

Guniya G.S., Tskvitinidze Z.I., Kholmatzhanov B.M., Fatkhullaeva Z.N. Foehn Influence on Air Pollution Processes in the Mountain Regions // Russian Meteorology and Hydrology, Vol. 35, No. 6, 2010. - PP. 406–410. doi: 10.3103/S1068373910060075

Khikmatov F., Frolova N., Turgunov D., Khikmatov B., Ziyayev R. Hydrometeorological Conditions of Low-Water Years in The Mountain Rivers of Central Asia // IJSTR, Vol. 9 (02), 2020. www.ijstr.org

Marchi L., Borga M., Preciso E., Gaume E. Characterisation of selected extreme flash floods in Europe and implications for flood risk management // Journal of Hydrology. No. 394 (1–2). 2010. - PP. 118–133.

Myagkov S.V., A model of water and salt exchange between a river and groundwater // IAHS Publ. No. 229, 1995. – PP. 249-254.

Rostam Afshar, Nasser. Application of mathematical modelling in rainfall forecast: a case study in SGS. Sarawak basin // International Journal of Research in Engineering and Technology. Volume: 03 Issue: 11,2014. <http://www.ijret.org>

Water and Climate Change. ISBN 978-92-3-100371-4. UNESCO, 2020, - 236 p. [www.unesco.org/water/wwap](http://www.unesco.org/water/wwap)

УДК: 551.324.433+556.0

## РАСЧЕТ СТОКА С ЛЕДНИКОВ ГЛЯЦИАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ БАССЕЙНА РЕКИ ЗЕРАВШАН

Л.М. КАРАНДАЕВА<sup>1\*</sup>, С.В. КАРАНДАЕВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, [karan.serg@rambler.ru](mailto:karan.serg@rambler.ru)

**Аннотация:** В Научно-исследовательском гидрометеорологическом институте (НИГМИ) разработана физико-статистическая модель процессов аккумуляции и абляции для совокупности ледников в бассейнах рек Средней Азии. Эта модель реализована в виде компьютерной программы REGMOD. Входными данными модели являются морфометрические характеристики ледников, а также гидрометеорологическая информация по данным высокогорных метеорологических станций. По программе REGMOD выполнены расчеты снегового и ледникового стока с ледников гляциальной области бассейна реки Зеравшан за многолетний период 1935-1993 гг. В настоящее время подготовка входных данных для программы REGMOD осложняется тем, что не существует необходимой информации о современном оледенении бассейна реки Зеравшан. В связи с этим на основе уже имеющихся сведений об объемах ледникового и снегового стока с ледников бассейна реки Зеравшан получены зависимости объемов ледникового и снегового стока от максимальной высоты снеговой границы. Вышеуказанные зависимости предлагается использовать для оценки ледникового и снегового стока с ледников гляциальной области бассейна реки Зеравшан.

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

**Введение.** Ценность воды в условиях орошаемого земледелия Средней Азии общеизвестна. Рациональное использование водных ресурсов – одна из главных составляющих современной стратегии природопользования и устойчивого развития на национальном уровне, а проблемы совместного использования водных ресурсов трансграничных бассейнов все чаще становятся предметом сложных межгосударственных переговоров. Рациональное использование воды в регионе требует тщательного изучения

\* Ответственный автор: [karan.serg@rambler.ru](mailto:karan.serg@rambler.ru), тел.: +998 71 235-80-01; +998 91 136-05-12

всех источников питания среднеазиатских рек. В связи с этим оценки снежно-ледовых ресурсов в областях формирования стока рек являются основой системы рационального водопользования, водохозяйственного строительства, управления и прогноза водных ресурсов для развития экономики Среднеазиатского региона. Оценки гидрологического режима ледников необходимы для анализа эволюции оледенения. Особенность рассматриваемой задачи заключается в том, что сток с ледников гляциальных областей бассейнов рек может быть получен только расчетными методами.

Вопросам изучения оледенения уделялось и уделяется большое внимание. Важно отметить вклад Т.С. Абальян в изучение ледниковой составляющей реки Вахш [Абальян, 1980], работы А.Н. Диких [Диких, 1993] и А.О. Кемериха [Кемерих, 1972, 1974], посвященных изучению роли ледников в формировании общего стока и ледникового стока рек Тянь-Шаня, Памира и Памиро-Алая. До настоящего времени монография О.П. Щегловой [Щеглова, 1960] является фундаментальным исследованием питания рек Средней Азии. Исследования в области изучения суммарного таяния и ледникового стока в бассейнах рек Средней Азии на основе расчетных методов проводились В.Г. Коноваловым [Коновалов, 1978, 1979, 1982, 1984, 1985, 1986]. Из многочисленных его научных работ выделяются две монографии [Коновалов, 1979, 1985]. В САНИГМИ (ныне НИГМИ) В.Г. Коноваловым разработана физико-статистическая модель процессов аккумуляции и абляции для совокупности ледников в бассейнах рек Средней Азии. Эта модель реализована в виде компьютерной программы REGMOD для расчетов многолетних рядов объемов ледникового и снегового стока с ледников.

