

УДК 551.324

**ДЕГЛЯЦИАЦИЯ И ИЗМЕНЕНИЕ ЛЕДНИКОВОГО СТОКА В
БАССЕЙНЕ Р. УСЕК В ДЖУНГАРСКОМ АЛАТАУ**

Доктор геогр. наук

Е.Н. Вилесов

В.И. Морозова

На основе повторных аэрофотосъемок, цифрового картографирования и выявленных связей абляции с летней температурой воздуха определены темпы деградации оледенения, величина ледникового стока и его роль в суммарном стоке р. Усек за 40 лет (1956...1995 гг.).

Река Усек со своими притоками дренирует территорию южного макросклона Южного Центрального хребта Джунгарского Алатау и северных склонов хребтов Ит-Чеку и Тышкантау. Отроги Южного Центрального хребта делят бассейн р. Усек на три части, занятые водосборами рек Большого, Среднего и Малого Усека. Средний Усек является притоком р. Большой Усек. В пределах низкогорий Джунгарского Алатау Большой и Малый Усек сливаются и образуют реку Усек, которая выходит на предгорную равнину и впадает в реку Или. Общая площадь водосбора р. Усек составляет 1131 км² со средней высотой около 3000 м.

В верховьях Усека находятся современные ледники, талые воды которых составляют существенную долю в питании реки. По откорректированным нами данным Каталога ледников [5], в середине прошлого века (в 1956 г.) в бассейне Усека насчитывалось 255 ледников общей площадью (без морен) 105,2 км² и объемом, рассчитанным по известной формуле Н.В. Ерасова [4], 2,8076 км³.

Последние десятилетия 20 века отличались заметным изменением климата в регионе в сторону потепления. Это обстоятельство существенным образом отразилось и на состоянии ледников бассейна. Об этом убедительно свидетельствуют материалы аэрофотосъемки 1990 г., анализ которых по региону Южной Джунгарии представлен в наших работах [1, 2]. Согласно последним, в 1990 г. в бассейне реки Усек остались в “живых” лишь 129 ледников с площадью 62,465 км² и объемом 1,635 км³. Таким образом, за 34 года (1956...1990) число ледников уменьшилось почти вдвое

на 126 (на 49,4 %), их площадь сократилась на 42,735 км² (на 40,6 %), а объем льда – на 1,1726 км³ (на 41,8 %).

По терминологии В.Г. Ходакова [6], ныне в бассейне Усека развито в основном дисперсное и среднее полудисперсное горное оледенение. В 1990 г. средняя площадь ледника здесь составляла 0,48 км². Самым крупным является долинный ледник Гляциологов (№ 290) площадью 4,5 км² в верховьях р. Малый Усек.

Средняя скорость сокращения площади ледников за весь период составила 1,26 км²/год, или почти по 1,2 %/год, то есть в 1,5 раза быстрее, чем на северном склоне соседнего Заилийского Алатау, где оледенение за то же время сокращалось по 0,8 %/год [3]. Средняя толщина ледников, включая их области питания, уменьшилась на 3...13 м, а по бассейну Усека в целом утоньшение составило 5 м.

За рассматриваемый период средняя длина ледников сократилась с 1,13 до 0,75 км, т.е. на 380 м (на 34,1 %, по 1 % в год). Средняя же скорость отступления концов языков ледников составила 10 м/год. Концы ледников поднялись в среднем на 65 м – от 3388 до 3453 м.

Такие темпы сокращения оледенения являются, по-видимому, максимальными в регионе гор Юго-Восточного Казахстана и обусловлены общей южной экспозицией макросклона хребта. Очевидно, что столь интенсивная деградация оледенения не могла не сказаться на изменении величин суммарной абляции и ледникового стока. Для расчета ежегодной удельной суммарной абляции A (мм) использована ее тесная связь со средней летней (июнь-август) температурой воздуха t (°C) на средней многолетней высоте снеговой границы, равной 3700 м. Формула этой связи получена нами на основе анализа 25-летнего (1967...1991) ряда массбалансовых измерений на леднике Шумского (бассейн р. Баскан, на северном склоне Джунгарского Алатау) и имеет вид:

$$A = (t + 10,6)^3.$$

В качестве базовой взята М Жаркент (бывший Панфилов), расположенная в долине р. Усек на высоте 641 м, в 50 км к югу от ледников. Величина вертикального градиента температуры принята равной 7 °C/км, а температурного скачка (при переходе от неледниковой поверхности к ледниковой) – 1 °C.

