

## **Влияние сокращения оледенения на сток рек в Средней Азии**

**Г.Е. Глазырин**

Национальный университет Узбекистана, Ташкент

*gleb.glazirin@gmx.net*

Сокращение оледенения, речной сток, ледниковый сток, реки Средней Азии, водные ресурсы

Shrinkage of glaciers, river run-off, glacial run-off, rivers of Central Asia, water resources

Существует широко распространённое мнение, что современное быстрое сокращение горного оледенения сильно влияет на сток рек. В работе выполнены расчёты приблизительной доли стока, образующегося на поверхности ледников за счёт их таяния и таяния сезонного снега.

Оказалось, что роль уменьшения площади и объёма ледников мало влияет на годовой сток. Основным источником питания рек являются атмосферные осадки. В то же время сокращение оледенения заметно сказывается на изменении внутригодового распределения стока.

**Введение.** Ледники формируют заметную часть стока рек в Средней Азии.

Очевидно, что количество талой воды, поступающей с их площади, непосредственно зависит от суммарной площади ледников в бассейнах – площади оледенения. Однако эта площадь, как известно, быстро сокращается. По поводу влияния этого процесса на сток существуют весьма разноречивые мнения: часть исследователей полагает, что уменьшение оледенения ведет к катастрофическим гидрологическим последствиям, другая, - что общие водные ресурсы при этом не изменяются, хотя режим рек, и, в первую очередь, внутригодовое распределение стока, достаточно явно реагируют на сокращение ледников.

Нашей задачей является оценка влияния современного быстрого уменьшения площади оледенения бассейнов нескольких горных рек Средней Азии на сток.

**Что такое ледниковый сток?** Прежде всего, необходимо определить, что мы понимаем под ледниковым питанием рек. В своё время имела место активная дискуссия, что включать в это понятие [1, 6, 10, 13, 16, 17 и др.]. В результате сложились две

основные точки зрения: первая – включать в ледниковое питание всю воду, образующуюся от таяния на поверхности ледника, включая сезонный снег, и даже дождь, выпадающий на нее. Вторая – таяние только льда и фирна, образовавшихся в предшествующие годы.

Первая точка зрения хороша с позиций оценки баланса массы ледников. Однако при этом из общего стока с бассейна изымается снеговая составляющая с части водосбора, занятой ледниками. Следуя этому принципу, следует, например, талый сток снега, лежащего в лесу, называть лесным, а на осыпи – осыпным. Однако это определение становится удобным при достаточно грубых расчетах абляции и стока, в частности, по летней температуре воздуха [13-15], да и для некоторых других балансовых гляциологических расчётов.

Вторая точка зрения, по нашему мнению, более правильная, чётко сформулирована А.С. Щетинниковым [18]: «ледниковое питание формируется за счёт таяния многолетних запасов льда и фирна (под которым понимается снег на ледниках, между выпадением и таянием которого прошло время не менее одного года, иначе говоря, снег, оставшийся после предыдущего гидрологического (балансового) года). Именно в этом заключается основная гидрологическая роль ледников – аккумулировать годичный избыток осадков, перераспределяя его таяние в многолетии. Сезонный снег на ледниках, стаивая в тёплое время года, участвует в *быстром влагообороте*. Нестаявшие в фирновых областях его остатки трансформируются в фирн, а затем – в лёд, которые участвуют в *замедленном влагообороте*». Именно такой подход используется обычно гидрологами при математическом моделировании стока горных рек [3-5 и др.].

Однако при наших грубых расчетах мы будем пользоваться упомянутыми выше связями таяния с летней температурой воздуха, а следовательно, определять совместно и собственно, ледниковую, и сезонную снеговую с поверхности ледников составляющие стока, то есть ледниковый сток, соответствующий первому определению, а называть его будем «стоком с поверхности ледников».

**Методика.** Объём воды, поступающей в речную сеть с ледников, можно разделить на две части: первая – обычное ежегодное таяние, которое имеет место и при стационарном состоянии оледенения, и даже при увеличении его площади. Вторая, являющаяся частью первой, – вызванная уменьшением объёма оледенения. В отдельные годы она может быть и отрицательной, когда объём ледников в результате благоприятных метеорологических условий возрастает и при этом часть воды, содержащейся в сезонном снеге, не поступает в русловую сеть. Рассмотрим каждую из двух составляющих.

