ГИДРОЛОГИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ

HYDROLOGY AND CLIMATOLOGY

УДК 556.124.4

Карандаева Л.М., Карандаев С.В.

Научно-исследовательский гидрометеорологический институт,
г. Ташкент, Узбекистан

РАСЧЕТ СТОКА С ЛЕДНИКОВ ГЛЯЦИАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ БАССЕЙНА РЕКИ ПСКЕМ

Аннотация. *В САНИГМИ (ныне НИГМИ) разработана физико-статистическая модель расчета суммарного таяния и ледникового стока с ледников в бассейнах рек Средней Азии. Модель реализована в виде компьютерной программы REGMOD. Входными данными модели являются морфометрические характеристики ледников, а также гидрометеорологическая информация по данным высокогорных станций. При помощи программы REGMOD были выполнены расчеты ледникового и суммарного стока с ледников гляциальной области бассейна реки Пскем за многолетний период 1937-1976 гг. В настоящее время подготовка входных данных для REGMOD осложняется тем, что отсутствует необходимая информация о современном состоянии оледенения бассейна реки Пскем. Информация о морфометрических характеристиках ледников бассейна реки Пскем опубликована в Каталоге ледников по состоянию оледенения на 1957 г. В связи с этим на основе имеющихся сведений об объемах стока с ледников бассейна реки Пскем получены зависимости объемов ледникового и суммарного стока (сумма ледникового стока и снегового стока) от максимальной высоты снеговой границы. Вышеупомянутые зависимости предлагается использовать для оценки ледникового и суммарного стока с ледников бассейна реки Пскем.*

Ключевые слова: *бассейн реки Пскем, сток, гляциальная область, «средний» ледник, морфометрические характеристики ледника, ледниковый сток, снеговой сток, суммарный сток, максимальная высота снеговой границы, программа для ПК REGMOD.*

Karandaeva L.M., Karandaev S.V.

Hydrometeorological Research Institute, Tashkent, Uzbekistan

CALCULATION OF RUNOFF FROM GLACIERS IN THE GLACIAL REGION PSKEM RIVER BASIN

Abstract. *SANIGMI (now NIGMI) has developed a physical-statistical model for calculating the total melting and glacial runoff from glaciers in the river basins of Central Asia. The model is implemented as a computer program REGMOD. The input data of the model are the morphometric characteristics of glaciers, as well as hydrometeorological information based on data from high-mountain stations. The REGMOD program was used to calculate the glacial and total runoff from glaciers in the glacial region of the Pskem River basin for the long-term period 1937-1976. Currently, the preparation of input data for REGMOD is complicated by the fact that there is no necessary information about the current state of glaciation in the Pskem River basin. Information on the morphometric characteristics of glaciers in the Pskem River basin was published in the Catalog of Glaciers by the State of Glaciation for 1957. In this regard, based on the available information on the volumes of runoff from glaciers in the Pskem River basin, the dependences of the volumes of glacial and total runoff (the sum of glacial runoff and snow runoff) were obtained. from the maximum height of the snow line. The above dependences are proposed to be used to assess the glacial and total runoff from the glaciers in the Pskem River basin.*

***Key words**: Pskem river basin, runoff, glacial area, "middle" glacier, glacier morphometric characteristics, glacial runoff, snow runoff, total runoff, maximum height of the snow boundary, REGMOD PC program.*

Введение и постановка проблемы. Для Республики Узбекистан при высоком агрометеорологическом потенциале территории особенно важным компонентом являются водные ресурсы. Сельское хозяйство является одним из приоритетных секторов экономики Узбекистана и играет ключевую роль в занятости населения. Особенностью сельского хозяйства является чрезвычайно высокая зависимость от искусственного орошения. Орошаемое земледелие потребляет порядка 90% от общего объема воды, используемой в Республике. Ледники являются вторым по значимости после сезонного снега источником питания рек Средней Азии. В связи с этим вопросам изучения оледенения уделялось большое внимание: в работах Б.А. Камалова по бассейну реки Сырдарьи [3], Е.К. Вилесова, И.С. Соседова и К.Г. Макаревича для Заилийского Алатау [1, 19], А.С. Щетинникова [21-23] для Памиро-Алая, и в целом, для территории Средней Азии в работе А.Д. Долгушина, Г.Б. Осиповой и О.В. Рототаевой [2]. При изучении горных ледников в современных условиях используются данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса и географические информационные технологии (ГИС) [5, 6, 8, 18].

Работ, посвященных изучению ледникового стока и его вклада в общий сток рек, относительно немного. Связано это, прежде всего, с большой трудностью измерения стока с ледников в полевых условиях. Во многих работах приводятся, как правило, результаты расчетов средних величин ледникового питания и оценки среднего многолетнего вклада ледникового питания в годовой и сезонный сток ряда рек Средней Азии. В летний период, когда жидкие осадки практически отсутствуют, доля ледникового питания в стоке рек с бассейнами с развитым оледенением достигает 35-55% [4].