**Объектом исследований** данной работы выбран бассейн реки Зеравшан, так как основная зона потребления стока реки расположена в Узбекистане. Формирование водных ресурсов реки Зеравшан происходит на территории Таджикистана за счет ледникового и снегового таяния. В бассейне реки проживает около 6 миллионов человек или 11% населения страны. Равнинная часть долины реки Зеравшан густо населена с учетом городов Самарканд, Каттакурган, Навои, Бухара, Каган. Бассейн реки Зеравшан, как источник пресной воды, имеет повышенное значение для экономики Узбекистана.

В бассейне реки Зеравшан – одной из главных водных артерий Средней Азии, расположены многочисленные горные ледники. Ледники гляциальной области бассейна реки Зеравшан территориально расположены в бассейнах рек: Зеравшан (Матча), Фандарья, левые притоки реки Зеравшан (р. Кштут, р. Шинг, р. Магияндарья). Своё начало река Зеравшан берет из ледника Зеравшанского – одного из крупных ледников Средней Азии. **Предметом исследования** данной работы является сток с ледников гляциальной области бассейна реки Зеравшан.

Для расчетов внутригодового и многолетнего гидрологического режима ледников в бассейне реки Зеравшан использована программа REGMOD. Были выполнены расчеты снегового  $W_{CH}(V - X)$  и ледникового  $W_{GL}(V - X)$  стока с ледников за многолетний период 1935-1993 гг. Ледниковый сток складывается из таяния льда под мореной, открытого льда и фирна. Снеговой сток складывается из таяния зимнего снега и летнего снега.

Входными данными модели являются параметры, которые постоянны в течение расчетного периода – это морфометрические характеристики ледников: площадь ледника и сплошной морены, абсолютные высоты начала и конца ледника, фирновой границы, верхней границы сплошного мореного покрова, распределение площади оледенения по высоте. А также гидрометеорологическая информация по данным высокогорных метеорологических станций, расположенных на территориях республик ближнего зарубежья. Подготовка входной информации для REGMOD трудоемкий процесс. Задача подготовки входных данных усугубляется тем, что в настоящее время не существует необходимой информации о современном оледенении бассейна реки Зеравшан. На данный момент информация о морфометрических характеристиках ледников бассейна

реки Зеравшан опубликована в двух Каталогах ледников по состоянию оледенения на 1957 год [Каталог ледников, 1952] и на 1980 год [Cataloge, 2012].

В связи с этим цель данной работы: на основе имеющихся сведений об объемах ледникового и снегового стока с ледников бассейна реки Зеравшан получить зависимости  $W_{ГЛ} = f(Z_{МАКС})$ ,  $W_{СН} = f(Z_{МАКС})$  и оценить вклад  $W_{ГЛ}(V - X)$  и  $W_{СН}(V - X)$  в сток реки Зеравшан (мост Дупули).

**Исходные данные и методы исследования.** В таблице 1, как пример, представлены максимальная высота снеговой границы, объемы ледникового, снегового и суммарного стока с ледников гляциальной области бассейна реки Зеравшан, рассчитанные по программе REGMOD. Результаты расчетов снегового и ледникового стока с ледников в бассейне реки Зеравшан за период 1935-1993 г.г. были использованы для выявления зависимостей между объемами ледникового стока  $W_{ГЛ}(V - X)$ , снегового стока  $W_{СН}(V - X)$  и максимальной высотой снеговой границы ( $Z_{МАКС}$ , км).

Таблица 1

**Максимальная высота снеговой границы, объемы ледникового и снегового таяния, суммарного таяния снега и льда в бассейне реки Зеравшан**

Table 1

**Maximum height of the snow boundary, volumes of glacial and snow melting, total melting of snow and ice in the Zeravshan river basin**

Годы	$Z_{МАКС}$ , км	$W_{ГЛ}(V - X)$	$W_{СН}(V - X)$	$V_M(V - X)$
1935	4,441	919,2	53,2	972,4
1936	4,295	927,5	343,9	1271,4
1937	4,247	817,7	286,9	1104,6
1938	3,956	320,8	709,8	1030,6
1939	4,037	468,8	644,2	1113,1
1940	3,908	248,4	926,5	1174,9
1941	3,972	672,1	872,6	1544,7
1942	4,053	742,9	521,9	1264,8
1943	4,425	776,1	362,0	1138,1
1944	4,489	1140,1	231,9	1372,0
1945	4,376	529,5	399,0	928,5

Примечание:  $W_{СН}(V - X)$  – таяние снега за период май-октябрь, млн.м<sup>3</sup>;  $W_{ГЛ}(V - X)$  – таяние льда за период май-октябрь, млн.м<sup>3</sup>;  $V_M(V - X)$  – суммарное таяние, млн. м<sup>3</sup>,  $V_M = W_{СН} + W_{ГЛ}$ .

