

УДК 551.324.86

Доктор геогр. наук  
Доктор PhDЕ.Н. Вилесов \*  
А.А. Калдыбаев \*\***ИЗМЕНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ОЛЕДЕНЕНИЯ БАССЕЙНА Р. ЧИЛИК  
ЗА ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ***ОЛЕДЕНЕНИЕ, ФИРНОВАЯ ЛИНИЯ, БАЛАНС МАССЫ ЛЕДНИКОВ, ДЕГРАДАЦИЯ*

*Рассматриваются пространственно-временные изменения размеров оледенения в бассейне р. Чилик за 50 лет (1955...2005 гг.). Основой для суждения о направленности динамики ледников послужило сравнение их морфометрических характеристик, полученных при каталогизации в 1955, 1979, 1990 и 2005 гг. Установлено, что за 50 лет площадь оледенения сократилась на 80 км<sup>2</sup> (27,7 %). Объем ледников уменьшился на 4,6 км<sup>3</sup> (28,6 %). Среднее значение баланса массы оледенения составило –33 г/см<sup>2</sup>. Безвозвратная потеря массы со всей площади ледников равна 17 м в слое воды. В 2015 г. площадь оледенения сократилась до 200 км<sup>2</sup>. Средний многолетний объем ледникового стока в бассейне составляет 280 млн. м<sup>3</sup>.*

**Физико-географические условия бассейна р. Чилик.** Река Чилик (Шилик) – одна из крупных рек Южного Казахстана. Ее длина – 240 км, площадь водосбора – 5350 км<sup>2</sup>. Горная часть бассейна Чилика представляет собой широкую продольную долину, заложенную в грабене между Заилийским (Илейским) Алатау на севере и Кунгей Алатау на юге. Верхний ее участок, до устья р. Каракыя, является хорошо выраженным трогом. Ниже долина Чилика теряет форму трога и принимает облик типичного V-образного ущелья с крутыми склонами. Глубина его местами достигает 1100...1300 м.

Горные цепи Заилийского и Кунгей Алатау, соединяясь в истоках Чилика, образуют Чилико-Кеминскую горную перемышку с высотами более 4000 м (рис. 1). Ряд высоких вершин на гребне Заилийского Алатау начинается на западе пиком Конституции (4520 м). Отсюда главный хребет тянется на северо-восток, достигая наибольшей высоты в вершине Талгара (4978 м). К востоку от него высота хребта постепенно уменьшается и восточнее верховьев р. Оденсай она нигде не превышает 4000 м.

---

\* КазНУ им. аль-Фараби, Алматы

\*\* Институт Ионосферы, НЦКИТ, Алматы

Гребень Заийского Алатау на большей части своего протяжения имеет сравнительно неглубокое расчленение. Высоты вершин колеблются в пределах 4200...4500 м. В Талгарском узле глубина расчленения и амплитуды относительных высот более значительны. Орографически особенно резко обособлены вершины Талгар и Metallург. Их высшие точки поднимаются над прилегающим отрезком долины р. Южный Иссык почти на 2000 м. К востоку от долины Южного Иссыка южный склон Заийского Алатау на всем своем протяжении расчленен короткими (5...7 км) поперечными долинами левых притоков Чилика.

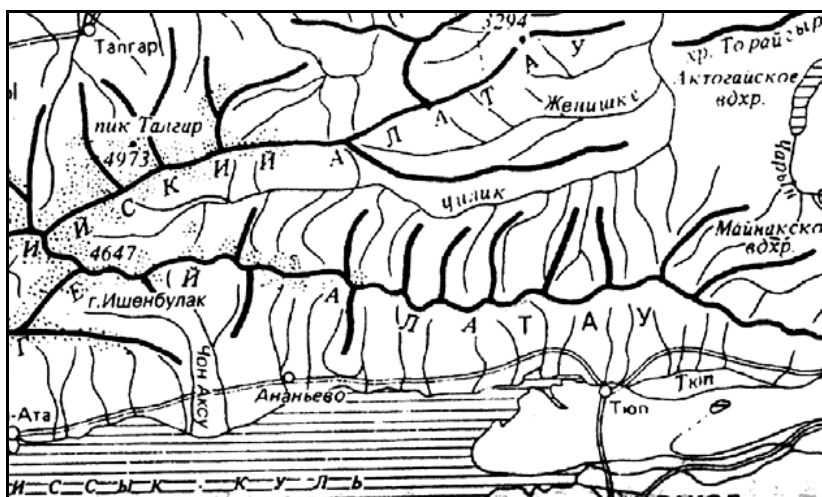


Рис. 1. Орогидрографическая схема бассейна р. Чилик.

К югу от Заийского Алатау, за продольной долиной Чилика, тянется цепь хребта Кунгей Алатау. В пределы бассейна Чилика он входит лишь северным склоном своей восточной части. Высота хребта вблизи Чилико-Кеминской перемычки (в верховьях ледника Новый) достигает до 4653 м.