Изученность проблемы. Исследования в области изучения суммарного таяния и ледникового стока в бассейнах рек Средней Азии на основе расчетных методов проводились В.Г. Коноваловым [9-17]. В САНИГМИ (ныне НИГМИ) В.Г. Коноваловым разработана физико-статистическая модель расчета суммарного таяния и ледникового стока с ледников в бассейнах рек Средней Азии [13, 16]. Модель реализована в виде компьютерной программы REGMOD.

Для описания и расчета процесса суммарного таяния ледников и ледникового стока все множество ледников, находящихся в одном речном бассейне, рассматривается как единая гляциальная область [13, 16]. В пределах гляциальной области выделяют районы-подмножества (группы), объединяющие произвольное количество единичных ледников. Выделение в речных бассейнах групп ледников выполняется с помощью схем расположения ледников, приведенных в Каталогах ледников. Для каждой группы ледников рассчитывались морфометрические характеристики «среднего» ледника. Расчет морфометрических характеристик «средних» ледников производили, разработанные А.С. Щетинниковым, сервисные программы банка данных (БД) «Ледники» [24]. Совокупность морфометрических характеристик образует портрет «среднего» ледника для каждой группы. Затем характеристики «средних» ледников использовались как входная информация в расчетах суммарного таяния и ледникового стока по программе REGMOD. В качестве примера в таблице 1 приведены морфометрические характеристики «средних» ледников по районам гляциальной области бассейна реки Пскем.

Объектом исследования данной работы выбран бассейн реки Пскем. Максимальный сток реки Пскем формируется в мае-июне и составляет 36% годового стока реки. Доля стока в июле-августе также существенна и составляет 31% годового стока реки. Столь большая доля стока реки Пскем в летние месяцы, когда запасы сезонного снега в горах в основном истощаются, обусловлена существованием здесь

ледников. Предметом исследования данной работы является сток с ледников гляциальной области бассейна реки Пскем.

Таблица 1

Морфометрические характеристики «средних» ледников по районам гляциальной области в бассейне реки Пскем (данные А.С. Щетинникова, 1957 г.)

Номер района	Район гляциальной области (группа ледников)	n_k	$\overline{F(n_k)}$	z_K	$z_{ФГ}$	z_H	$z_{ВГМ}$	$\overline{h_C}(z_K)$
1	ЮВ склон Угамского хребта	42	0,454	3,301	3,535	3,802	3,337	15,0
2	СЗ склон Майдантальского хребта	34	0,671	3,306	3,614	3,941	3,343	15,0
3	ЮВ склон Майдантальского хребта	24	0,357	3,336	3,622	3,864	0,0	0,0
4	СЗ склон Пскемского хребта	87	0,654	3,516	3,753	4,069	3,565	17,5
5	ЮЗ склон Таласского хребта	9	0,376	3,718	3,897	4,076	0,0	0,0

Примечания

1 n_k – количество ледников в группе;

2 $\overline{F(n_k)}$ – площадь «среднего » ледника в группе n_k, км^2;

3 z_K – высота конца ледника, км;

4 $z_{ФГ}$ – высота фирновой границы, км;

5 z_H – высота начала ледника, км;

6 $z_{ВГМ}$ – верхняя граница сплошной морены, км;

7 $\overline{h_C}(z_K)$ – средняя толщина сплошной морены на конце ледника, см

Материалы и методы. При помощи программы REGMOD были выполнены расчеты ледникового $W_{ГЛ}(V\text{-}X)$, снегового $W_{СН}(V\text{-}X)$ и суммарного $V_M(V\text{-}X) = W_{СН}(V\text{-}X) + W_{ГЛ}(V\text{-}X)$ стока с ледников бассейна реки Пскем за многолетний период 1937-1976 гг. Ледниковый сток складывается из таяния льда под мореной, открытого льда и фирна. Снеговое таяние складывается из таяния зимнего снега и летнего снега.

Одними из входных данных модели являются параметры, которые постоянны в течение расчетного периода: площадь ледника и сплошной морены, абсолютные высоты начала и конца ледника, фирновой границы, верхней границы сплошного моренного покрова, распределение площади оледенения по высоте, т.е. морфометрические характеристики ледников (см. табл. 1). В настоящее время подготовка входных данных для программы REGMOD осложняется тем, что не существует необходимой информации о современном состоянии оледенения бассейна реки Пскем. На данный момент информация о морфометрических характеристиках ледников бассейна реки Пскем опубликована в Каталоге ледников по состоянию оледенения на 1957 г. [7].