Ежегодный объём талой воды с ледников ( $Qgl$ ) может быть примерно рассчитан по средней летней (июль-август) температуре воздуха на средней высоте границы питания ледников в бассейне ( $Ts(Zf)$ ) по эмпирическим формулам [13-15] и площади, покрытой ледниками ( $Fg$ ). Мы для этой цели использовали известную формулу Кренке-Ходакова, связывающую годовую абляция с  $Ts$ :

$$Ab = (9.5 + Ts)^3.$$

Таким образом, принимая, что вся талая вода попадает в сток, то есть коэффициент ледникового стока равен единице [17], получаем, что средний годовой расход ледникового питания равен:

$$Qgl = \frac{1}{31.5 \cdot 10^3} \cdot Ab(Zf) \cdot Fg, [\text{м}^3/\text{с}],$$

где стоящий впереди коэффициент обеспечивает размерность среднего годового расхода  $[\text{м}^3/\text{с}]$ , если размерность абляции  $[\text{мм}/\text{год}]$ , а площади оледенения -  $[\text{км}^2]$ .

Средняя летняя температура воздуха на средней высоте границы питания в бассейнах определялась с помощью линейной экстраполяции этой величины с ближайших (по высоте и расстоянию) метеорологических станций:

$$Ts(Zf) = Ts(Zst) + \gamma \cdot (Zf - Zst).$$

Здесь  $Zst$  – высота станции, а вертикальный градиент температуры принимался равным  $\gamma = -6.5 \text{ }^\circ\text{C}/\text{км}$ .

Высота границы питания была принята для каждого из бассейнов неизменной для расчетных периодов, так как материалы инвентаризаций показывают, что даже при быстром уменьшении площади оледенения эта величина меняется незначительно [18].

Количество воды, поступающей в реку за счет изменения объёма ледников, было рассчитано следующим образом. Объём каждого ледника в годы инвентаризаций оледенения определялся по формуле Ерасова [11]:  $v = 0.027 \cdot f^{1.5}$ ,  $[\text{км}^3]$ , где  $f$  – площадь поверхности ледника,  $[\text{км}^2]$ . Суммарный объём льда в ледниках бассейна на дату каждой инвентаризации был рассчитан, как сумма объёмов всех ледников. Затем рассчитывался суммарный объём воды, содержащейся в виде льда в ледниках. Принималось, что средняя плотность ледникового льда равна  $0.9 \text{ г}/\text{см}^3$ . Так как для каждого из выбранных бассейнов

имелось три инвентаризации, то удалось получить простые зависимости суммарного объёма воды в ледниках от площади оледенения. Заметим, что расчет делался не по обобщённой формуле [21], а по индивидуальным формулам для каждого речного бассейна, Пользуясь этими зависимостями, можно было рассчитать объёмы воды, содержащейся в ледниках, в нужные нам годы.

Периоды, для которых были выполнены расчёты, зависели от наличия данных по стоку исследуемых рек, материалов метеорологических наблюдений на опорных станциях и годов инвентаризации оледенения. Поэтому, как будет видно дальше, эти периоды оказались различными для разных бассейнов.

Очевидно, что расчётный период должен был лежать внутри периода между первой и последней инвентаризациями.

Для пяти бассейнов из шести выбранных были определены средние за расчётные периоды доли в речном стоке общего стока с ледников и его части, связанной с уменьшением площади и объёма оледенения. Для одного же – р. Сох – расчёт был сделан и для каждого года. Для этого использовалась методика расчёта ежегодных изменений площади оледенения [8, 20]. В результате удалось показать, как меняются ледниковые составляющие от года к году.