Гляциальный пояс в бассейне Чилика, ограниченный снизу изогипсой 3300 м, отличается значительным расчленением. Амплитуда относительных высот составляет 600...800 м и более. Здесь развиты процессы физического выветривания и массовых движений обломочного материала. Линии гребней осевых хребтов и их боковых отрогов имеют зубчатые формы. Склоны изъедены глубокими карами и расщелинами. Транспортируя обломки упавших камней, ледники заполнили долины значительными массами моренных отложений.

Верховья Чилика входят в пределы Северо-Тянь-Шаньской сейсмической области. Здесь имели место крупнейшие землетрясения Средней Азии. Так, в 1887 г. землетрясением силой в 10 баллов был разрушен г. Верный (Алматы) с окрестными селениями. В 1889 г. произошло Чилик-

ское землетрясение силой в 10...11 баллов, вызвавшее значительные нарушения земной поверхности в восточной части Заилийского и Кунгей Алатау. Особенно большую площадь охватило землетрясение в декабре 1910 г. (12 баллов), имевшее эпицентр в районе Чилико-Кеминской перемычки и вызвавшее колоссальные обвалы и оползни в горах [1].

Бассейн Чилика находится в сфере влияния арктических, полярных и тропических воздушных масс. Чаше (по повторяемости) сюда вторгается полярный воздух, реже – арктический и тропический. Зимой здесь господствует сибирский антициклон с ясной погодой и низкими температурами воздуха. Весной активизируется циклоническая деятельность, когда влажные воздушные массы из районов Атлантики приносят много осадков. Годовая сумма осадков уменьшается от 800...1000 мм в западной части бассейна до 500...600 мм в его восточной части. Максимум же осадков, 1700...2000 мм, наблюдается в районе Чилико-Кеминской перемычки и пика Талгар [6].

Средняя годовая температура воздуха понижается от  $-4,5^{\circ}\text{C}$  на высоте 3450 м до  $-6,5^{\circ}\text{C}$  на высоте 3800 м. Средняя температура теплого периода (июнь-сентябрь) на этих же высотах изменяется от  $4,5^{\circ}\text{C}$  до  $1,5^{\circ}\text{C}$ .

Период абляции на ледниках южного склона Заилийского Алатау продолжается 3...3,5 месяца – с начала июня до середины сентября. На ледниках Кунгей Алатау его продолжительность составляет 2,5...3 месяца. В середине 60-х гг. Заилийской ледниковой экспедицией АН КазССР проводились специальные теплобалансовые и актинометрические наблюдения на леднике Корженевского (на высоте 3560 м) [7]. По этим данным, максимальные температуры воздуха достигали  $13...15^{\circ}\text{C}$ , а величины суточного таяния, в зависимости от типа погоды, изменялись от 3,3 до 5,8 см, составив в среднем 4,5 см в слое воды.

В период абляции в приходной части радиационного баланса ведущая роль принадлежит коротковолновой радиации. При этом доля радиационного баланса в общем притоке тепла является преобладающей и составляет 80...90%. Турбулентный поток тепла имеет подчиненное значение, его суточные величины не превышают 20% общего поступления тепла. Основное количество тепла – от 76 до 83%, затрачивается на таяние снега и льда, от 9 до 18% идет на прогревание деятельного слоя ледника и от 4 до 9% поглощается при испарении.

**Характеристика оледенения.** Современные ледники в бассейне Чилика на южном склоне Заилийского Алатау располагаются между  $77^{\circ}09'$  и  $77^{\circ}39'$  в.д. на 34-километровом отрезке хребта (по прямой) и на северном склоне Кунгей Алатау между  $77^{\circ}13'$  и  $78^{\circ}13'$  в.д. на отрезке хребта протяжением 87 км. Ареал распространения ледников с севера ограничен  $43^{\circ}09'$  с.ш., с юга –  $42^{\circ}52'$  с.ш.

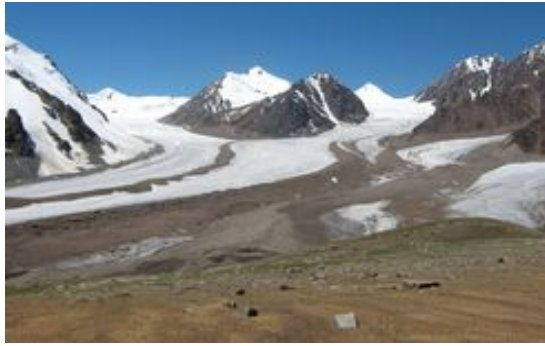
В 50-х гг. прошлого века Н.Н. Пальгов [10] по материалам топографических карт и глазомерных съемок достаточно точно оценил площадь оледенения Чилика в  $300 \text{ км}^2$ , из которых  $141 \text{ км}^2$  приходился на южный склон Заилийского Алатау.