Для расчета объема талых ледниковых вод необходимо также иметь сведения о площади льда за каждый год. При наличии точных данных о площади оледенения во всех частных бассейнах за “реперные” годы (1956 и

1990 г.) разность площадей между ними распределена пропорционально удельной суммарной абляции. Величины площадей льда за пределами 1990 г. (до 1995 г.) получены путем экстраполяции тенденции их изменения в последние десятилетия. С точки зрения гляциологии, знание распределения площадей ледников и их изменений во времени необходимо и для определения степени оледенения, характеризующей долю площади ледников в общей площади речного бассейна, замыкаемой гидростами на реках Большой (1,7 км выше впадения р. Малый Усек, площадь водосбора 724 км²) и Малый (0,2 км выше слияния с р. Большой Усек, площадь водосбора 407 км²) Усек. За 40 лет степень оледенения по бассейну в целом, в соответствии с уменьшением площади льда со 105,2 до 55,7 км², сократилась почти вдвое – с 9,3 до 4,9 %.

Рассчитанные по изложенной выше методике годовые величины ледникового стока исследуемого бассейна, а также его 5-летние скользящие средние и линия тренда представлены на рис. 1.

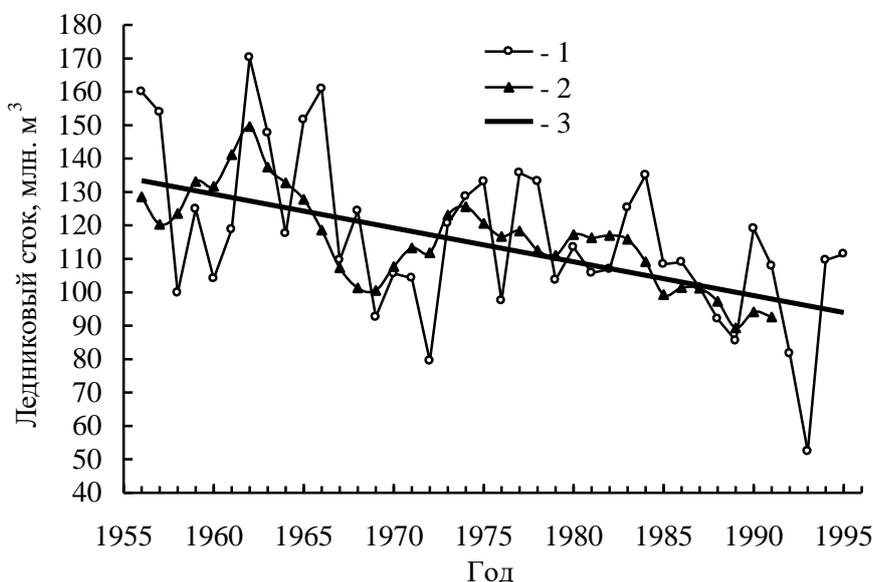


Рис. 1. Ледниковый сток р. Усек. 1 – ледниковый сток за каждый год, 2 – пятилетние скользящие средние, 3 – линия тренда.

Уравнение тренда $y = 2114,6 - 1,013x$, где y – ледниковый сток, млн. м³, x – годы.

Полученное из расчетного 40-летнего ряда среднее многолетнее значение ледникового стока бассейна р. Усек составляет 116,1 млн.м³ (без

учета жидких осадков, выпадающих на поверхность ледников в летнее время). Экстремальными годами в этом ряду были 1962-й с максимумом стока $Q_{max} = 170,2$ млн. м³ и 1993-й с минимумом стока $Q_{min} = 52,4$ млн. м³. Здесь следует заметить, что для условий стабилизации (стационарности) оледенения или при его медленной деградации характерна малая величина отношения Q_{max}/Q_{min} (в Заилийском Алатау за 1930...1990 гг. она равна 1,4 [3] при величине Q_{max}/Q_{min} для суммарного речного стока, равной 1,6), свидетельствующая о малой же межгодовой изменчивости ледникового стока. В условиях же очень быстрой дегляциации, которую мы наблюдаем в бассейне Усека, картина резко меняется: величина $Q_{max}/Q_{min} = 3,25$ ледникового стока существенно превышает $Q_{max}/Q_{min} = 2,0$ общего речного стока.

Как и следовало ожидать, максимум ледникового стока (в отдельные годы до 160 млн. м³) приходится на начальный отрезок исследуемого периода, конец 50-х – начало 60-х гг. 20 века, когда площадь оледенения была еще достаточно велика (> 100 км²). Во второй половине 60-х – начале 70-х гг. отмечается уменьшение ледникового стока до 100 и даже до 80 млн. м³, связанное с преобладанием в этом периоде многоводных (многоснежных) лет, какими были, например, 1966, 1969, 1972 и др. Начиная с 1973 г. и по настоящее время происходит постоянное сокращение ледникового стока, несмотря на вызванное повышением летних температур возрастание удельной суммарной абляции до 1900...2000 мм, которое уже не в состоянии компенсировать сокращение ледниковой площади. В последнюю пентаду периода (1991...1995 гг.) ледниковый сток составил лишь 92,6 млн. м³, то есть на 48,6 млн. м³ (или на 34,4 %) меньше, чем в пентаду 1961...1965 гг. За 40 лет за счет ледникового питания в р. Усек поступило 4,6 км³ воды.