**Исходные данные.** Для решения нашей задачи необходимо было подобрать такие речные бассейны со значительным оледенением, для которых, во-первых, имеются многолетние ряды гидрологических наблюдений, во-вторых, достаточно близко и в плане, и по высоте есть метеорологические станции, также с большими периодами работы, в-третьих, существуют сведения об изменении оледенения за достаточно длительный период и было несколько, как минимум три, инвентаризации ледников. Кроме того, желательно, чтобы выбранные речные бассейны были расположены в разных районах Средней Азии, на разной высоте и имели разную степень оледенения. Задача оказалась достаточно сложной.

Прежде всего, единственная официальная полная инвентаризация ледников Средней Азии была выполнена при создании Каталога ледников СССР на основе материалов аэрофотосъёмок середины прошлого века. Для некоторых районов она была затем повторена рядом авторов, использовавших аэрофото- и космосъёмок более поздних лет.

Важной помехой явилось резкое уменьшение объёма и ухудшение качества гидрологической и метеорологической информации после распада СССР [19]. Многие горные станции и посты, данные которых исключительно важны для оценки режима оледенения, были закрыты, а материалы действующих часто вызывают сомнения. На

некоторых станциях (Ледник Федченко, Тянь-Шань и др.) стандартные наблюдения заменены автоматическими без каких-либо параллельных наблюдений. О качестве гидрологических данных на Памире говорит такой почти анекдотический факт: судя по найденным нами материалам, река Ванч в последние годы стала пересыхать на 2-3 месяца!

В результате анализа собранных материалов нами были выбраны речные бассейны и ближайшие к ним метеорологические станции, перечисленные в табл. 1.

*Таблица 1. Сведения о реках, для которых был выполнен расчет*

| Река     | Пост           | $Fb$ ,<br>км <sup>2</sup> | $Fg$ ,<br>км <sup>2</sup> | $Fg/Fb$ ,<br>% | Метеостанция | $Zst$ ,<br>км | Расчетный<br>период.<br>годы |
|----------|----------------|---------------------------|---------------------------|----------------|--------------|---------------|------------------------------|
| Ойгаинг  | Устье р. Коксу | 466                       | 34.20                     | 7.3            | Пскем        | 1.26          | 1964-2000                    |
| Пскем    | Муллала        | 2440                      | 119.8                     | 4.9            | Пскем        | 1.26          | 1965-2001                    |
| Сох      | Сарыканда      | 2480                      | 246.3                     | 9.9            | Санзар       | 1.31          | 1957-2001                    |
| Зеравшан | Худгиф         | 1100                      | 319.8                     | 29.1           | Дехавз       | 2.56          | 1962-2000                    |
| Зеравшан | Дупули         | 10200                     | 663.2                     | 6.5            | Дехавз       | 2.56          | 1957-1997                    |
| Язгулем  | Мотравн        | 1940                      | 330.8                     | 17.0           | Л. Федченко  | 4.17          | 1954-1980                    |

*Примечания:*  $Fb$  – площадь речного бассейна;  $Fg$  – суммарная площадь ледников в бассейне в начале расчетного периода;  $Fg/Fb$  – степень оледенения бассейна;  $Zst$  – высота опорной метеорологической станции.

Начальные сведения об оледенении бассейнов были взяты из соответствующих выпусков Каталога ледников СССР, конечные – из работ [2, 12, 18]. В тех случаях, когда период работы опорной метеорологической станции или гидрологического поста не охватывал весь период между инвентаризациями и станция начинала работать позже или прекращала работу раньше, площадь оледенения бассейнов на эти годы была рассчитана простой линейной интерполяцией между датами инвентаризаций. Это не относится к бассейну реки Сох, так как для него рассчитывались ежегодные изменения оледенения, о чем речь будет дальше.

Из табл. 1 видно, что, во-первых, опорные метеорологические станции в большинстве случаев расположены низко, а следовательно, для расчёта по их данным летней температуры на ледниках требуется далекая интерполяция по высоте. Во-вторых, доля оледенения бассейнов в начальные периоды расчёта лежала в пределах от 5 до 30%. В-третьих, расчётные периоды различны. Но для нашей задачи последнее не имеет значения, так как нас интересует не сравнение ледникового питания выбранных рек, а только его доля в каждой из них в период быстрого сокращения оледенения.