Позднее с использованием крупномасштабных карт и материалов аэрофотосъемки одним из авторов были составлены три Каталога ледников бассейна Чилика, отражающих состояние оледенения в 1955 [7], 1979 и 1990 гг. [4]. По данным [7], в 1955 г. по бассейну в целом было учтено 257 ледников с площадью  $286,96 \text{ км}^2$  и объемом, рассчитанным по формуле Мазо-Глазырина,  $16,02 \text{ км}^3$ . При этом на южном склоне Заилийского Алатау насчитывалось 87 ледников с площадью  $136,38 \text{ км}^2$  и объемом  $8,71 \text{ км}^3$ , на северном склоне Кунгей Алатау было 169 ледников с площадью  $133,28 \text{ км}^2$  и объемом  $5,84 \text{ км}^3$ . На Чилико-Кеминской перемычке находился один ледник – Жангырык с площадью  $17,3 \text{ км}^2$ .

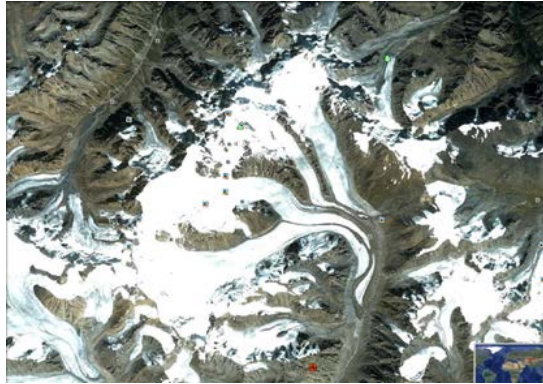
В бассейне Чилика представлены почти все морфологические типы ледников, свойственные районам горного оледенения. Долинные ледники залегают в верховьях рек Южный Иссык, Юго-Восточный Талгар и Жангырык. Их типичными представителями являются крупнейший в Казахстане сложный долинный ледник Корженевского (№ 38 по Каталогу) длиной 11,5 км и площадью  $37,5 \text{ км}^2$  (рис. 2 и 3), котловинные ледники Богатырь (№ 55) (рис. 4), Жангырык (№ 74) (рис. 5), Новый (№ 85) (рис. 6), долинный ледник Южный Жангырык (№ 77) (рис. 7) и др.

Большинство долинных и котловинных ледников сосредоточено в западной половине бассейна. Здесь их развитию способствуют широкие, нередко многокамерные цирки вогнутой формы, имеющие одновременно и большое вертикальное протяжение. На долю 65 ледников долин (сложных долинных, долинных, котловинных, висячих долинных и карово-долинных) приходилось 26 % от общего их числа и около 80 % от общей площади льда.

Наиболее многочисленную группу на обоих хребтах составляют ледники склонов – каровые, карово-висячие, висячие и шлейфовые. В западной части бассейна Чилика ледники этой группы, являясь спутниками более крупных ледников долин, имеют подчиненное значение. Склоновые ледники тяготеют к периферии хребтов, особенно к восточной окраине северного склона Кунгей Алатау. Всего в районе насчитывалось 180 ледников склонов, на долю которых приходилось около 70 % общей их численности и около 20 % от общей ледниковой площади. Преимущественно в западной половине бассейна Чилика располагались 12 ледников плоских вершин, занимающих немногим более 1 % от всей площади оледенения.



*Рис. 2. Крупнейший в стране сложный долинный ледник Корженевского.*



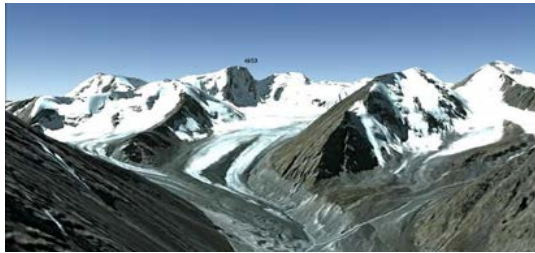
*Рис. 3. Ледник Корженевского из космоса. Снимок 2005 г.*



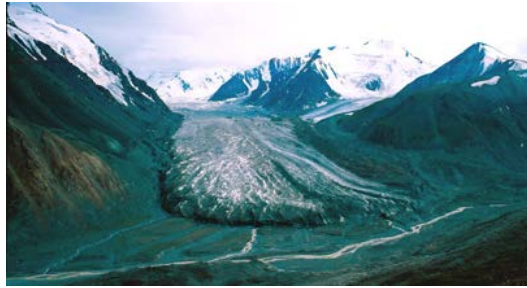
*Рис. 4. Котловинный ледник Богатырь.*



*Рис. 5. Котловинный ледник Жангырык.*



*Рис. 6. Котловинный ледник Новый и пик Ишанбулак (4653 м).*



*Рис. 7. Долинный ледник Южный Жангырык.*

Средние размеры ледника, являющиеся косвенным показателем дробности оледенения, отражают существующие различия в степени интенсивности оледенения частных бассейнов. Средняя площадь ледника в бассейне Чилика в целом в 1955 г. составляла 1,12 км<sup>2</sup>. Величина этого показателя для южного склона Заилийского Алатау равнялась 1,57 км<sup>2</sup>, а для северного склона Кунгей Алатау – 0,79 км<sup>2</sup>.