Цель данной работы: на основе имеющихся сведений об объемах ледникового $W_{ГЛ}(V\text{-}X)$ стока и суммарного $V_M(V\text{-}X)$ стока с ледников гляциальной области бассейна реки Пскем получить зависимости $W_{ГЛ}(V\text{-}X) = f(Z_{МАКС})$ и $V_M(V\text{-}X) = f(Z_{МАКС})$, от максимальной высоты снеговой границы $Z_{МАКС}$.

Математико-статистическая обработка данных и построение графиков выполнены при помощи пакета программного обеспечения на ПК MS EXCEL.

Результаты и их обсуждение. Для выявления зависимостей между объемами ледникового и суммарного стока с ледников и максимальной высотой снеговой границы на ледниках бассейна реки Пскем были использованы результаты расчетов по программе REGMOD за многолетний период 1937-1976 г.г. В таблице 2, как пример, представлены рассчитанные по программе REGMOD объемы ледникового и суммарного стока с ледников бассейна реки Пскем.

Таблица 2

Объемы суммарного таяния снега и льда, снегового и ледникового таяния в бассейне реки. Пскем (млн. м^3)

Годы	1 район			2 район			3 район			4 район			5 район		
	$W_{Сн}$	$W_{Гл}$	$V_М$	$W_{Сн}$	$W_{Гл}$	$V_М$	$W_{Сн}$	$W_{Гл}$	$V_М$	$W_{Сн}$	$W_{ГЛ}$	$V_М$	$W_{Сн}$	$W_{Гл}$	$V_М$
1937	33,7	29,3	63,0	38,2	34,3	72,5	14,4	11,5	25,9	69,6	109,8	179,4	3,3	2,3	5,6
1938	36,8	30,5	67,3	42,1	37,6	79,7	15,7	14,8	30,5	74,2	75,9	150,1	3,2	3,7	6,9
1939	32,7	53,8	86,5	37,5	59,6	97,1	14,7	18,7	33,4	73,6	109,2	182,8	3,9	4,0	7,9
1940	35,7	23,0	58,7	40,9	24,2	65,1	15,1	6,7	21,8	72,3	65,4	137,7	3,3	1,8	5,1
1941	43,2	7,3	50,5	52,0	6,9	58,9	18,0	1,8	19,8	89,4	26,6	116,0	3,2	0,4	3,6
1942	38,5	7,3	45,8	43,8	6,9	50,7	15,2	1,9	17,1	72,5	18,4	90,9	2,6	0,4	3,0
1943	33,0	24,6	57,6	38,3	26,5	64,8	14,4	7,5	21,9	64,3	58,9	123,2	3,1	3,6	6,7
1944	36,7	53,6	90,3	42,5	56,3	98,8	16,5	15,6	32,1	80,3	111,8	192,1	4,3	4,6	8,9
1945	44,4	13,9	58,3	50,6	13,3	63,9,0	17,6	3,5	21,1	89,5	73,6	163,1	3,4	1,4	4,8

Уравнения для расчета ледникового и суммарного стока с ледников бассейна реки Пскем. Для определения $Z_{МАКС}$ в районах гляциальной области бассейна реки Пскем получены следующие выражения [16]:

Район 1: $Z_{МАКС} = 3{,}539 - 0{,}524 * I_В$ $R = 0{,}837$ (1)

Район 2: $Z_{МАКС} = 3{,}614 - 0{,}622 * I_В$ $R = 0{,}855$ (2)

Район 3: $Z_{МАКС} = 3{,}593 - 0{,}553 * I_В$ $R = 0{,}813$ (3)

Район 4: $Z_{МАКС} = 3{,}784 - 0{,}574 * I_В$ $R = 0{,}806$ (4)

Район 5: $Z_{МАКС} = 3{,}819 - 0{,}375 * I_В$ $R = 0{,}810$ (5)

Индекс годового баланса ледников $I_В$ в бассейне реки Пскем рассчитывается как разность аномалий суммы осадков за октябрь-июнь и средней месячной температуры воздуха за май-сентябрь по данным метеостанции Пскем [16]:

$$I_B = ((q_{X-VI} - \overline{q_{X-VI}}) / \overline{q_{X-VI}}) - ((T_{V-IX} - \overline{T_{V-IX}}) / \overline{T_{V-IX}}) \quad (6)$$

«Физический смысл понятия об индексе баланса состоит в том, что безразмерные аномалии сумм зимне-весенних осадков, весенне-летних или летне-осенних температур воздуха рассматриваются как индикаторы соответственно аккумуляции и абляции в гляциальных областях. Тогда в каждом году разность аномалий этих индикаторов приобретает смысл относительной оценки годового баланса отдельного ледника или их группы» [16, с. 73].