Из гидрометеорологических данных использованы ряды средних годовых расходов воды и средней летней температуры воздуха за соответствующие периоды.

**Результаты** описанных выше расчетов показаны в табл. 2. Прежде всего, видим, что доля стока с ледников (собственно ледникового и сезонного снегового) составляет от 12 до 60% общего годового стока рек. Наибольшей величины она достигает в верховьях р. Зеравшан (пост Худгиф). Это и понятно: доля площади бассейна, покрытая ледниками в начале расчетного периода, была там равна 29 %. Естественно, сток этой реки весьма чувствителен и к уменьшению площади оледенения: соответствующая доля стока с ледников равна примерно 16%. Велика эта доля и в р. Язгулем, что вызвано значительным уменьшением площади ледников в этом бассейне (как и вообще на южном Памире). Для остальных же четырех рек эта доля лежит в пределах первых процентов. В целом же, как мы видим, для больших рек, если говорить о расположенных в их низовьях постах, влияние сокращения оледенения незначительно и в большинстве случаев лежит в пределах точности расчётов годового стока. Для Сырдарьи и Амударьи это было показано ранее Ю.Н. Ивановым [19].

*Таблица 2. Оценка доли ледникового стока в стоке рек*

| Река     | Пост        | $Fg1$ ,<br>км <sup>2</sup> | $Fg2$ ,<br>км <sup>2</sup> | $Qa$ ,<br>м <sup>3</sup> /с | $Qg1$ ,<br>м <sup>3</sup> /с | $\frac{Qg1}{Qa}$ ,<br>% | $Qg2$ ,<br>м <sup>3</sup> /с | $\frac{Qg2}{Qa}$ ,<br>% | $Tr$ ,<br>%/год |
|----------|-------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------|
| Ойгаинг  | У. р. Коксу | 33.8                       | 25.8                       | 12.8                        | 2.71                         | 21.2                    | 0.26                         | 2.0                     | 0.2             |
| Пскем    | Муллала     | 114.4                      | 89.4                       | 76.8                        | 9.36                         | 12.2                    | 0.71                         | 0.9                     | -0.1            |
| Сох      | Сарыканда   | 663.2                      | 537.1                      | 156                         | 42.8                         | 23.8                    | 7.46                         | 7.3                     | 0.5             |
| Зеравшан | Худгиф      | 311.3                      | 268.5                      | 32.8                        | 19.1                         | 58.2                    | 5.40                         | 16.5                    | -1.0            |
| Зеравшан | Дупули      | 279.3                      | 225.1                      | 44.2                        | 10.5                         | 27.4                    | 3.22                         | 4.8                     | 0.3             |
| Язгулем  | Мотравн     | 330.4                      | 262.7                      | 36.0                        | 7.77                         | 21.6                    | 5.56                         | 15.5                    | 0.4             |

*Примечания:*  $Fg1$  и  $Fg2$  – площади оледенения бассейнов в начале и конце расчётных периодов;  $Qa$  – средний многолетний среднегодовой общий расход воды;  $Qg1$  – средний за период сток с поверхности ледников;  $Qg1/Qa$  – его доля в общем стоке реки;  $Qg2$  – средняя за период часть ледникового стока, вызванная сокращением оледенения;  $Qg2/Qa$  – его доля в среднем годовом стоке;  $Tr$  – линейный тренд средних годовых расходов воды.

Интересно сопоставить эти величины с линейными трендами общего стока рек за расчётные периоды, которые показаны в последнем столбце табл. 2. Как видим, их значения лежат в пределах одного процента и при большой межгодовой изменчивости стока – внутри статистических ошибок вычислений, то есть влияние сокращения оледенения таким образом не обнаруживается.

Посмотрим теперь, как доля стока с поверхности ледников меняется от года к году на р. р. Сох (пост Сарыканда). Прежде всего, были рассчитаны ежегодные изменения площади оледенения её бассейна с помощью методики, разработанной ранее [8, 20],

которая, помимо прочего, позволила рассчитать изменения площади за более продолжительный период – за годы предшествующие первой инвентаризации и последующие за последней. Эти результаты показаны на одном из рисунков в статье [8]. Все прочие расчёты были сделаны так же, как и для остальных бассейнов.