Для определения  $Z_{МАКС}$  в бассейне реки Зеравшан получено выражение:

$$Z_{МАКС} = 4,1433 - 0,6298 * I_B \quad R = 0,844 \quad (1)$$

Индекс годового баланса ледников  $I_B$  в бассейне реки Зеравшан рассчитывается как разность аномалий суммы осадков за октябрь-апрель и средней месячной температуры воздуха за июль-сентябрь по данным метеостанции Дехауз:

$$I_B = ((q_{X-IV} - \overline{q_{X-IV}}) / \overline{q_{X-IV}}) - ((T_{VII-IX} - \overline{T_{VII-IX}}) / \overline{T_{VII-IX}}) \quad (2)$$

«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 района гляциальной области» [Коновалов, 1985, стр. 73].

Мы располагаем наблюдаемыми данными (температура воздуха, осадки) по метеостанции Дехауз за период 1943-1995 гг. В связи с необходимостью продления этого ряда были получены зависимости температуры воздуха на метеостанции Дехауз от соответствующей температуры на метеостанции Сары-Таш (табл. 2).

Таблица 2

**Уравнения для расчета средней месячной температуры воздуха на станции Дехауз по данным станции Сары-Таш**

Table 2

**Equations for calculating the average monthly air temperature at Dekhauz station according to Sary-Tash station**

Месяц	Уравнения для расчета	Коэффициент корреляции	Эффективность расчета $S/\sigma \leq 0,80$
Январь	$y = 0,7735 \cdot x + 5,8303$	0,821	0,57
Февраль	$y = 0,9184 \cdot x + 7,7107$	0,899	0,44
Март	$y = 0,7102 \cdot x + 5,0972$	0,870	0,50
Апрель	$y = 0,5777 \cdot x + 5,3794$	0,774	0,63
Май	$y = 0,8208 \cdot x + 6,004$	0,794	0,61
Июнь	$y = 0,9815 \cdot x + 5,5881$	0,887	0,46
Июль	$y = 1,0150 \cdot x + 5,1122$	0,938	0,35
Август	$y = 0,9179 \cdot x + 6,0381$	0,914	0,42
Сентябрь	$y = 0,9228 \cdot x + 6,3651$	0,894	0,45
Октябрь	$y = 0,7954 \cdot x + 6,2619$	0,833	0,55
Ноябрь	$y = 0,6421 \cdot x + 5,1456$	0,860	0,50
Декабрь	$y = 0,6990 \cdot x + 4,8805$	0,825	0,56

Примечание:  $x$  – средняя месячная температура на метеостанции Сары-Таш,  $y$  – средняя месячная температура на метеостанции Дехауз,  $S$  – средняя квадратичная погрешность расчетов,  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение измеренных температур воздуха.

Критерием эффективности расчета послужили следующие условия [Наставление, 1982]:

- при  $N \leq 15$   $S/\sigma \leq 0,70$ ;
- при  $15 < N < 25$   $S/\sigma \leq 0,75$ ;
- при  $N \geq 25$   $S/\sigma \leq 0,80$ ,

где:  $N$  – длина ряда,  $S$  – средняя квадратичная погрешность расчетов,  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение.

$S$  и  $\sigma$  рассчитываются по формулам:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - Y_i^*)^2}{N-1}}, \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2}{N-1}}, \quad (4)$$

где:  $Y_i$  – значение исходного ряда,  $\bar{Y}$  – среднее значение исходного ряда,  $Y_i^*$  – значение рассчитанного ряда.

К сожалению, для осадков не удалось получить надежных зависимостей, аналогичных зависимостям из таблицы 2. Поэтому для расчета месячных сумм атмосферных осадков на метеостанции Дехауз в качестве данных базовой метеостанции была выбрана метеостанция Сары-Таш, согласно [Карандаева, Царев, 2007]. Общая постановка задачи сводится к нахождению параметров пространственно-временного распределения осадков с учетом высоты, широты, долготы и месяца года. Аналитическая форма зависимости сумм осадков от высоты местности, широты, долготы может быть представлена выражением вида [Карандаева, Царев, 2007, 2010, 2015; Карандаева, Карандаев, 2018]:

$$q(z, \varphi, \lambda, m) = q(z_0, \varphi_0, \lambda_0, m) \times \left[ 1 + K_{2z}(m) \cdot (z - z_0) + K_{3z}(m) \cdot (z - z_0)^2 + K_{2\varphi}(m) \cdot (\varphi - \varphi_0) + K_{2\lambda}(m) \cdot (\lambda - \lambda_0) \right], \quad (3)$$

где:  $q(z_0, \varphi_0, \lambda_0, m)$  – осадки на базовой станции,  $K_{2z}(m)$ ,  $K_{3z}(m)$ ,  $K_{2\varphi}(m)$ ,  $K_{2\lambda}(m)$ , – коэффициенты, найденные методом оптимизации Ньютона.