В результате проведенных исследований с использованием рассчитанных по программе REGMOD значений ледникового стока (см. табл. 2), получены следующие зависимости ледникового стока от максимальной высоты снеговой границы:

Район 1: $W_{ГЛ}(V-X) = 1E-12 * (Z_{МАКС})^{23{,}898}$, $R = 0{,}846$ (7)

Район 2: $W_{ГЛ}(V-X) = 1E-10 * (Z_{МАКС})^{20{,}096}$, $R = 0{,}863$ (8)

Район 3: $W_{ГЛ}(V-X) = 4E-13 * (Z_{МАКС})^{20{,}662}$, $R = 0{,}821$ (9)

Район 4: $W_{ГЛ}(V-X) = 7E-12 * (Z_{МАКС})^{21{,}987}$, $R = 0{,}807$ (10)

Район 5: $W_{ГЛ}(V-X) = 2E-26 * (Z_{МАКС})^{43{,}999}$, $R = 0{,}807$ (11)

Как видно, коэффициент корреляции R для всех полученных уравнений больше 0,8. Эффективность расчета (S/σ) равна: 0,71; 0,68; 0,66; 0,68; 0,76 соответственно. Критерием эффективности расчета служило следующее условие [20]:

при $N >= 25$ $S/\sigma <= 0{,}80$,

где N – длина ряда, S – средняя квадратичная погрешность расчетов, σ – среднее квадратичное отклонение исходного ряда.

S и σ рассчитываются по формулам:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{N}\left(W_{ГЛ_i} - W^{*}_{ГЛ_i}\right)^2}{N-1}} \qquad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{N}\left(W_{ГЛ_i} - \overline{W_{ГЛ}}\right)^2}{N-1}}, \qquad (12)$$

где $W_{ГЛ_i}$ – рассчитаны по программе REGMOD (исходные данные), $W^{*}_{ГЛ_i}$ – рассчитаны соответственно по формулам (7)-(11), $\overline{W_{ГЛ}}$ – среднее значение исходного ряда.

Существование зависимостей $W_{ГЛ} = f(Z_{МАКС})$ имеет методическое и практическое значение. Избегая трудоемкой подготовки входной информации, необходимой для проведения расчетов по программе REGMOD и используя зависимости (7)-(11), можно рассчитать ледниковый сток $W_{ГЛ}$ с ледников по районам гляциальной области бассейна реки Пскем. $W_{ГЛ}$ с ледников всей гляциальной области бассейна реки Пскем рассчитывается как сумма $W_{ГЛ}$ по пяти районам. На рисунке 1 представлен межгодовой ход объемов ледникового стока, рассчитанных по программе REGMOD (линии синего цвета) и рассчитанных по уравнениям 7-11.

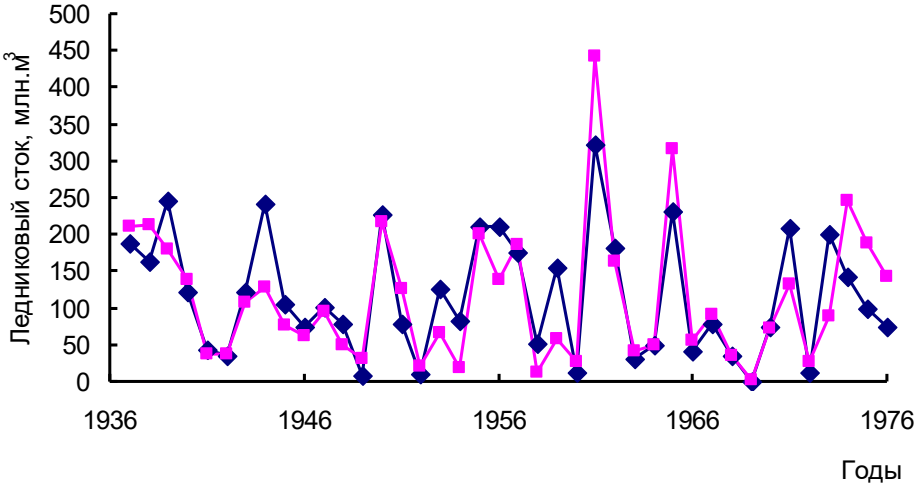


Рис. 1. Межгодовой ход объемов ледникового стока с ледников бассейна реки Пскем

Получены также зависимости суммарного стока $V_M = W_{ГЛ} + W_{СН}$ с ледников бассейна реки Пскем от максимальной высоты снеговой границы:

Район 1: $V_M = 0{,}0067*(Z_{МАКС})^{7{,}0854}$, $R = 0{,}856$ (13)