Средняя высота фирновой линии на ледниках всех типов южного склона Заилийского Алатау равна 4000 м. Ее высота вдоль северного склона Кунгей Алатау изменяется в довольно значительных пределах, имея тенденцию к понижению с запада (4000 м) на восток (3600 м).

Бассейн Чилика в общем имеет простираие, близкое к широтному. На южном склоне Заилийского Алатау создаются более благоприятные условия для существования ледников (чем на северном склоне Кунгей Алатау), так как здесь области питания многих ледников расположены на 200...250 м выше, чем на северном склоне Кунгей Алатау. В Заилийском Алатау основная площадь ледников приурочена к склонам южной, юго-восточной и восточной экспозиций – 87 %. В Кунгей Алатау асимметрия оледенения еще значительнее: на северных, северо-восточных и восточных склонах сосредоточено 88,5 % площади льда, а южные склоны практически лишены оледенения.

Ледники бассейна Чилика, за исключением ряда плосковершинных и висячих ледников, отличаются обилием моренных отложений. Площадь боковых и фронтальных морен составляет у них от 5 до 20 % и более от

общей площади льда. У многих из них нижние участки языков почти полностью погребены под моренным чехлом.

Ранее было сказано, что после 1955 г. в бассейне Чилика были еще две инвентаризации ледников – в 1979 и 1990 гг. Кроме того, было проведено дешифрирование космоснимков, отражающих состояние оледенения бассейна в 2005 г. Ниже приводятся результаты изменения характеристик оледенения на обоих хребтах за четыре «реперных» года и за 50-летний период в целом.

**Изменение количества ледников.** На южном склоне Заилийского Алатау между 1955 и 1979 гг. полностью растаяли 8 небольших ледников общей площадью 0,2 км<sup>2</sup>. К 1990 г. растаяли 4 ледника с площадью 0,4 км<sup>2</sup>, а к 2005 г. – еще 9 ледников с площадью 0,303 км<sup>2</sup>. Таким образом, за 50 лет здесь вытаял 21 ледник, из которых 5 были «номерными» (№№ 13, 14, 18а, 24, 65), т.е. их первоначальные площади превышали 0,1 км<sup>2</sup>. Двадцать из них относились к типу висячих ледников и один – к присклоновым.

Процесс дегляциации в Заилийском Алатау в конце 20 в. характеризовался не только стаиванием мелких ледников, но и, в еще большей степени, распадом средних по размерам ледников. Если к 1979 г. распались лишь 2 ледника, то к 1990 г. распались (или отделились) уже 18 ледников: 13 из них распались на 2 ледника каждый и 5 – на 3. К 2005 г. здесь распались еще 7 ледников. Всего за 50 лет (1955...2005 гг.) на южном склоне Заилийского Алатау в результате распада образовалось 36 «новых» ледников. За счет этого число ледников здесь увеличилось на 19 единиц, с 87 до 106.

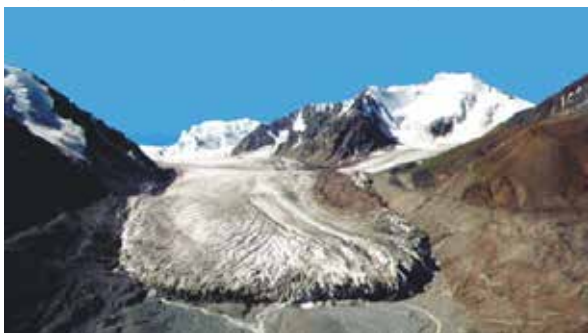
На северном склоне Кунгей Алатау между 1955 и 1979 гг. целиком стаяли 20 ледников (все висячие и один каровый) общей площадью 1,4 км<sup>2</sup>. К 1990 г. растаяли еще 11 ледников (все висячие и один шлейфовый) с площадью 2,0 км<sup>2</sup>. К 2005 г. растаяли 20 ледников с площадью 0,93 км<sup>2</sup>. Всего за 50 лет здесь растаял 51 ледник общей площадью 4,33 км<sup>2</sup>. Из «номерных» ледников, имевших в 1955 г. площадь > 0,1 км<sup>2</sup>, стаяли ледники №№ 94, 96, 104, 105, 106, 121, 143, 147, 154, 155, 156, 160, 170, 171, 184, 205, 208, 210. Большинство из них располагалось на отрогах, отходящих от водораздельного хребта к северу.

За 1955...1979 гг. в Кунгей Алатау распалось 5 ледников, к 1990 г. – 14, а к 2005 г. – 12. Всего за 50 лет распался 31 ледник. Один из них (№ 118, бассейн р. Урюкты-1) распадался дважды – к 1979 г., а затем еще раз – к 1990 г. Процесс распада захватил все морфологические типы ледников – от висячих и каровых до долинных, но больше других распаду подверглись висячие ледники. За 50 лет 21 ледник распался на 2, 8 ледников – на 3 и два ледника (№ 82 и № 178) – на 4. При распаде образовались 43 «новых» ледника. Однако все же в Кунгей Алатау преобладал

процесс стаивания, в результате чего число ледников здесь за 50 лет сократилось на 7 единиц – со 169 до 162.