Сопоставление временных рядов ледникового и суммарного речного стока за 40 лет показывает их достаточно выраженную асинхронность: как правило, годам с высокой водностью общего стока соответствуют годы пониженного ледникового стока и наоборот, чем, собственно, и определяется некоторое регулирующее влияние ледников на колебания речного стока. Названная закономерность выявляется и при сравнении интегрально-разностных кривых стока (рис. 2 и рис. 3), особенно для периода 1973...1995 гг.

Начиная с 80-х гг. в ходе этих кривых четко проявляется их разная направленность: сокращение ледникового стока, связанное с постоянным уменьшением степени оледенения бассейна, и увеличение суммарного стока р. Усек. Так, в пентаде 1986...1990 гг. его объем составил 650,5 млн. м³, на 1 5% выше нормы (при объеме стока в 1988 г.

791,2 млн. м³), а в пентаде 1991...1995 – 603,9 млн. м³, на 7 % выше нормы. Это увеличение суммарного стока объясняется, прежде всего, существенным увеличением поступления осадков на водосбор. По данным метеостанции Жаркент, в пентаде 1986...1990 гг. осадки составили 236,1 мм, на 27 % выше нормы. В 1993 г. на этой метеостанции зафиксирован максимум осадков за 83 года наблюдений – 329 мм, в 1,8 раза больше нормы. В последней пентаде 20 века величины осадков и стока были около нормы.

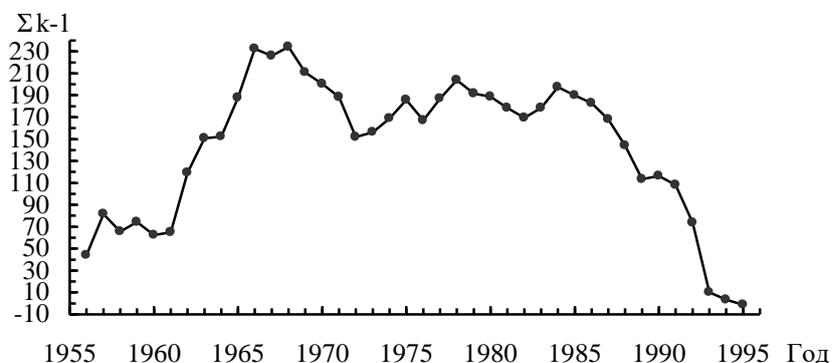


Рис. 2 Интегрально-разностная кривая ледникового стока р. Усек.

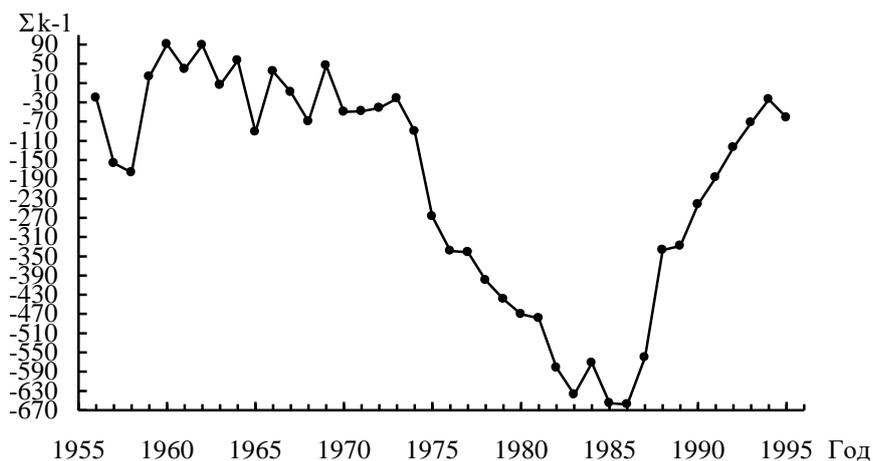


Рис. 3. Интегрально-разностная кривая суммарного стока р. Усек.