Район 2: $V_M = 0{,}0191*(Z_{МАКС})^{6{,}2314}$, $R = 0{,}823$ (14)

Район 3: $V_M = 0{,}0010*(Z_{МАКС})^{7{,}7531}$, $R = 0{,}813$ (15)

Район 4: $V_M = 0{,}0011*(Z_{МАКС})^{8{,}6305}$, $R = 0{,}738$ (16)

Район 5: $V_M = 0{,}0002*10^{-7}*(Z_{МАКС})^{19{,}2122}$, $R = 0{,}700$ (17)

Эффективность расчета (S/σ) равна: 0,66; 0,64; 0,64; 0,64; 0,74 соответственно. На рисунке 2 представлен межгодовой ход объемов суммарного стока, рассчитанных по программе REGMOD (линии синего цвета) и рассчитанных по уравнениям 13-17.

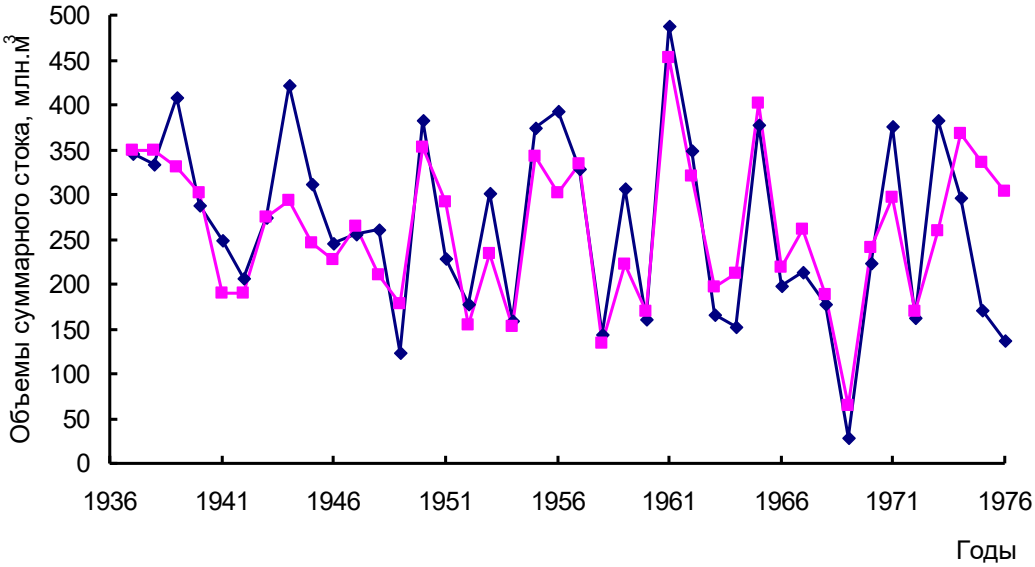


Рис. 2. Межгодовой ход объемов суммарного стока с ледников бассейна реки Пскем

Вклад стока с ледников бассейна реки Пскем в сток реки Пскем (с. Муллала). Используя зависимости (7)-(11) и (13)-(17), были рассчитаны объемы ледникового и суммарного стока с ледников бассейна реки Пскем за многолетний период с 1977 г. по 2021 г. В таблице 3 приведены средние многолетние (1937-2021 гг.) значения $W_{ГЛ}$ и V_M, а также средние многолетние $W_{СН}$ ($W_{СН} = V_M - W_{ГЛ}$) и их вклады в средний годовой сток реки Пскем (с. Муллала).

Таблица 3

Бассейн реки Пскем. Вклады $W_{ГЛ}$, $W_{СН}$ и V_M в сток реки

V_O, млн. м^3	$W_{ГЛ}$(V-X), млн.м^3	$W_{ГЛ}$ / V_O, %	$W_{СН}$(V-X), млн.м^3	$W_{СН}$ / V_O, %	V_M(V-X), млн.м^3	V_M /V_O, %
2441,1	102,0	4,2	150,1	6,1	252,1	10,3

Примечания
1 V_O – средний годовой объем стока реки Пскем (с. Муллала)
2 $W_{ГЛ}$ – объем ледникового стока
3 V_M – объем суммарного стока
4 $W_{СН}$ – объем снегового стока, $W_{СН} = V_M - W_{ГЛ}$

Как следует из данных таблицы 3, по нашим расчетам, средние многолетние значения $W_{ГЛ}$, $W_{СН}$ и V_M с гляциальной области бассейна реки Пскем составляют от стока реки Пскем (с. Муллала) 4,2%, 6,14% и 10,3% соответственно.

На рисунке 3 показана динамика вкладов стока с ледников бассейна реки Пскем в годовой сток реки Пскем (с. Муллала) в базовом и текущем климатическом периодах. Как видно, в текущем климатическом периоде наблюдается тенденция увеличения вклада стока с ледников в сток реки.