На рис. 1. показаны многолетние (1951-2009 годы) изменения стока р. Сох и его составляющих, связанных с ледниками.

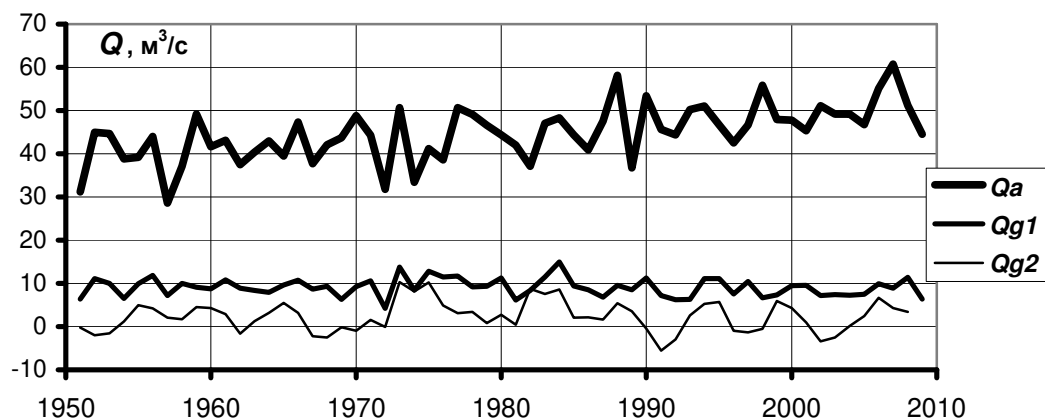


Рис. 1. Многолетние изменения стока реки Сох – пост Сарыканда ( $Qa$ ), сток, образующийся на площади оледенения бассейна ( $Qg1$ ), и часть последнего, вызванная изменением объёма ледников ( $Qg2$ ).

На рисунке хорошо видно, что сток реки монотонно увеличивается, что связано, скорее всего, с некоторым увеличением годовых сумм осадков в этом районе. В то же время сток с поверхности ледников даже для этого бассейна, имеющего значительное оледенение (см. табл. 1) составляет небольшую часть общего. Естественно, он медленно уменьшается в связи с сокращением оледенения.

Нижняя кривая на рисунке показывает долю стока, образующуюся в результате сокращения оледенения. Обращает на себя внимание то, что она бывает и отрицательной. Это происходит в благоприятные для ледников годы, когда выпавший зимой на них снег не успевает летом растаять, и оставшаяся его часть идёт на увеличение массы ледников (положительный баланс) и, соответственно, изымается из речного стока данного года.

Итак, полученные данные позволяют утверждать, что влияние современного сокращения оледенения горных речных бассейнов в Средней Азии слабо сказывается на стоке с них.

Рассмотрим еще один вопрос. Хорошо известно, что в условиях Средней Азии, особенно юго-западной её части, где осадки выпадают преимущественно в зимне-

весенний период, а лето сухое, велика роль ледников в формировании внутригодового распределения стока. Чем больше оледенение речного бассейна, тем дальше к осени сдвигается половодье. В.Л. Шульц предложил показатель внутригодового распределения стока  $\delta$ , равный отношению объёмов стока за июль-сентябрь и март-июнь. Оказалось, что значения  $\delta$  позволяют судить о типе питания реки [16, 17]. Очевидно, что при значительном сокращении оледенения этот параметр должен уменьшаться. На рис. 2 показан многолетний ход  $\delta$  для той же р. Сох. Эта река, по классификации В.Л. Шульца, имеет ледниково-снеговое питание. Как и следовало ожидать, указанный параметр заметно уменьшался в последние 50-60 лет.

В былые времена внутригодовое распределение стока в Средней Азии имело очень большое значение для сельского хозяйства, так как поля нуждаются в поливе именно в летний период. Поэтому реки, в бассейнах которых имелось оледенение и, соответственно, половодье на них происходило летом, были наиболее удобны. Однако в последние десятилетия этот фактор потерял былую роль, так как практически все крупные реки, вода которых используется для орошения, зарегулированы водохранилищами.