Таким образом, с 1955 по 2005 гг. в бассейне Чилика растаяли 72 ледника с суммарной площадью 5,23 км<sup>2</sup>. За это же время здесь распались 58 ледников. За 50 лет число ледников увеличилось на 14 единиц – с 257 до 271.

**Изменение площади оледенения.** Сразу отметим, что темпы сокращения площади льда на южном макросклоне Заилийского Алатау и северном склоне Кунгей Алатау существенно различаются. За 50 лет площадь оледенения на южном склоне Заилийского Алатау (без ледника Жангырык) сократилась на 28,36 км<sup>2</sup>, или на 20,8 %, по 0,42 %/год. На южном склоне Заилийского Алатау темпы сокращения площади льда оказались почти в два раза меньше, чем на его северном макросклоне. Отчасти это объясняется тем, что на южном склоне зафиксирован случай пульсации ледника Богатырь в бассейне р. Юго-Восточный Талгар (рис. 8), который между 1979 и 1990 гг. продвинулся на 650 м и увеличил свою площадь на 1 км<sup>2</sup> [4]. Главной же причиной меньшего сокращения ледников здесь является их залегание на более высоких гипсометрических уровнях, чем на северном макросклоне (в среднем на 200...250 м). Увеличение количества ледников и сокращение их площадей привело к увеличению дробности оледенения, т.е. уменьшению средней площади ледника на 0,55 км<sup>2</sup>, которая по реперным годам изменялась так: 1955 г – 1,57 км<sup>2</sup>, 1979 г. – 1,50 км<sup>2</sup>, 1990 г. – 1,12 км<sup>2</sup>, 2005 г. – 1,02 км<sup>2</sup>.



*Рис. 8. Ледник Богатырь во время пульсации.*

На северном склоне Кунгей Алатау за те же 50 лет площадь оледенения уменьшилась со 133,28 км<sup>2</sup> до 84,50 км<sup>2</sup>, т.е. почти на 49 км<sup>2</sup>, или на 36,6 %. Средняя скорость сокращения площади составила 0,98 км<sup>2</sup>/год, или по 0,73 %/год, т.е. темпы сокращения оледенения здесь близки к таким, которые характерны для северного макросклона Заилийского Алатау [5]. Наиболее сильно подверглись сокращению ледники бассейнов рек Талды-2, Талды-1, Урюкты-1 и Каракыя на восточном фланге хребта – на



72,5 %; 64,1 %; 70,7 % и 83,0 %, соответственно. Больше всего в абсолютных значениях сократились размеры оледенения в бассейне р. Жангырык (на 14,26 км<sup>2</sup>) вблизи Чилико-Кеминской перемычки, но в относительных величинах это составило лишь 28,1 %, т.е. меньше, чем в среднем по северному склону Кунгей Алатау. Средняя площадь ледника по реперным годам изменялась следующим образом: 1955 г. – 0,79 км<sup>2</sup>, 1979 г. – 0,70 км<sup>2</sup>, 1990 г. – 0,58 км<sup>2</sup> и 2005 г. – 0,52 км<sup>2</sup>.

По бассейну Чилика в целом площадь оледенения за 50 лет сократилась с 286,96 км<sup>2</sup> до 207,47 км<sup>2</sup>, т.е. почти на 80 км<sup>2</sup>, по 1,59 км<sup>2</sup>/год. Величина относительной потери площади льда составила 27,7 %, по 0,55 %/год. Средние размеры ледника были равны 1,12 км<sup>2</sup> в 1955 г., 1,03 км<sup>2</sup> в 1979 г., 0,85 км<sup>2</sup> в 1990 г. и 0,77 км<sup>2</sup> в 2005 г. И в 2005 г. ледник Корженевского, хотя и потерял более 3 км<sup>2</sup> своей площади, по-прежнему оставался самым крупным в стране с длиной 10,3 км и площадью 34,26 км<sup>2</sup>. Изменение площади льда ( $F$ , км<sup>2</sup>) в бассейне за 50 лет показано на рис. 9, где видно, что сокращение размеров оледенения здесь, как и в других горно-ледниковых районах Казахстана, происходит практически по линейному закону, выражающемуся уравнением линии тренда в поле рисунка.

**Изменение объема ледников и баланс их массы.** Для расчета объемов ледников за все «реперные» годы использована формула Мазо – Глазырина [9], разработанная ими на основе динамической модели квазистационарного ледника с учетом характерных для горных ледников морфометрических параметров (площади, длины и уклонов ледника), а также реологии льда:

$$V = \frac{1,63Fh_0}{\left(1 + \frac{\Delta z}{h_0}\right)^{0,774}}, \quad h_0 = 0,073\sqrt{L}, \quad (1)$$

где  $V$  – объем ледника, км<sup>3</sup>;  $F$  – площадь ледника, км<sup>2</sup>;  $\Delta z$  – разность максимальной и минимальной отметок ледника, км;  $L$  – длина ледника, км.