Ниже в таблице 3 приведены коэффициенты уравнения (3) для расчета месячных сумм атмосферных осадков на метеостанции Дехауз при условии, что метеостанция Сары-Таш – базовая метеостанция. Эффективность расчетов месячных сумм атмосферных осадков приведена в таблице 4.

Таблица 3

**Значения коэффициентов для расчета месячных сумм атмосферных осадков на метеостанции Дехауз по данным метеостанции Сары-Таш**

Table 3

**Values of coefficients for calculating monthly sums of atmospheric precipitation at the Dekhauz meteorological station according to the data of the Sary-Tash meteorological station**

Месяц	$K_{2z}$	$K_{3z}$	$K_{2\varphi}$	$K_{2\lambda}$
Январь	2,097237	1,094693	-0,498984	-0,055627
Февраль	1,721371	0,930989	-0,065930	-0,053005
Март	1,293330	0,635821	-0,039139	-0,150869
Апрель	0,934182	0,415971	0,090780	-0,159300
Май	0,581032	0,187972	0,359611	-0,047299
Июнь	0,378085	0,039681	0,456849	0,016131
Июль	0,302654	0,002713	0,419545	0,032078
Август	0,232627	-0,004474	0,232008	0,066367
Сентябрь	0,444841	0,108894	0,382595	0,037752
Октябрь	0,605026	0,258696	0,138736	-0,035777
Ноябрь	1,349188	0,690125	-0,093096	-0,016911
Декабрь	1,861592	0,980794	-0,771204	0,013039

В результате проведенных исследований получена зависимость ледникового стока от максимальной высоты снеговой границы:

$$W_{ГЛ}(V - X) = 1056,1 * (Z_{МАКС}) - 3862,5, R = 0,835 \quad (5)$$

Таблица 4

## Эффективность расчетов месячных сумм атмосферных осадков

Table 4

## Efficiency of calculations of monthly amounts of atmospheric precipitation

Месяц	Эффективность расчета, $S/\sigma \leq 0,75$	Месяц	Эффективность расчета, $S/\sigma \leq 0,75$
Январь	0,38	Июль	0,30
Февраль	0,56	Август	0,41
Март	0,55	Сентябрь	0,46
Апрель	0,60	Октябрь	0,69
Май	0,52	Ноябрь	0,53
Июнь	0,36	Декабрь	0,40

Примечание:  $S$  – средняя квадратичная погрешность расчетов,  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение измеренных осадков.

Существование зависимостей  $W_{ГЛ} = f(Z_{МАКС})$  и  $W_{СН} = f(Z_{МАКС})$  имеет методическое и практическое значение. Избегая трудоемкой подготовки входной информации, необходимой для проведения расчетов по программе REGMOD при условии отсутствия необходимой морфометрической информации о ледниках и дефицита гидрометеорологической информации по метеорологическим станциям, расположенным на территориях республик ближнего зарубежья, используя зависимости (5) и (6), можно оценить снеговое и ледниковое таяние на ледниках бассейна реки Зеравшан. Суммарный сток с ледников бассейна реки Зеравшан рассчитывается как сумма ледникового стока и снегового стока.

Эффективность расчета ( $S/\sigma \leq 0,80$ ) по этому уравнению равна 0,54. На рисунке 1 показан межгодовой ход рассчитанных по программе REGMOD (линии синего цвета) и рассчитанных по уравнению (5) объемов ледникового стока.

Также получена зависимость снегового стока от максимальной высоты снеговой границы:

$$W_{СН}(V - X) = -801,72 * (Z_{МАКС}) + 3846,6 R = 0,857 \quad (6)$$

Эффективность расчета ( $S/\sigma \leq 0,80$ ) по уравнению (6) равна: 0,51. На рисунке 2 показан межгодовой ход рассчитанных по программе REGMOD (линии синего цвета) и рассчитанных по уравнению (6) объемов снегового стока.