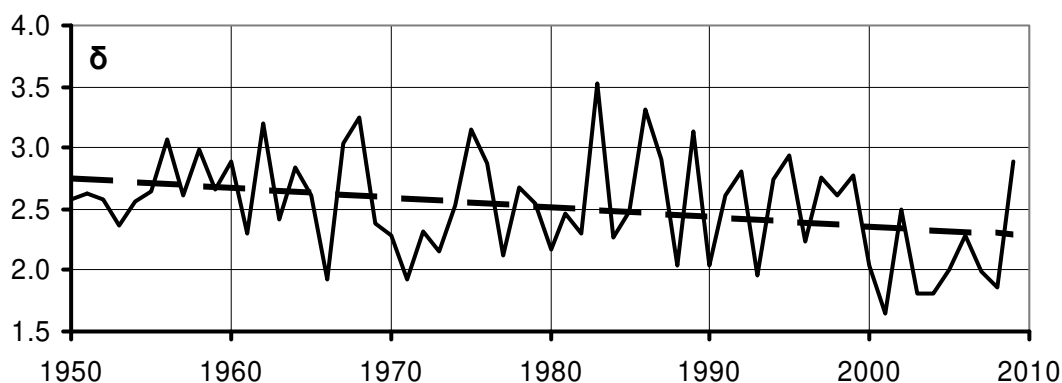


Рис. 2. Многолетний ход параметра  $\delta$  реки Сох (пост Сарыканда).

Нужно теперь сказать о **точности** наших **расчётов**. Как следует из всего сказанного выше, она, к сожалению, невелика. Ошибки связаны с целым рядом причин:

- плохое качество исходных гидрометеорологических данных;
- далекая экстраполяция летней температуры воздуха со станций на среднюю высоту границы питания ледников в бассейнах по среднему значению вертикального градиента температуры, хотя последний заметно меняется во времени и в пространстве [9];
- большая чувствительность формулы Кренке-Ходакова к ошибкам в расчёте летней температуры воздуха [7], да и «глобальность» это формулы;

- ошибки в расчёте объёмов оледенения с использованием формулы Н. Ерасова [11].  
Можно назвать и другие источники ошибок.

В целом же, однако, мы считаем, что хотя бы на качественном уровне влияние сокращения оледенения на сток горных рек показано достаточно убедительно.

**Заключение.** Наши расчеты показали, что современное изменение горного оледенения не влияет существенно на водные ресурсы рек Средней Азии, а лишь приводит к некоторому изменению внутригодового распределения стока. Конечно, подобные расчёты было бы полезно выполнить еще для ряда речных бассейнов. Однако дальнейшие уточнения, если их удастся сделать на имеющихся грубых и не всегда достоверных исходных данных, скорее всего, не изменят качественную картину и следующие из нее выводы.

## Литература

1. Авсюк Г.А. Искусственное усиление таяния льда и снега горных ледников // Тр. ИГАН. 1953. Вып. 56. С. 5-43.
2. Батыров Р.С., Яковлев А.В. Мониторинг ледников некоторых районов Гиссаро-Алая с использованием космических снимков ASTER // Тр. НИГМИ. 2004. Вып. 3(248). С. 14-21.
2. Боровикова Л.Н., Денисов Ю.М., Трофимова Е.Б., Шенцис И.Д. Математическое моделирование процесса стока горных рек. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 152 с.
4. Боровикова Л.Н., Глазырин Г.Е., Коновалов В.Г. Расчёт гидрографа стока из ледниковых бассейнов с помощью линейных моделей // Режим ледников и снежных лавин Казахстана. Алма-Ата: изд. «Наука», 1979. С. 85-95.
5. Виноградов Ю.Б., Виноградова Т.А. Современные проблемы гидрологии. М.: изд. «Академия», 2008. 319 с.
6. Владимиров Л.А. Питание рек и внутригодовое распределение речного стока на территории Грузии. Тбилиси: изд. «Мецниереба», 1964. 250 с.
7. Глазырин Г.Е. Горные ледниковые системы, их структура и эволюция. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 109 с.
8. Глазырин Г.Е., Яковлев А.В. Оценка ежегодных изменений площади оледенения речных бассейнов // МГИ. 2009. Вып. 107. С. 67-71.

