЕПСЫ И АКСУ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДЕГРАДАЦИИ ГОРНОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ**

А.В. Линейцева

*Рассматривается изменение водных ресурсов рек северного склона Жетысуского Алатау в результате деградации горного оледенения в их бассейне. Показано, что при отсутствии оледенения сток рассматриваемых рек на выходе из гор сократится на 4...14 %, а суммарный сток – на 6 %.*

В настоящее время наиболее актуальным является вопрос об изменении статистических характеристик стока под влиянием деградации горного оледенения. За 50 лет с 1956 по 2005 год запас воды в ледниках северного склона Заилийского Алатау сократился на 41...43 %. Аналогичная тенденция наблюдается и в Жетысуском Алатау [2]. По прогнозам гляциологов, в последних десятилетиях текущего века ледники северного склона Заилийского Алатау практически полностью исчезнут [2, 3].

Как известно, информация о значениях элементов водного баланса в высокогорных зонах речных бассейнов ограничена и часто недостаточно достоверна. Имеется очень небольшое количество работ, в которых приводится достаточно надежная информация о значениях элементов водного баланса в бассейнах горных рек.

В табл. 1 представлены приведенные в этой работе сведения для определения изменения речного стока в бассейне реки Каратал. Используя эту информацию, попытаемся оценить изменение ресурсов стока горных рек в результате деградации горного оледенения в их бассейнах.

Таблица 1

Определение ледникового стока в бассейне реки Каратал (без учета р. Коксу)

| Диапазон, м | Средняя высота, м | F, км <sup>2</sup> | Годовые осадки |                     | Годовое испарение |                     | Ледниковый сток |                     |
|-------------|-------------------|--------------------|----------------|---------------------|-------------------|---------------------|-----------------|---------------------|
|             |                   |                    | мм             | млн. м <sup>3</sup> | мм                | млн. м <sup>3</sup> | мм              | млн. м <sup>3</sup> |
| 3900...4100 | 4000              | 0,10               | 700            | 0,07                | 48,5              | 0,005               | 651             | 0,07                |
| 3700...3900 | 3800              | 2,50               | 950            | 2,38                | 48,5              | 0,12                | 901             | 2,25                |
| 3500...3700 | 3600              | 15,4               | 1235           | 19,0                | 57,7              | 0,89                | 1177            | 18,1                |
| 3300...3500 | 3400              | 31,8               | 1520           | 48,3                | 68,2              | 2,17                | 1452            | 46,2                |
| 3100...3300 | 3200              | 23,0               | 1578           | 36,3                | 68,2              | 1,57                | 1510            | 34,7                |

| Диапазон, м | Средняя высота, м | F, км <sup>2</sup> | Годовые осадки |                     | Годовое испарение |                     | Ледниковый сток |                     |
|-------------|-------------------|--------------------|----------------|---------------------|-------------------|---------------------|-----------------|---------------------|
|             |                   |                    | мм             | млн. м <sup>3</sup> | мм                | млн. м <sup>3</sup> | мм              | млн. м <sup>3</sup> |
| 2900...3100 | 3000              | 3,70               | 1635           | 6,05                | 68,2              | 0,25                | 1567            | 5,80                |
| 2700...2900 | 2800              | 0,20               | 1585           | 0,32                | 68,2              | 0,01                | 1517            | 0,30                |
| Сумма       |                   | 76,7               | 9203           | 112                 | 428               | 5,02                | 8775            | 107                 |

Средний многолетний годовой сток с ледников в условиях стационарности горного оледенения может быть определен как разность зональных величин осадков, выпадающих на ледники, и испарение с их поверхности. Данные, приведенные в табл. 1, показывают, что средний многолетний объем осадков [4], выпадающих на ледниковую поверхность в бассейне р. Каратал, составляет 112 млн. м<sup>3</sup> в год, а величина ледникового стока 107 млн. м<sup>3</sup> в год.