*Вклад суммарного стока с ледников гляциальной области бассейна реки Зеравшан в сток реки Зеравшан (мост Дупули)*

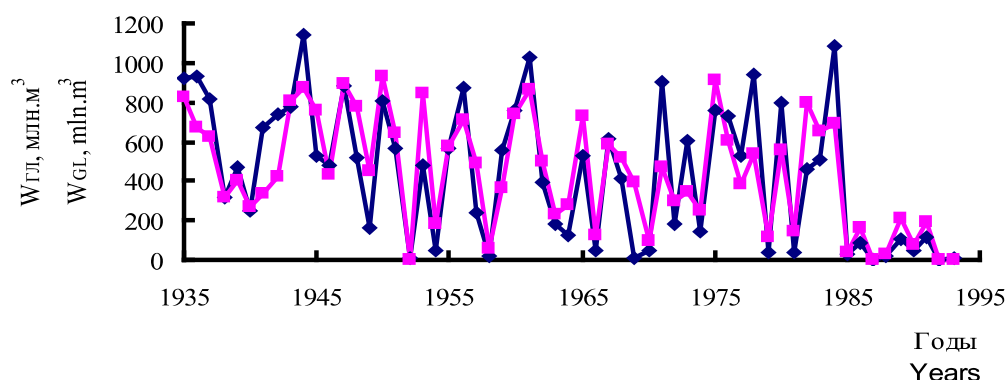
Мы располагаем средними месячными (январь-декабрь), соответственно средними годовыми расходами воды реки Зеравшан (мост Дупули) за период 1932-1995 гг. Для продления ряда средних годовых расходов воды было получено следующее уравнение регрессии.

$$Y = 0,316575 * X_1 + 2,169233 * X_2 + 14,65896, \quad (7)$$

где:  $Y$  – средние годовые расходы воды, м<sup>3</sup>/сек,

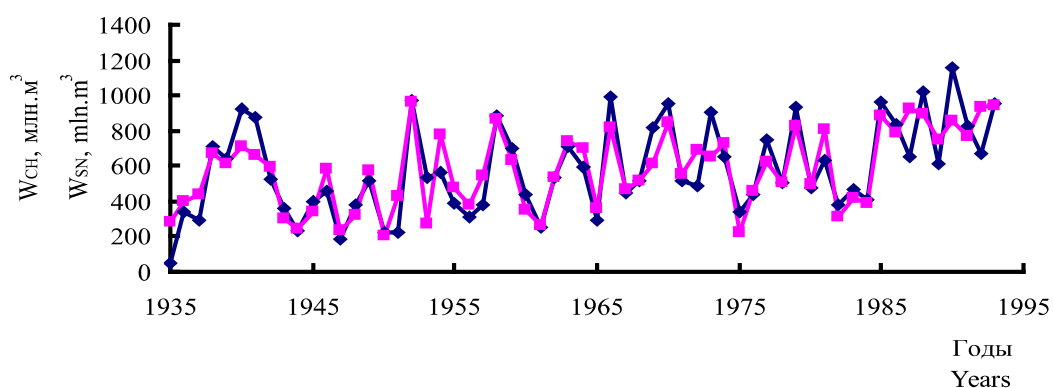
$X_1$  – сумма осадков за октябрь-апрель по данным метеостанции Дехауз,

$X_2$  – сумма средние месячных температур воздуха за июль-сентябрь по данным метеостанции Дехауз.



**Рис. 1. Межгодовой ход объемов ледникового стока с гляциальной области бассейна реки Зеравшан**

**Fig. 1. Interannual variation of glacial runoff volumes from the glacial area of the Zeravshan river basin**

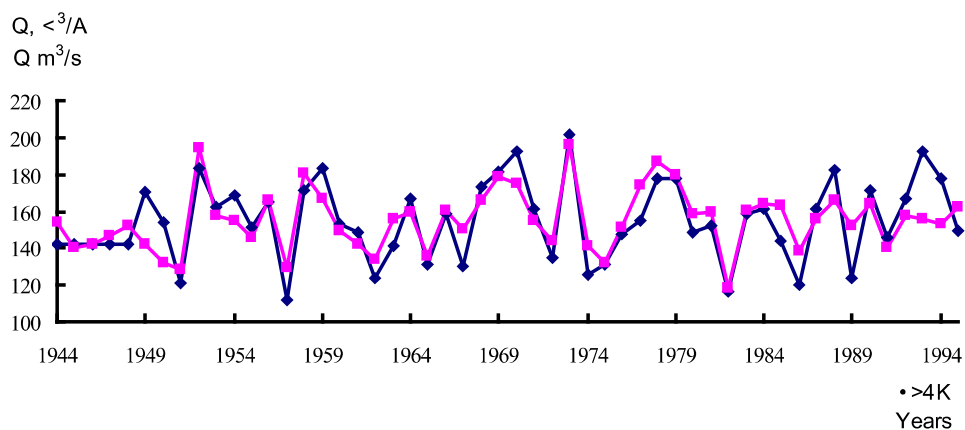


**Рис. 2. Межгодовой ход фактических и рассчитанных объемов снегового стока с гляциальной области бассейна реки Зеравшан**

**Fig. 2. – Interannual variation of actual and calculated volumes of snow runoff from the glacial region of the Zeravshan river basin**

Эффективность расчетов ( $S/\sigma \leq 0,80$ ) по уравнению (7) равна 0,61. С помощью этого уравнения были рассчитаны средние годовые расходы воды реки Зеравшан (мост Дупули) за 1996-2019 гг. На рисунке 3 показан межгодовой ход фактических (линии синего цвета) и рассчитанных по уравнению (7) средних годовых расходов воды реки Зеравшан (мост Дупули).