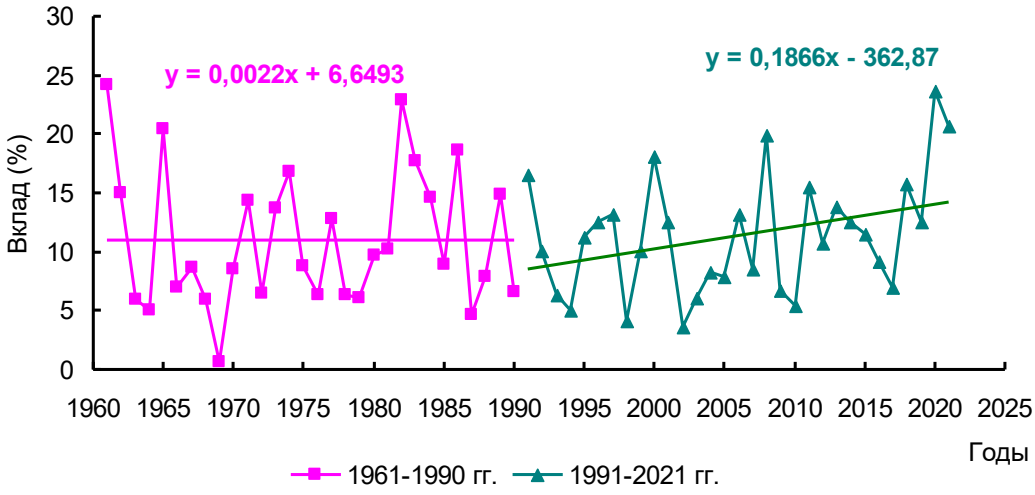


Рис. 3. Межгодовой ход вкладов стока с ледников бассейна реки Пскем в сток реки двух климатических периодов: базового и текущего

Выводы. Данная работа посвящена выявлению зависимостей ледникового и суммарного стока с ледников гляциальной области бассейна реки Пскем от максимальной высоты снеговой границы.

В результате проведенного исследования для пяти районов гляциальной области бассейна реки Пскем получены:

– зависимости ледникового стока $W_{ГЛ}$ от максимальной высоты снеговой границы;

– зависимости суммарного стока V_M от максимальной высоты снеговой границы.

Ледниковый сток $W_{ГЛ}$ (суммарный сток V_M) с ледников всей гляциальной области бассейна реки Пскем рассчитывается как сумма $W_{ГЛ}$ (V_M) по пяти районам.

По предложенным уравнениям рассчитаны значения объемов ледникового стока $W_{ГЛ}$, суммарного стока V_M и снегового стока $W_{СН}$ ($W_{СН} = V_M - W_{ГЛ}$) с ледников бассейна реки Пскем за многолетний период с 1977 г. по 2021 г. Рассчитаны их средние многолетние 1937-2021 гг. вклады в сток реки Пскем (с. Муллала).

Как показали выполненные расчеты, вклады $W_{ГЛ}$, $W_{СН}$ и V_M с ледников бассейна реки Пскем в сток реки Пскем (с. Муллала) составляют 4,2%, 6,1% и 10,3% соответственно. В текущем климатическом периоде наблюдается тенденция увеличения вклада стока с ледников в сток реки.

Используя предлагаемые зависимости, в условиях отсутствия входной информации, необходимой для проведения расчетов по программе REGMOD, можно рассчитать сток с ледников гляциальной области бассейна реки Пскем.

Использованная литература:

1. Вилесов Е.К., Соседов И.С., Макаревич К.Г. и др. Опыт оценки ледникового стока рек северного склона Заилийского Алатау // Вестник АН КазССР. 1973. № 11 (373). С. 25-31.

2. Долгушин А.Д., Осипова Г.Б., Рототаева О.В. Морфометрическая характеристика современного оледенения гор Средней Азии // МГИ. Хроника. Обсуждения. Москва, 1972. С. 169-184.

3. Камалов Б.А. Современное оледенение и сток с ледников в бассейне Сырдарьи // Труды САРНИГМИ. 1974. Вып. 12 (93). 77 с.

4. Карандаева Л.М. Прогнозы стока рек Вахш и Зеравшан на июль, август, сентябрь: автореферат дисс. … канд. тех. наук. Ташкент, 2004. 25 с.

5. Карандаев С.В., Карандаева Л.М. Оценка современного оледенения бассейна ледника Зеравшанский // Центральноазиатский журнал географических исследований. 2021. № 3-4. С. 75-

86.