В связи с высокой концентрацией осадков на ледниках модуль стока с них существенно превышает среднее за год его значение для неледниковой территории бассейна. Средняя многолетняя величина модуля ледникового стока для рассматриваемой ледниковой системы составляет 46 л·с⁻¹·км⁻². Модуль стока с неледниковой части бассейна равен 14 л·с⁻¹·км⁻², то есть в 3,3 раза

меньше. Величина отношения этих средних модулей демонстрирует стокообразующую ценность ледниковых площадей и значимость существующих ледников как важного источника и ресурса воды. Даже в годы с отрицательной летней температурой воздуха на высоте 3700 м и слабой абляцией, например, в 1993 г., модуль ледникового стока не опускается ниже 28 л·с⁻¹·км⁻², вдвое превышая модуль стока с бассейна реки. Напротив, в годы с интенсивной суммарной абляцией (1962, 1984 и др.) модуль ледникового стока достигает максимальных значений – 55...60 л·с⁻¹·км⁻².

Теперь попытаемся оценить роль ледникового стока в суммарном стоке реки. Такая оценка обычно проводится через сопоставление доли ледников в стоке с их долей в площади речных водосборов (т.е. степени оледенения). Средняя за многолетие доля талого ледникового стока в годовом стоке р. Усек (при выходе ее из гор в зону интенсивного водопользования), равном 566 млн. м³, составляет 20,5 %. Очевидно, что при деградации ледников, в связи с уменьшением степени оледенения, сокращается и доля ледникового стока. Ее максимальное значение, 26,6 %, отмечено в пентаде 1961...1965 гг. В конце 70-х гг. оно уменьшилось до 22 %, а в последней пентаде 1991...1995 гг. – до 15,3 %. Отметим, что в летний поливной период, когда испытывается наибольшая потребность в воде, доля ледникового стока увеличивается с 1,5...2 раза, достигая 30...40 % общего речного стока.

Таким образом, заметное снижение ледникового стока представляет его естественный отклик на изменение климата и сокращение площади льда. В условиях возрастающего антропогенного воздействия на природную среду и потепления климата высокогорной Джунгарии процесс дегляциации будет продолжаться и далее. Как показывают выявленные тенденции в динамике ледников, в настоящее время, в 2004 году, площадь оледенения бассейна р. Усек стала уже менее 50 км². Величина же ледникового стока, исходя из его расчета по уравнению линии тренда (рис. 1), ныне оценивается в 85 млн. м³, т.е. 60 % от его значения в пентаду 1961...1965 гг.

При сохранении таких тенденций ледники здесь практически могут исчезнуть уже через 40 лет. За это время в сток реки поступит еще около 5 км³ талых ледниковых вод. В конце первой половины 21 века, при прекращении ледникового питания, суммарный годовой сток р. Усек сократится незначительно, примерно на 10 %. Однако следует иметь в виду, что это сокращение во времени будет “привязано” к летнему поливному периоду.

Авторы благодарят кандидата географической наук В.В. Голубцова за ряд ценных советов при подготовке настоящей статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вилесов Е.Н., Морозова В.И. Деградация оледенения гор Южной Джунгарии во второй половине XX века. – XIII Гляциологический симпозиум. Сокращение гляциосферы: факты и анализ. Тезисы докладов. СПб.: 2004. – С. 51-52.
2. Вилесов Е.Н., Морозова В.И. Пространственно-временные особенности деградации оледенения в бассейнах правых притоков р. Или (в пределах Казахстана). Теоретические и прикладные проблемы географии на рубеже столетий. – Материалы международной научно-практической конференции, 8-9 июня, часть II. Алматы: “Аркас”, 2004. – С. 102-106.
3. Вилесов Е.Н., Уваров В.Н. Эволюция современного оледенения Заилийского Алатау в XX веке. Алматы: КазНУ, 2001. – 252 с.
4. Ерасов Н.В. Метод определения объема горных ледников – МГИ, №14, 1968. – С. 307-308.
5. Каталог ледников СССР. Том 13. Центральный и Южный Казахстан. Вып. 2. Бассейн оз. Балхаш. Часть 4. Бассейны рек Хоргоса, Усека. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 84 с.
6. Ходаков В.Г. Вводно-ледовый баланс районов современного и древнего оледенения СССР. – М.: Наука, 1978. – 194 с.

Казахский национальный университет им. аль-Фараби

ДЕГЛЯЦИАЦИЯ ЖЕНЕ МІЗДЫК АҒЫННЫҢ «ЗЕРТУ» СЕК «ЗЕНІНІ» БАСЕЙНЫ, ЖОНҒАР АЛАТАУ

Геогр. ғылымд. докторы Е.Н. Вилесов

В.И. Морозова

Аэрофототүсірілімдер, сандық картографиялау және ауаның орташа температурасының абляциямен байланысын табып, қайталап талдау негізінде мұзданудың түрленуінің қарқыны, мұздық ағынның шамасы және оның «сек» менінің қосынды ағынына соңғы 40 жыл (1956...1995 жж.) ішіндегі рәлі анықталды.