Средний многолетний сток реки Зеравшан (мост Дупули) представлен в таблице 5, а в таблице 6 приведены средние многолетние 1935-2019 гг. значения  $W_{GL}$  и  $W_{CH}$ , а также средние многолетние значения  $V_M$  и их вклады в общий сток реки Зеравшан (мост Дупули).



**Рис. 3. Межгодовой ход фактических и рассчитанных средних годовых расходов воды реки Зеравшан (мост Дупули)**

**Fig. 3. Interannual variation of actual and calculated average annual water discharges of the Zeravshan River (Dupuli Bridge)**

**Таблица 5**

**Средний многолетний сток реки Зеравшан**

**Table 5**

**Average long-term flow of the Zeravshan River**

$F$	$Q$	$V_o$	$H$
10200,0	154,5	4874	0,477

Примечание:  $F$  – общая площадь водосбора р. Зеравшан (мост Дупули), км<sup>2</sup>;  $Q$  – средний годовой многолетний расход воды, м<sup>3</sup>/с;  $V_o$  – объем стока, млн.м<sup>3</sup> ( $V_o = Q * 31536000$ );  $H$  – слой стока, мм ( $H = V_o / F$ ).

Как следует из данных таблицы 6 средний многолетний суммарный объем таяния ледников бассейна реки Зеравшан составляет 1033 млн.м<sup>3</sup> или 21% от общего стока реки. Итак, средние многолетние  $W_{ГЛ}(V - X)$ ,  $W_{СН}(V - X)$  и  $V_M(V - X)$  с гляциальной области бассейна реки Зеравшан составляют 10%, 11% и 21% от стока реки соответственно.

**Таблица 6**

**Вклады  $W_{ГЛ}$ ,  $W_{СН}$  и  $V_M$  в общий сток реки Зеравшан (мост Дупули)**

**Table 6**

**Contributions  $W_{ГЛ}$ ,  $W_{СН}$  и  $V_M$  to the total flow of the Zeravshan River (Dupuli Bridge)**

$V_o$	$W_{ГЛ}$	$W_{ГЛ} / V_o$	$W_{СН}$	$W_{СН} / V_o$	$V_M$	$V_M / V_o$
4874	495	10	539	11	1033	21

Примечание:  $V_o$  – объем стока, млн. м<sup>3</sup> (р. Зеравшан (мост Дупули));  $W_{ГЛ}$  – объем ледникового стока, млн.м<sup>3</sup>;  $W_{СН}$  – объем снегового стока, млн.м<sup>3</sup>;  $V_M$  – объем суммарного стока, млн.м<sup>3</sup>,  $V_M = W_{ГЛ} + W_{СН}$ ;  $W_{ГЛ} / V_o$ , %,  $W_{СН} / V_o$ , %,  $V_M / V_o$ , %

**Основные результаты.** Данная работа посвящена выявлению зависимостей ледникового стока и снегового стока с ледников гляциальной области бассейна реки Зеравшан от максимальной высоты снеговой границы.

В результате проведенного исследования:

- получены уравнения для расчета средних месячных температур воздуха на метеостанции Дехауз;
- получено уравнение регрессии для расчета средних годовых расходов воды реки Зеравшан (мост Дупули);
- получены зависимости между объемами ледникового стока, снегового стока с ледников гляциальной области бассейна реки Зеравшан и максимальной высотой снеговой границы;
- используя, полученные зависимости рассчитаны объемы ледникового и снегового стока с ледников гляциальной области бассейна реки Зеравшан за многолетний период 1994-2019 гг.;
- рассчитаны вклады ледникового, снегового и суммарного стока с ледников в сток реки Зеравшан (мост Дупули).

**Выводы.** Выполненные расчеты показали, что в среднем многолетнем сток с ледников гляциальной области бассейна реки Зеравшан составляет 21% от стока реки. Существование зависимостей  $W_{ГЛ} = f(Z_{МАКС})$  и  $W_{СН} = f(Z_{МАКС})$  имеет методическое и практическое значение. Используя предлагаемые зависимости, при условии отсутствия необходимой для проведения расчетов по программе REGMOD входной информации, можно оценить снеговой и ледниковый сток с ледников бассейна реки Зеравшан.

**Авторский вклад:** Материалом для подготовки данной статьи послужили результаты исследований в рамках проекта ПЗ-201709183 «Оценить снежноледовые ресурсы бассейна реки Зеравшан». Руководитель проекта – Карандаева Л.М., исполнитель – Карандаев С.В.