Таблица 2

Определение ледникового стока в бассейне р. Коксу

| Диапазон, м | Средняя высота, м | F, км <sup>2</sup> | Годовые осадки |                     | Годовое испарение |                     | Ледниковый сток |                     |
|-------------|-------------------|--------------------|----------------|---------------------|-------------------|---------------------|-----------------|---------------------|
|             |                   |                    | мм             | млн. м <sup>3</sup> | мм                | млн. м <sup>3</sup> | мм              | млн. м <sup>3</sup> |
| 3900...4100 | 4000              | 2,20               | 600            | 1,32                | 56,5              | 0,12                | 544             | 1,20                |
| 3700...3900 | 3800              | 16,1               | 740            | 11,9                | 68,8              | 1,11                | 671             | 10,8                |
| 3500...3700 | 3600              | 48,4               | 885            | 42,8                | 77,2              | 3,74                | 808             | 39,1                |
| 3300...3500 | 3400              | 43,1               | 1030           | 44,4                | 83,6              | 3,60                | 946             | 40,8                |
| 3100...3300 | 3200              | 13,0               | 1075           | 14,0                | 83,6              | 1,09                | 991             | 12,9                |
| 2900...3100 | 3000              | 1,10               | 1120           | 1,23                | 83,6              | 0,09                | 1036            | 1,14                |
| 2700...2900 | 2800              | 0,10               | 1095           | 0,11                | 83,6              | 0,01                | 1011            | 0,10                |
| Сумма       | -                 | 124                | 5450           | 116                 | 453               | 9,75                | 4997            | 106                 |

Данные, приведенные в табл. 2, показывают, что средний многолетний объем осадков, выпадающих на ледниковую поверхность в бассейне р. Коксу, составляет 116 млн. м<sup>3</sup> в год, а величина ледникового стока 106 млн. м<sup>3</sup> в год.

В табл. 3 приведены сведения по определению стока с неледниковой поверхности в бассейне р. Каратал. Величина стока с неледниковой поверхности, приведенная в табл. 3 и 4 определялась как разность общего стока в высокогорной зоне рассматриваемых бассейнов и ледникового стока. Коэффициент стока с неледниковой поверхности определялся как отношение объема стока к объему осадков [4] с неледниковой поверхности.

В табл. 5 приведены результаты расчетов по определению сокращения ледникового стока в бассейне р. Каратал.

Таблица 3

Определение стока с неледниковой поверхности в бассейне р. Каратал

| Высотный интервал, м | F <sub>олед.</sub> , км <sup>2</sup> | Годовые осадки |                     | Сток с неледниковой поверхности |                     | Коэффициент стока с неледниковой поверхности |
|----------------------|--------------------------------------|----------------|---------------------|---------------------------------|---------------------|--|
|                      |                                      | мм             | млн. м <sup>3</sup> | мм                              | млн. м <sup>3</sup> |  |
| 3800...4200          | 2,60                                 | 1650           | 2,40                | 1189                            | 1,76                | 0,72   |
| 3400...3800          | 47,2                                 | 2755           | 67,4                | 1761                            | 43,1                | 0,64   |
| 3000...3400          | 23,0                                 | 1578           | 36,3                | 730                             | 16,8                | 0,46   |
| 2600...3000          | 3,90                                 | 3220           | 6,37                | 1481                            | 2,93                | 0,46   |
| Сумма                | 76,7                                 | 9203           | 112                 | 5161                            | 64,5                | 0,57   |

Таблица 4

Определение стока с неледниковой поверхности в бассейне р. Коксу

| Высотный интервал, м | F <sub>олед.</sub> , км <sup>2</sup> | Годовые осадки |                     | Сток с неледниковой поверхности |                     | Коэффициент стока с неледниковой поверхности |
|----------------------|--------------------------------------|----------------|---------------------|---------------------------------|---------------------|--|
|                      |                                      | мм             | млн. м <sup>3</sup> | мм                              | млн. м <sup>3</sup> |  |
| 3800...4200          | 18,3                                 | 1340           | 13,2                | 965                             | 9,53                | 0,72   |
| 3400...3800          | 91,5                                 | 1915           | 87,2                | 1224                            | 55,8                | 0,64   |
| 3000...3400          | 14,1                                 | 2195           | 15,2                | 1015                            | 7,04                | 0,46   |
| 2600...3000          | 0,10                                 | 1095           | 0,11                | 504                             | 0,05                | 0,46   |
| Сумма                | 124                                  | 9203           | 112                 | 3709                            | 72,4                | 0,40   |