Объем льда ледников, рассчитанный по формуле (1), за 1955...2005 гг. на южном склоне Заилийского Алатау, включая ледник Жангырык на Чилико-Кеминской перемычке, уменьшился с 10,18 км<sup>3</sup> до 8,21 км<sup>3</sup>, т.е. на 1,96 км<sup>3</sup>, по 0,04 км<sup>3</sup>/год. Относительные потери массы льда здесь за 50 лет составили 19,3 %, по 0,39 %/год.

Объем ледников на северном склоне Кунгей Алатау уменьшился на 2,62 км<sup>3</sup> – с 5,84 до 3,22 км<sup>3</sup>. Абсолютная скорость уменьшения объема льда за 50 лет составила 0,05 км<sup>3</sup>/год. Относительные потери массы льда здесь равны 44,9 %, по 0,9 %/год, что практически совпадает с темпами потерь объема на северном склоне Заилийского Алатау [5]. По бассейну

Чилика в целом объем ледников сократился на  $4,59 \text{ км}^3$  при относительной убыли массы льда в 28,6 %, по 0,57 %/год.

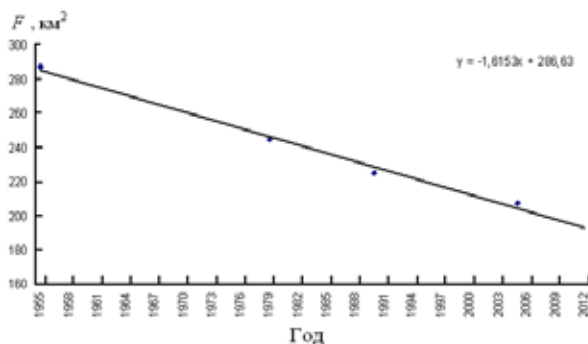


Рис. 9. Сокращение площади оледенения в бассейне Чилика за 1955...2005 гг.

Сводные данные по изменению основных характеристик оледенения (количество ледников и их площади) в бассейне Чилика за 50 лет приведены в табл. 1.

Что касается баланса массы ледников, то его величина, рассчитанная по разности объемов льда в 1955 и 2005 гг., отнесенной к средней площади льда за этот период, оказалась равной –  $26 \text{ г/см}^2$  для южного склона Заилийского Алатау,  $43 \text{ г/см}^2$  – для северного склона Кунгей Алатау и  $33 \text{ г/см}^2$  – для бассейна р. Чилик в целом. Иначе говоря, безвозвратные потери льда в бассейне за 50 лет составили около 17 м в слое воды со всей поверхности ледников.

Таблица 1

Изменение числа ледников ( $N$ ) и их площади ( $F$ , км<sup>2</sup>) за 1955...2005 гг.

Год								Период	
1955		1979		1990		2005		1955...2005	
$N$	$F$	$N$	$F$	$N$	$F$	$N$	$F$	$N$	$F$
<i>Южный склон Заилийского Алатау</i>									
88	153,68	82	136,71	104	130,563	109	122,972	+21	-30,708
<i>Северный склон Кунгей Алатау</i>									
169	133,28	155	107,73	162	94,549	162	84,496	-7	-48,784
<i>Бассейн р. Чилик в целом</i>									
257	286,96	237	244,44	266	225,112	271	207,468	+14	-79,492

**Оценка величины абляции и ледникового стока.** Р. Чилик (рис. 10) – самый крупный левый приток р. Или, главной водной артерии на юго-востоке страны. Начало реке на высоте около 3500 м дает ледник Жангырык, сползающий с восточного склона Чилико-Кеминской перемычки. От истоков до выхода из гор она принимает около 70 притоков. Длина реки – 245 км, площадь бассейна –  $4300 \text{ км}^2$ , средняя высота водосбора – 2520 м. Средний годовой расход

на гидропосту с. Малыбай, в 63 км от устья, составляет  $34 \text{ м}^3/\text{с}$ , а модуль стока –  $7,92 \text{ дм}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2$ . Чилик выделяется аномально низкой изменчивостью стока ( $C_v = 0,09$ ), обусловленной большой долей ледниково-снеговой составляющей в питании реки. Ее вода интенсивно используется для орошения. На реке создано Бартогайское водохранилище объемом  $320 \text{ млн. м}^3$ , откуда начинается Большой Алматинский канал (БАК) длиной 168 км.



*Рис. 10. Река Чилик в теснине перед выходом на предгорную равнину.*

Впервые величина среднего многолетнего ледникового стока в бассейне Чилика была определена в конце 70-х гг. [2] по ранее разработанной методической схеме [3]. Тогда эта величина была рассчитана по данным о площади льда из «Каталога ледников» по их состоянию на 1955 г. [7], т.е. без учета уменьшения ледниковой площади в последующие десятилетия. Поэтому рассчитанная «норма» ледникового стока в [2], составившая  $336 \text{ млн. м}^3$ , оказалась завышенной на 20 %.