## ЛИТЕРАТУРА

- Абальян Т.С.* Ледниковая составляющая стока р. Вахш // Труды Гидрометцентра СССР. – Л.: Гидрометеоздат. – 1980. – Вып. 223. – С. 3-17.
- Диких А.Н.* Ледниковый сток Тянь-Шаня и его роль в формировании общего стока // Материалы гляциологических исследований. Хроника. Обсуждения. – 1993. – №77. – С. 41-50.
- Карандаева Л.М., Царев Б.К.* Динамика полей температуры и осадков в бассейне Зеравшана // Труды научно-исследовательского гидрометеорологического института, 2007. – Ташкент. – Вып. 8 (253). – С. 48-62.
- Карандаева Л.М., Царёв Б.К.* Динамика полей норм месячных сумм осадков в бассейне реки Пяндж // Труды научно-исследовательского гидрометеорологического института, 2010. – Ташкент. – Вып. 12 (257). – С. 36-54.
- Карандаева Л.М., Царев Б.К.* Математическое моделирование и визуализация динамики норм приземной температуры воздуха и атмосферных осадков в крупных горных бассейнах // География фани ва таълимнинг замонавий муаммолари. Республика илмий-амалий конференцияси материаллари, 2015. – Ташкент. – С. 264-269.
- Карандаева Л.М., Карандаев С.В.* Динамика полей осадков в бассейне реки Чирчик // Экологический вестник Узбекистана, 2018. – Ташкент. – №7 (207). – С. 47-49.
- Каталог ледников СССР. Том 14. Вып. 3. Ч. 1, 2 – Л.: Гидрометеоздат, 1982. – 120 с.
- Кеммерих А.О.* Роль ледников в стоке Средней Азии // Материалы гляциологических исследований. Хроника. Обсуждения. – 1972. – №20. – С. 82-94.
- Кеммерих А.О.* Сток ледников Памира и Памиро-Алая // Изв. АН СССР. Сер. геогр. – 1974. – №5. – С. 88-940.

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

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

Коновалов В.Г. Расчет и прогноз таяния ледников Средней Азии. – Л.: Гидрометеоздат, 1979. – 230 с.

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

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

Коновалов В.Г. Таяние и сток с ледников в бассейнах рек Средней Азии. – Л.: Гидрометеоздат, 1985. – 237 с.

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

Наставление по службе прогнозов. Раздел 3. Ч. 1. Прогнозы режима вод суши. – Л.: Гидрометеоздат, 1982. – 193 с.

Щеглова О.П. Питание рек Средней Азии // Самарканд: Сам. ГУ, 1960. – 243 с.

Catalogue of Pamir and Hissaro-Alay Glaciation for 1980 (database of S.A. Schetinnikov) compiled by Prof. G.E. Glazirin, M.G. Glazirina. – Almaty, 2012. – 565 pp.

## ЗАРАФШОН ДАРЁСИ ҲАВЗАСИНИНГ ГЛЯЦИАЛ МИНТАҚАСИДАГИ МУЗЛИКЛАРДАН ҲОСИЛ БЎЛАДИГАН СУВ ОҚИМИНИ ҲИСОБЛАШ

Л.М. КАРАНДАЕВА<sup>1</sup>, С.В. КАРАНДАЕВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, karan.serg@rambler.ru

**Аннотация:** Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти (ГМИТИ)да Ўрта Осиё дарёлари ҳавзаларидаги музликлар мажмуасида тўпланиши ва абляция жараёнларининг физикавий-статистик модели ишлаб чиқилган. Ушбу модел REGMOD компьютер дастури шаклида амалга оширилади. Моделнинг кириш маълумотлари музликларнинг морфометрик кўрсаткичлари, шунингдек, баланд тоғлардаги метеорологик станциялар кузатишларига асосланган гидрометеорологик маълумотлардир. 1935-1993 йиллар давомидаги узоқ муддатли давр учун Зарафшон дарёси ҳавзасининг гляциал минтақасидаги эриган қор ва музлик сувлари оқимини ҳисоблаш REGMOD дастури ёрдамида амалга оширилди. Ҳозирги вақтда REGMOD дастури учун кириш маълумотларини тайёрлаш Зарафшон дарёси ҳавзасидаги тоғ музликлари ҳақида зарур маълумотларнинг етишмаслиги билан мураккаблашмоқда. Шу муносабат билан Зарафшон дарёси ҳавзасининг гляциал минтақасида музликлар ва қор қопламанинг эришидан шаклланидиган сувлар оқими миқдори уларнинг қор чегарасининг максимал баландлиги билан боғлиқлиги тўғрисидаги мавжуд маълумотлар асосида олинган. Юқоридаги боғлиқликлардан Зарафшон дарёси ҳавзасининг гляциал минтақасидаги музликлар ва қор сувлари оқимини баҳолашда фойдаланиш тавсия этилади.