Таблица 5

Определение сокращения ледникового стока в бассейне р. Каратал в результате деградации горного оледенения

| Высотный интервал, м | Площадь оледенения, км <sup>2</sup> | Объем осадков с ледниковой поверхности, млн. м <sup>3</sup> | Объем ледникового стока, млн. м <sup>3</sup> | Коэффициент стока с неледниковой поверхности | Сток с ледниковой поверхности после исчезновения ледников, млн. м <sup>3</sup> | Сокращение стока, млн. м <sup>3</sup> |
|----------------------|-------------------------------------|---|--|--|--|---------------------------------------|
| 3800...4200          | 2,60                                | 2,45  | 2,32   | 0,72   | 0,56   | 1,76                                  |
| 3400...3800          | 47,2                                | 67,4  | 64,3   | 0,64   | 21,2   | 43,1                                  |
| 3000...3400          | 23,0                                | 36,3  | 34,7   | 0,46   | 17,9   | 16,8                                  |
| 2600...3000          | 3,90                                | 6,37  | 6,10   | 0,46   | 3,17   | 2,93                                  |
| Сумма                | 76,7                                | 112   | 107  | 0,57   | 42,9   | 64,5                                  |

Сток с площади оледенения после освобождения от ледников определялся как произведение объема осадков на коэффициент стока с неледниковой поверхности. Отняв эту величину от значений ледникового стока можно получить оценку сокращения стока в результате деградации горного оледенения в рассматриваемом бассейне. Она составляет 64,5 млн. м<sup>3</sup> в год или 559 тыс. м<sup>3</sup> на 1 км<sup>2</sup> площади оледенения. По отно-

шению к среднему многолетнему стоку в замыкающем створе р. Каратал – п. Каратал, это отношение составляет 5,4 %.

В табл. 6 приведены сведения о сокращении стока в бассейнах р. Коксу в результате деградации горного оледенения.

Таблица 6

Определение сокращения ледникового стока в бассейне р. Коксу в результате деградации горного оледенения

| Высотный интервал, м | Площадь оледенения, км <sup>2</sup> | Объем осадков с ледниковой поверхности, млн. м <sup>3</sup> | Объем ледникового стока, млн.м <sup>3</sup> | Коэффициент стока с неледниковой поверхности | Сток с ледниковой поверхности после исчезновения ледников, млн.м <sup>3</sup> | Сокращение стока млн.м <sup>3</sup> |
|----------------------|-------------------------------------|---|---|--|---|-------------------------------------|
| 3800...4200          | 18,3                                | 13,2  | 12,0  | 0,72   | 2,47  | 9,53                                |
| 3400...3800          | 91,5                                | 87,2  | 79,9  | 0,64   | 24,1  | 55,8                                |
| 3000...3400          | 14,1                                | 15,2  | 14,0  | 0,46   | 6,99  | 7,04                                |
| 2600...3000          | 0,10                                | 0,11  | 0,10  | 0,46   | 0,05  | 0,05                                |
| Сумма                | 124                                 | 116   | 106   | 0,40   | 33,6  | 72,4                                |

Сокращение стока составляет 72,4 млн. м<sup>3</sup> в год или 271 тыс. м<sup>3</sup> на 1 км<sup>2</sup> площади оледенения. По отношению к среднему многолетнему стоку в замыкающем створе р. Коксу – с. Коксу, это отношение составляет 3,2 %.

Коэффициент стока с неледниковой поверхности для бассейнов рек Лепси и Аксу принимался по аналогии с коэффициентом стока, определенным в бассейне реки Улкен Алматы, расположенной в центральной части северного склона Заилейского Алатау.

Сокращение стока составляет 88,5 млн. м<sup>3</sup> в год или 467 тыс. м<sup>3</sup> на 1 км<sup>2</sup> площади оледенения. По отношению к среднему многолетнему стоку в замыкающем створе р. Лепси – аул Лепси, это отношение составляет 14,6 % (табл. 7).