Как и для других горно-ледниковых районов юго-востока страны, в бассейне Чилика за интегральную характеристику прихода тепла принята средняя летняя температура воздуха на уровне границы питания. Здесь для расчета суммарной абляции ( $A_o$ ) мы использовали формулу (2), выведенную на основе данных многолетних натуральных наблюдений на репрезентативном леднике Туюксу [7]:

$$A_o = (t_{\lambda} + 11,83)^3, \quad (2)$$

в которой  $t_{\lambda}$  – средняя летняя температура воздуха за каждый год на фиксированной высоте, равной 3800 м, соответствующей среднему многолетнему уровню снеговой границы по макросклону в целом. В качестве базовой взята М Мынжилки (3017 м) в верховьях р. Малой Алматинки.

Значение вертикального градиента температуры принято равным  $7 \text{ }^\circ\text{C}/\text{км}$ , а температурного скачка на границе морена–лед –  $-1 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Межгодовой ход ледникового стока в бассейне Чилика за 46 лет, рассчитанный по формуле (2), представлен на рис. 11.

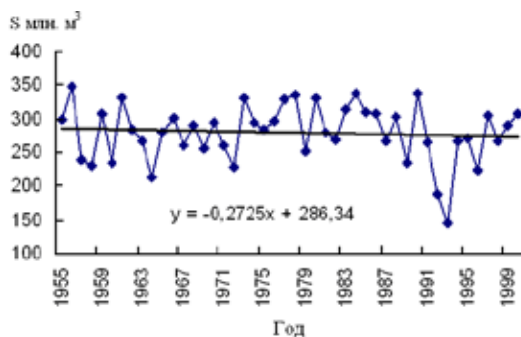


Рис. 11. Межгодовой ход и линия тренда ледникового стока с бассейна р. Чилик за 1955...2000 гг.

Как видно на рис. 11, ледниковый сток Чилика проявляет тенденцию к уменьшению, но темпы последнего заметно ниже, чем в других горноледниковых районах, в связи с меньшей скоростью сокращения ледниковой площади, обусловленной внутригорным положением бассейна. Так за полвека площадь ледников на северном склоне Заилийского Алатау сократилась на 115 км<sup>2</sup> (на 40 %), а в бассейне Чилика – на 80 км<sup>2</sup> (на 27,7 %) при практически одинаковой площади льда в 1955 г., равной 287,3 и 287,0 км<sup>2</sup>. Данные о среднем многолетнем стоке за 46 лет приведены в табл. 2.

Таблица 2

Средний многолетний сток с бассейна р. Чилик за 1955...2000 гг.

Общий сток			Ледниковый сток			$\frac{H_l}{H}$	$\frac{W_l}{W}$
$F$	$Q$	$W$	$F_l$	$Q_l$	$W_l$		
4300	34	1075	250	8,8	280	5,8	26,0

*Примечание:* здесь  $F$  и  $F_l$  – общая площадь водосбора и площадь ледников, км<sup>2</sup>;  $Q$  и  $Q_l$  – расход общего и ледникового стока, м<sup>3</sup>/с;  $W$  и  $W_l$  – объем общего и ледникового стока, 10<sup>6</sup> м<sup>3</sup>;  $H$  и  $H_l$  – слой общего и ледникового стока, мм;  $W_l/W$  – доля ледникового стока в общем стоке, %.

Величины ледникового стока между южным склоном Заилийского Алатау и северным склоном Кунгей Алатау распределяются примерно поровну (около 140 млн. м<sup>3</sup>), хотя площадь оледенения в Заилийском Алатау больше (в 1990 г. на 36 км<sup>2</sup>), но там и уровень границы питания на 200 м выше.

Суммарный ледниковый сток с бассейна Чилика оказался на 45 млн. м<sup>3</sup>, или почти на 15 % меньше, чем таковой с десяти речных бассейнов на северном склоне Заилийского Алатау. Удельная водоносность ледников Чилика составляет в среднем 1,12 млн. м<sup>3</sup> с 1 км<sup>2</sup> площади льда. 70 % стока с ледников формируется за счет таяния сезонного снега и лишь 30 % – за счет таяния многолетнего глетчерного льда.

Доля ледникового питания (280 млн. м<sup>3</sup>) в общем годовом стоке р. Чилик, равном 1075 млн. м<sup>3</sup> на выходе ее из гор, в створе гидрпоста с. Малыбай, составляет 26 % и увеличивается до 40...45 % в летний поливной период (июнь – август). Характеризуясь сравнительно малой изменчивостью, ледниковый сток бассейна р. Чилик является, по существу, гарантированным стоком, представляющим большую водохозяйственную ценность для орошения поливных земель предгорной равнины.

**Заключение.** И после 2005 г. обусловленное глобальным потеплением сокращение размеров оледенения в бассейне Чилика продолжалось с не меньшей интенсивностью. Как показали рекогносцировочные вертолетные облеты гляциальной зоны района в августе 2013 г., в которых принимал участие один из авторов, деградация оледенения здесь не вызывает сомнений. Некоторые ледники отступают настолько быстро, что даже не успевают сформировать выраженного в рельефе конечно-моренного вала.