**Калит сўзлар:** Зарафшон, дарё ҳавзаси, Зарафшон дарёсининг умумий оқими, гляциал минтақа, музлик, музликнинг морфометрик хусусиятлари, музлик сувлари оқими, қор сувлари оқими, умумий оқим, қор чегарасининг максимал баландлиги, REGMOD дастурий таъминот тўплами.

**CALCULATION OF RUNOFF FROM GLACIERS OF THE GLACIAL REGION OF THE ZERAVSHAN RIVER BASIN****L.M. KARANDAIEVA<sup>1</sup>, S.V. KARANDAIEV<sup>1</sup>**<sup>1</sup> Hydrometeorological Research Institute, karan.serg@rambler.ru

**Abstract:** *Hydrometeorological Research Institute (NIGMI) has developed a physical and statistical model of accumulation and ablation processes for a set of glaciers in the river basins of Central Asia. This model is implemented in the form of a REGMOD computer program. The input data of the model are morphometric characteristics of glaciers, as well as hydrometeorological information based on data from high-mountain meteorological stations. Calculations of snow and glacial runoff from glaciers of the glacial region of the Zeravshan river basin for a long-term period of 1935-1993 were carried out using the REGMOD program. At present, the preparation of input data for the REGMOD program is complicated by the fact that there is no necessary information about the modern glaciation of the Zeravshan river basin. In this regard, on the basis of the already available information on the volumes of glacial and snow runoff from the glaciers of the Zeravshan river basin, the dependences of the volumes of glacial and snow runoff on the maximum height of the snow boundary were obtained. The above dependences are proposed to be used to assess the glacial and snow runoff from the glaciers of the glacial region of the Zeravshan river basin.*

**Keywords:** *basin of the Zeravshan river, total runoff of the Zeravshan river, glacial region, glacier, morphometric characteristics of a glacier, glacier runoff, snow runoff, total runoff, maximum height of the snow boundary, REGMOD software.*

**REFERENCES**

- Abal'yan T.S.* Lednikovaya sostanlyayushaya stoka r. Vakhsh [Glacial component of the river Vakhsh] // Trudy Gidromettsentra SSSR – L.: Gidrometeoizdat. 1980. – Vol. 12(257). – S. 55-63. (In Russian)
- Dikikh A.N.* Lednikovyy stok Tyan-Shanya i ego rol v formirovaniy obshego stoka [Glacial runoff of the Tien Shan and its role in the formation of the total runoff] // Materialy glyatsiologicheskikh issledovaniy. Khronika. Obsuzhdeniya. – 1993. – №77 – S. 41-50. (In Russian)
- Karandaeva L.M., Tsaryov B.K.* Dinamika poley temperatury i osadkov v basseyne reki Zeravshan [Dynamics of temperature and precipitation fields in the Zeravshan basin] // Trudy nauchno-issledovatel'skogo gidrometeorologicheskogo instituta, 2007. Tashkent: Vol. 8(253). – S. 48-62. (In Russian)
- Karandaeva L.M., Tsaryov B.K.* Dinamika poley norm mesyachnikh summ osadkov v basseyne reki Pyandzh [Dynamics of fields of norms of monthly precipitation amounts in the Pyanj river basin] // Trudy nauchno-issledovatel'skogo gidrometeorologicheskogo instituta, 2010. Tashkent: Vol. 12(257). – S. 36-54. (In Russian)
- Karandaeva L.M., Tsaryov B.K.* Matematicheskoe modelirovanie i vizualizatsiya dinamiki norm prizemnoy temperatury vozdukha i atmosferykh osadkov v krupnykh gornyx basseynakh [Mathematical modeling and visualization of the dynamics of the norms of surface air temperature and precipitation in large mountain basins] // Geografiya fani va ta'liming zamonaviy muammolari. Respublika ilmiy-amaliy konferentsiyasi materiallari – T., 2015. – S. 264-269. (In Russian)
- Karandaeva L.M., Karandaev S.V.* Dinamika poley osadkov v basseyne reki Chirchik [Dynamics of precipitation fields in the Chirchik river basin] // Ekologicheskii vestnik Uzbekistana. 2018. №7(207). – S. 47-49. (In Russian)
- Katalog lednikov SSSR. Tom 14. Vol. 3. Ch. 1, 2 [Catalog of glaciers of the USSR. Volume 14. Issue. 3. Part 1, 2] – L.: Gidrometeoizdat, 1982. – 120 s. (In Russian)
- Kemmerikh A.O.* Rol lednikov v stoke Sredney Azii [The role of glaciers in the flow of Middle Asia] // Materialy glyatsiologicheskikh issledovaniy. Khronika. Obsuzhdeniya. – 1972. – №20. – S. 82-94. (In Russian)