Таблица 7

Определение сокращения ледникового стока в бассейнах рек в результате деградации горного оледенения

| Площадь оледенения, км <sup>2</sup> | Объем осадков с ледниковой поверхности, млн. м <sup>3</sup> | Объем ледникового стока, млн. м <sup>3</sup> | Коэффициент стока с неледниковой поверхности | Сток с ледниковой поверхности после исчезновения ледников, млн. м <sup>3</sup> | Сокращение стока, млн. м <sup>3</sup> |
|-------------------------------------|---|--|--|--|---------------------------------------|
| р. Лепси                            |   |  |  |  |                                       |
| 190                                 | 173   | 158  | 0,4  | 69,5   | 88,5                                  |
| р. Аксу                             |   |  |  |  |                                       |
| 33,1                                | 31,6  | 28,9   | 0,4  | 12,7   | 16,2                                  |

Сокращение стока равно 16,2 млн. м<sup>3</sup> в год или 489 тыс. м<sup>3</sup> на 1 км<sup>2</sup> площади оледенения. По отношению к среднему многолетнему стоку в замыкающем створе р. Аксу – с. Жансугуров, это отношение составляет 4,5 %.

Таблица 8

Определение сокращения ледникового стока для суммы 4-х рек (Каратал, Коксу, Лепси и Аксу) в результате деградации горного оледенения

| Объем ледникового стока, млн. м <sup>3</sup> | Сток с ледниковой поверхности после исчезновения ледников, млн. м <sup>3</sup> | Сокращение стока, млн. м <sup>3</sup> |
|--|--|---------------------------------------|
| 400  | 219  | 181                                   |

Сокращение стока составляет 181 млн. м<sup>3</sup> в год или 428 тыс. м<sup>3</sup> на 1 км<sup>2</sup> площади оледенения. По отношению к среднему многолетнему суммарному стоку в замыкающих створах рек это отношение составляет 6 %.

Следует отметить, что сокращение общего стока будет происходить не сразу после освобождения определенной части горного бассейна от покровного оледенения. Оно будет увеличиваться постепенно по мере формирования в верхнем деятельном слое бассейна примерно таких же ледотермических и инфильтрационных характеристик, как и у расположенных рядом, на тех же высотных отметках современной неледниковой поверхности.

Автор выражает глубокую благодарность В.В. Голубцову за помощь в проведении исследования и написании статьи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вилесов Е.Н., Морозова В.И. Современные тенденции изменения размеров оледенения и ледникового стока в бассейне реки Каратал, Западная Джунгария. // Гидрометеорология и экология. – №3 – 2006. – С. 80-92.
2. Вилесов Е.Н., Уваров В.Н. Эволюция современного оледенения Заилийского Алатау в XX веке. – Алматы; 2001. – 252 с.
3. Голубцов В.В. Изменение водных ресурсов и режима рек в результате деградации горного оледенения в их бассейнах. // Гидрометеорология и экология. – 2008. – №1. – С.47-61.
4. Северский И.В.. Снежные лавины Заилийского и Джунгарского Алатау. – Алма-Ата: Наука, 1978. – 255 с.

РГП «Казгидромет», г. Алматы

**ТАУ МҰЗ БАСУ АЗЫП ТОЗУДЫҢ НӘТИЖЕСІНДЕ ҚАРАТАЛ,  
ЛЕПСИ ЖӘНЕ АКСУ ӨЗЕНДЕРІНІҢ СУ  
ҚОРЛАРЫНЫҢ ӨЗГЕРІСІ**

А.В. Линейцева

*Азып-тозудың нәтижесінде тау мұз басуды Жетісу Алатауының солтүстік баурайының өзендерінің су қорларының олардың хауызындағы өзгерісті қаралады.*

*Жиынтық науа бұл 6 %-ке шығудағы қаралатын өзендердің науаның мұз басуы жоқ болғанда 4...14 %-ке қалалық қысқарғанын көрсетілген.*