9. Глазырин Г.Е., Группер С.Р., Глазырина М.Г. Изменение климата на разных высотах в Узбекистане // Тр. НИГМИ. 2007. Вып. 8(253). С. 5-14.
10. Голубев Г.Н. Гидрология ледников. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 247 с.
11. Ерасов Н.В. Метод определения объёма горных ледников // МГИ. 1968. Вып. 14. С. 307-308.
12. Карандаева Л.М. Оценка современного оледенения бассейна реки Пскем по данным ASTER TERRA // Тр. НИГМИ. 2004. Вып. 3(248). С. 96-100.
13. Кренке А.Н. Ледниковое питание рек // Гляциологический словарь /под ред. В.М. Котлякова. Л.: Гидрометеиздат, 1984. С. 209.
14. Кренке А.Н., Ходаков В.Г. О связи поверхностного таяния ледников с температурой воздуха // МГИ. 1966. Вып. 12. С. 153-164.
15. Лебедева И.М. Водно-ледовый баланс и формирование ледникового стока (наблюдения, измерения, расчёты) // Оледенение Северной и Центральной Евразии в современную эпоху. М.: изд. «Наука», 2006. С. 309-338.
16. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. Л.: Гидрометеиздат, 1963. 302 с.
17. Щеглова О.П. Питание рек Средней Азии. Ташкент: изд. СамГУ, 1960. 244 с.
18. Щетинников А.С. Морфология и режим ледников Памиро-Алая. Ташкент: изд. САНИГМИ, 1998. 219 с.
19. Glazirin G.E. Hydrometeorological monitoring system in Uzbekistan // Assessment of Snow, Glacier and Water Resources in Asia. Koblenz, 2009. P. 65-83.
20. Glazirin G., Kodama Y. Evaluation of glacierized area of mountainous river basin in transition // Bull. of Glaciol. Res. (Japan). 2003. Vol. 20. P. 1-6.
21. Meier M.F., Bahr D.B. Counting glaciers: Use of scaling method to estimate the number and size distribution of the glaciers of the world. // A tribute to Mark F. Meier. 1966. P. 89-94. (US Army CRREL Special Rep.).

**Summary.** Glaciers form a great deal of runoff of rivers in Central Asia. It is clear that amount of melted water directly depends on total area of glaciers in the river basins – their glaciation. It is well known that the area quickly reduces at present. The only complete inventory of glaciers was performed in former Soviet Union in the middle of last century. Airphoto images were used as a basis. The inventory was repeated for several river basins later using airphoto- and space images. Unfortunately there are not more than three inventories for several river basins for last half a century. Amount of water, going to a river network from glaciers, can be divided into two parts: the first is usual annual melting. It exists under stationary glaciation condition

and even during its. The second, being part of the first, is caused by reduction of the glaciation volume. It can be negative in some years when glaciers volume is increasing as a result of favorable meteorological conditions. In these cases the part of water containing in seasonal snow cover does not go to river network. Two components of the glacial feeding were calculated from six rivers located in various regions of Central Asia. It was shown that present day glaciers reduction does not lead to disastrous consequences for river run-off. It some changes annual distribution of the run-off only. The results should be considered as preliminary because of low accuracy of hydrometeorological data and number of admissions during calculation.

### Подписи к рисункам

Рис. 1. Многолетние изменения стока реки Сох – пост Сарыканда ( $Qa$ ), сток, образующийся на площади оледенения бассейна ( $Qg1$ ), и часть последнего, вызванная изменением объема ледников ( $Qg2$ ).

Рис. 2. Многолетний ход параметра  $\delta$  реки Сох (пост Сарыканда).

Fig 1. Long term change of Sokh River (Sarykanda station) run-off ( $Qa$ ), run-off forming at the glacialized area of the basin ( $Qg1$ ), and fraction of the last one due to glaciation volume change ( $Qg2$ ).