Для оценки реального состояния ледников на современном этапе их эволюции, в 2015 г., использовались выявленные тенденции в изменении размеров оледенения на обоих хребтах и по бассейну в целом (рис. 9) за 1955...2005 гг. За эти 10 лет (2005...2015 гг.) должны были бы растаять около полусотни ледников с площадями менее 0,05 км<sup>2</sup>, т.е. в 2015 г. в бассейне в «живых» должны остаться 220 ледников. Расчеты по формулам сложных процентов, учитывающим темпы сокращения площади и объема ледников, а также по уравнениям линий трендов, показали, что в 2015 г. площадь оледенения на южном склоне Заилийского Алатау составила 117 км<sup>2</sup>, на северном склоне Кунгей Алатау – 75 км<sup>2</sup> и по бассейну Чилика в целом – 192 км<sup>2</sup>. Объем льда по бассейну в целом в 2015 г. был определен в 10,80 км<sup>3</sup>. Оледенение бассейна Чилика, особенно на северном склоне Кунгей Алатау, продолжает свое существование в условиях заметной дезинтеграции и деградации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданович К.И., Карк И. М., Корольков В.Ю., Мушкетов Д.И. Землетрясение в северных цепях Тянь-Шаня, 22 декабря 1910 (4 января 1911) – СПб. – 1914. – 270 с.
2. Вилесов Е.Н., Денисова Т.Я., Федулов И.Я. Оценка ледникового питания и его роли в стоке реки Чилик // Развитие географии в Казахстане (материалы Географического съезда Казахской ССР). – Алма-Ата: Наука, 1979. – С. 95-96.
3. Вилесов Е.Н., Соседов И.С., Макаревич К.Г., Чехонадская В.А., Шабанов П.Ф. Опыт оценки ледникового стока рек северного склона Заилийского Алатау // Вестник АН КазССР. – 1973. – № 11. – С.25-31.

4. Вилесов Е.Н., Уваров В.Н. Мониторинг оледенения южного склона Заилийского Алатау в бассейне р. Чилик // Географические основы устойчивого развития Республики Казахстан. – Алматы: 1998. – С. 55-62.
5. Вилесов Е.Н., Уваров В.Н. Эволюция современного оледенения Заилийского Алатау в XX веке. – Алматы: КазГУ, 2001. – 252 с.
6. Вилесов Е.Н., Федулов И.Я. О величинах сезонного снегонакопления в области аккумуляции Чиликских ледников // Материалы гляциол. исслед. – 1976. – Вып. 25. – С. 50-55.
7. Головкова Р.Г., Денисова Т.Я., Рахимжанова Г.А. Метеорологические условия абляции на леднике южной экспозиции в Заилийском Алатау // Гляциологические исследования в Казахстане. – 1968. – Вып. 7. – С. 5-31.
8. Каталог ледников СССР. Том 13. Центральный и Южный Казахстан. Вып. 2. Бассейн оз. Балхаш. Часть 2. Река Чилик. – Л.: Гидрометеоздат, 1968. – 52 с.
9. Мазо А.Б., Глазырин Г.Е. Метод расчета объема стационарного горного ледника // Труды САРНИГМИ. – 1986. – Вып. 17 (198). – С. 88-98.
10. Пальгов Н.Н. Современное оледенение в Заилийском Алатау. – Алмата, АН КазССР, 1958. – 312 с.

Поступила 27.11.2015

Геогр. ғылымд. докторы      Е.Н. Вилесов  
PhD докторы                      А.А. Калдыбаев

### **ШЕЛЕК ӨЗЕНІ БАССЕЙНДЕГІ МҰЗ БАСУ ЖАҒДАЙЫНЫҢ СОҒҒЫ ОНЖЫЛДЫҚТАҒЫ ӨЗГЕРУІ**

*МҰЗДАНИ, ФИРН СЫЗЫҒЫ, МҰЗДЫҚ МАССАСЫНЫҢ  
ТЕҢГЕРІМІ, АЗУШЫЛЫҚ*

*Мұз басу көлемінің 50 жылдық (1955...2005) кеңістіктік-уақыттық өзгеруі қарастырылды. Мұздықтар динамикасының бағытталуы туралы пікір 1955, 1979, 1990 және 2005 жылдардағы тіркеу барысында алынған морфометриялық сипаттамалары негіз болды. 50 жыл ішінде олардың аумағы  $80 \text{ км}^2$  (27,7 %) қысқарғаны анықталды. Мұздықтар көлемі  $4,6 \text{ км}^3$  (28,6 %) қысқарғандылығы анықталды. Мұз басу массасы балансының орташа мәні –  $33 \text{ г/см}^2$ . Бүкіл мұздық аумағындағы қайта қалпына келмейтін салмақтың жоғалуы су қабатында 17 м құрайды. 2015 ж. дейін мұздықтар қысқарылған, оның қазіргі қалған ауданы  $200 \text{ км}^2$ . Бассейндегі мұздықтың орташа жылдық ағысының көлемі 280 млн.  $\text{м}^3$ .*