6. Карандаева Л.М. Оценка современного оледенения бассейна реки Пскем по данным ASTER TERRA // Труды НИГМИ. 2004. Вып. 3 (248). С. 96-100.

7. Каталог ледников СССР. Том 14. Вып. 3. Ч. 1, 2. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1982. 120 с.

8. Климов С.И., Сергеева О.А., Мухтаров Ш.Т. Оценка скорости деградации оледенения в бассейнах рек Чирчик, Чаткал, Кашкадарья и Сурхандарья // Бюллетень «Изменение климата. Причины, последствия и меры реагирования». Выпуск №10. Ташкент, 2016. С. 51-63.

9. Коновалов В.Г. Исследование компонентов индекса баланса аккумуляции и таяния в гляциальных областях Средней Азии // Труды САНИИ Госкомгидромета. 1986. Вып. 107 (188). С. 98-109.

10. Коновалов В.Г. Модель движения снеговой границы на леднике в течение абляционного периода // Труды САРНИГМИ. 1979. Вып. 64 (145). С. 130-138.

11. Коновалов В.Г. Обобщение морфометрических характеристик оледенения в отдельных водосборах // Труды САНИГМИ. 1979. Вып. 63 (144). С. 68-77.

12. Коновалов В.Г. Расчет и прогноз таяния ледников Средней Азии. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1979. 230 с.

13. Коновалов В.Г. Статистическая модель гляциальной области для расчета суммарного таяния ледников // Труды САНИИ Госкомгидромета. 1984. Вып. 105 (186). С. 92-98.

14. Коновалов В.Г. Таяние и сток в гляциальных областях // Труды САРНИГМИ. 1979. Вып. 63 (144). С.51-63.

15. Коновалов В.Г. Таяние и сток с ледников в бассейнах рек Средней Азии. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1985. 237 с.

16. Коновалов В.Г. Физико-статистическая модель суммарного таяния в гляциальной области // Труды САНИИ Госкомгидромета. 1982. Вып.84 (165). С. 3-20.

17. Коновалов В.Г. Эмпирические формулы для расчета таяния на ледниках // Труды САРНИГМИ. 1978. Вып. 44 (125). С. 41-53.

18. Кудышкин Т.В., Тарасов Ю.А., Яковлев А.В. Изменение оледенения речных бассейнов с преобладанием малых ледников во второй половине XX-начале XXI века // Вопросы географии и геоэкологии. 2014. № 4. С. 45-54.

19. Макаревич К.Г. и др. Оледенение Заалийского Алатау. Москва: Наука, 1969. 287 с.

20. Наставление по службе прогнозов. Раздел 3. Ч. 1. Прогнозы режима вод суши. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1982. 193 с.

21. Щетинников А.С. Оледенение Гиссаро-Алая. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1981. 117 с.

22. Щетинников А.С. Морфология оледенения речных бассейнов Памиро-Алая по состоянию на 1980 г.: Справочник. Ташкент, 1997. 149 с.

23. Щетинников А.С. Морфология и режим ледников Памиро-Алая. Ташкент. 1998. 216 с.

24. Щетинников А.С., Яковлев А.В. Состав и функциональные возможности банка данных «Ледники» на ПЭВМ // Труды САНИГМИ. 2000. Вып. 153 (234). С. 167-178.

References:

1. Vilesov E.K, Sosedov I.S., Makarevich K.G. and etc. (1973), Experience in assessing the glacial runoff of the rivers of the northern slope of the Zailiysky Alatau, *Bulletin of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR*, № 11(373), pp. 25-31. (in Russ.).

2. Dolgushin A.D., Osipova G.B., Rototaeva O.V. (1972), Morphometric characteristics of modern glaciation of the mountains of Central Asia, *Materials of glaciological studies*. *Chronicle. Discussions.* Moscow, pp. 169-184. (in Russ.).

3. Kamalov B.A. (1974), Modern glaciation and runoff from glaciers in the Syrdarya basin, *Proceedings of SARNIGMI*, Issue 12 (93), 77 p. (in Russ.).

4. Karandaeva L.M. (2004), Forecasts of the runoff of the Vakhsh and Zeravshan rivers for July, August, September: *Abstract of the diss. … candidate of technical sciences*, Tashkent, 25 p. (in Russ.).

5. Karandaev S.V., Karandaeva L.M. (2021), Assessment of current glaciation of the Zeravshanskiy glacier basin, *Central Asian journal of the geographical recearches*, No. 3-4, pp. 75-86. (in Russ.).

6. Karandaeva L.M. (2004), Assessment of modern glaciation of the Pskem river basin according to ASTER TERRA, *Proceedings of NIGMI*, Issue 3 (248), pp. 96-100. (in Russ.).