Fig. 2. Long term change of  $\delta$  parameter at Sokh River (Sarykanda station).

### Таблицы

Таблица 1. Сведения о реках, для которых был выполнен расчет

| Река     | Пост           | $Fb$ ,<br>км <sup>2</sup> | $Fg$ ,<br>км <sup>2</sup> | $Fg/Fb$ ,<br>% | Метеостанция | $Zst$ ,<br>км | Расчетный<br>период.<br>годы |
|----------|----------------|---------------------------|---------------------------|----------------|--------------|---------------|------------------------------|
| Ойгаинг  | Устье р. Коксу | 466                       | 34.20                     | 7.3            | Пскем        | 1.26          | 1964-2000                    |
| Пскем    | Муллала        | 2440                      | 119.8                     | 4.9            | Пскем        | 1.26          | 1965-2001                    |
| Сох      | Сарыканда      | 2480                      | 246.3                     | 9.9            | Санзар       | 1.31          | 1957-2001                    |
| Зеравшан | Худгиф         | 1100                      | 319.8                     | 29.1           | Дехавз       | 2.56          | 1962-2000                    |
| Зеравшан | Дупули         | 10200                     | 663.2                     | 6.5            | Дехавз       | 2.56          | 1957-1997                    |
| Язгулем  | Мотравн        | 1940                      | 330.8                     | 17.0           | Л. Федченко  | 4.17          | 1954-1980                    |

Примечания:  $Fb$  – площадь речного бассейна;  $Fg$  – суммарная площадь ледников в бассейне в начале расчетного периода;  $Fg/Fb$  – степень оледенения бассейна;  $Zst$  – высота метеорологической станции.

Таблица 2. Оценка доли ледникового стока в стоке рек

| Река    | Пост        | $Fg1$ ,<br>км <sup>2</sup> | $Fg2$ ,<br>км <sup>2</sup> | $Qa$ ,<br>м <sup>3</sup> /с | $Qg1$ ,<br>м <sup>3</sup> /с | $\frac{Qg1}{Qa}$ ,<br>% | $Qg2$ ,<br>м <sup>3</sup> /с | $\frac{Qg2}{Qa}$ ,<br>% | $Tr$ ,<br>%/год |
|---------|-------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------|
| Ойгаинг | У. р. Коксу | 33.8                       | 25.8                       | 12.8                        | 2.71                         | 21.2                    | 0.26                         | 2.0                     | 0.2             |

|          |           |       |       |       |       |      |      |      |      |
|----------|-----------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| Пскем    | Муллала   | 114.4 | 89.4  | 76.8  | 9.36  | 12.2 | 0.71 | 0.9  | -0.1 |
| Сох      | Сарыканда | 663.2 | 537.1 | 156.5 | 42.81 | 23.8 | 7.46 | 7.3  | 0.5  |
| Зеравшан | Худгиф    | 311.3 | 268.5 | 32.8  | 19.10 | 58.2 | 5.40 | 16.5 | -1.0 |
| Зеравшан | Дупули    | 279.3 | 225.1 | 44.2  | 10.50 | 27.4 | 3.22 | 4.8  | 0.3  |
| Язгулем  | Мотравн   | 330.4 | 262.7 | 36.0  | 7.77  | 21.6 | 5.56 | 15.5 | 0.4  |

*Примечания:*  $Fg1$  и  $Fg2$  – площади оледенения бассейнов в начале и конце расчетных периодов;  $Qa$  – средний многолетний среднегодовой общий расход воды;  $Qg1$  – средний за период сток с поверхности ледников;  $Qg1/Qa$  – его доля в общем стоке реки;  $Qg2$  – средняя за период часть ледникового стока, вызванная сокращением оледенения;  $Qg2/Qa$  – его доля в среднем годовом стоке;  $Tr$  – линейный тренд средних годовых расходов воды.

#### **Сведения об авторе:**

Глазырин Глеб Евлампиевич, тел.: +998-71-2567612 (дом.); +998-90-1767614 (моб.);  
E-mail: gleb.glazirin@gmx.net