7. *Catalog of glaciers of the USSR* (1982), Vol. 14. Issue 3. Parts 1,2, *Leningrad*. 120 p. (in Russ.).

8. Klimov S.I., Sergeeva O.A., Mukhtarov Sh.T. (2016), Assessment of the rate of glaciation degradation in the basins of the Chirchik, Chatkal, Kashkadarya and Surkhandarya rivers, *Bulletin «Climate change. Causes, consequences and response measures»,* Issue No. 10. Tashkent, pp. 51-63. (in Russ.).

9. Konovalov V.G. (1986), Study of the components of the accumulation and melting balance index in the glacial regions of Central Asia, *Proceedings of SANII Goskomgidrometa,* Issue 107 (188), pp. 98-109. (in Russ).

10. Konovalov V.G. (1979), Model of the movement of the snow boundary on the glacier during the ablation period, *Proceedings of SARNIGMI,* Issue 64 (145), pp. 130-138. (in Russ.).

11. Konovalov V.G. (1979), Generalization of the morphometric characteristics of glaciation in individual watersheds, *Proceedings of SARNIGMI,* Issue 63 (144), pp. 68-77. (in Russ.).

12. Konovalov V.G. (1984), Statistical model of the glacial area for calculating the total glacier melt, *Proceedings of SANII Goskomgidrometa,* Issue 105 (186), pp. 92-98. (in Russ.).

13. Konovalov V.G. (1979), Melting and runoff in glacial areas, *Proceedings of SARNIGMI*, Issue 63 (144), pp. 51-63. (in Russ.).

14. Konovalov V.G. (1979), *Calculation and forecast of melting glaciers in Central Asia*, Leningrad, 230 p. (in Russ.).

15. Konovalov V.G. (1985), *Melting and runoff from glaciers in the river basins of Central Asia*, Leningrad, p 237. (in Russ.).

16. Konovalov V.G. (1982), Physico-statistical model of the total melting in the glacial region, *Proceedings of SANII Goskomgidrometa,* Issue 84 (165), pp. 3-20. (in Russ.).

17. Konovalov V.G. (1978), Empirical Formulas for Calculating Glacier Melt, *Proceedings of SARNIGMI*, Issue 44(125), pp. 41-53. (in Russ.).

18. Kudyshkin T.V., Tarasov Yu.A., Yakovlev A.V. (2014), Changes in glaciation of river basins with the predominance of small glaciers in the second half of the XX – beginning of the XXI century, *Questions of geography and geoecology*, No. 4, pp. 45-54. (in Russ.).

19. Makarevich K.G. and etc. (1969), *Glaciation of the Trans-Ali Alatau*, *Moscow,* 287 p. (in Russ.).

20. *Forecast service guide*. *Section 3. Part 1. Forecasts of land water regime* (1982), Leningrad, 193 p. (in Russ.).

21. Shchetinnikov A.S. (1981), *Glaciation of Gissar-Alay*, Leningrad, 117 p. (in Russ.).

22. Shchetinnikov A.S. (1997), *Morphology of glaciation of the Pamir-Alai river basins as of 1980: Reference book*, Tashkent, 149 p. (in Russ.).

23. Shchetinnikov A.S. (1998), *Morphology and regime of the Pamir-Alai glaciers*, Tashkent, 216 p. (in Russ.).

24. Shchetinnikov A.S., Yakovlev A.V. (2000**),** The composition and functionality of the data bank «Glaciers» on a PC, *Proceedings of SANIGMI*, Issue 153 (234), pp. 167-178. (in Russ.).

Сведения об авторах:

Карандаева Лидия Михайловна – Научно-исследовательский гидрометеорологический институт (Ташкент, Узбекистан), кандидат технических наук, старший научный сотрудник. E-mail: karan.serg@rambler.ru.

Карандаев Сергей Витальевич – Научно-исследовательский гидрометеорологический институт (Ташкент, Узбекистан), старший научный сотрудник. E-mail: karan.serg@rambler.ru.

Information about authors:

Karandaeva Lidiya – Hydrometeorological Research Institute (Tashkent, Uzbekistan), candidate of technical sciences, senior researcher. E-mail: karan.serg@rambler.ru.

Karandaev Sergey – Hydrometeorological Research Institute (Tashkent, Uzbekistan), senior researcher. E-mail: karan.serg@rambler.ru.

Для цитирования:

Карандаева Л.М., Карандаев С.В. Расчет стока с ледников гляциальной области бассейна реки Пскем // Центральноазиатский журнал географических исследований. 2023. № 1-2. С. 138-147.

For citation:

Karandaeva L.M., Karandaev S.V. (2023), Calculation of runoff from glaciers in the glacial region Pskem river basin, *Central Asian journal of the geographical researches*, No. 1-2, pp. 138-147. (In Russ.).