



УДК 556.513 (571.150)

DOI <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2020.32.103>

Изменение гидрологических характеристик реки Гунт в зависимости от метеорологических условий

П. И. Норматов, К. Н. Одинаев, И. Ш. Норматов

Таджикский национальный университет, г. Душанбе, Таджикистан

Аннотация. Рассмотрена динамика изменения водного стока р. Гунт за периоды 1944–1979 и 1980–2015 гг., установлен убывающий тренд стока за весь срок наблюдения (1944–2015 гг.). Обнаружено, что гидрограф р. Гунт характеризуется наличием двух максимумов, соответствующих июню и августу. Высказано предположение, что они обусловлены таянием снежного покрова в июне и ледников в августе. Не исключается и вклад подземных вод в формирование стока реки. Тренд изменения температуры имеет возрастающий характер со скоростью 0,13 °С/год. За 1944–2015 гг. количество атмосферных осадков сохраняло среднемноголетнее значение около 285 мм. Обнаружено, что период 1980–2015 гг. отличается от периода 1944–1979 гг. убывающим трендом атмосферных осадков. Ныне в формирование стока р. Гунт основной вклад вносят снежный покров и мелкие разрозненные ледники бассейна. Зимний сток в основном образуется за счет подземных вод.

Ключевые слова: река Гунт, Памир, приток, река Пяндж.

Для цитирования: Норматов П. И., Одинаев К. Н., Норматов И. Ш. Изменение гидрологических характеристик реки Гунт в зависимости от метеорологических условий // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2020. Т. 32. С. 103–112. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2020.32.103>

Введение

Река Гунт является основным притоком р. Пяндж, имеет длину 296 км и площадь бассейна 13 700 км², протекает в горах Памира на высотах от 2000 до 6700 м над у. м. со средней высотой 4300 м над у. м. Площадь оледенения составляет около 5 %, или 610 км², бассейна реки. Холодный и засушливый водосбор получает наибольшее количество осадков зимой, весной, в режиме стока преобладает таяние снегов и ледников. Средний расход воды в устье составляет 103, максимальный – 136, минимальный – 72 м³/с. Истоки реки находятся в Восточном Памире, основная зона формирования стока – в Центральном и Западном, а устье реки – в Западном Памире [Glacier retreat accounts ... , 2014].

Западный таджикский Памир обычно получает большее количество среднегодовых осадков (200–2000 мм/год), чем восточный (<100–200 мм/год), который относится к области, где наблюдается влияние орографического эффекта [Komatsu, Watanabe, 2013].

Стоки рек Памира проявляют отчетливую сезонность с устойчивым низким стоком зимой, быстрым увеличением стока весной, высоким пико-

вым стоком с сильной изменчивостью летом и резким спадом в начале осени. Около 40 % годового стока рек в Центральном Памире обусловлено вкладом подземных вод, который, по сути, является единственным источником стока в зимний период [Pohl, Gloaguen, Seiler, 2015]. Примерно 30 % годового стока приходится на таяние ледников (снег и лед), что ограничивает их вклад в общий сток водосборов [Glacier melt buffers ... , 2017].

В опубликованных в последние годы научных работах приводятся совершенно различные значения гидрологических параметров рек Памира, причиной чего прежде всего является узкий охват периодов наблюдений и поспешные выводы по результатам рассмотрения единичных периодов тенденций изменения гидрологических параметров. Например, в [River flow regime ... , 2014] говорится о положительной тенденции стока притоков Амударьи, при этом о значительном уменьшении годового объема таяния и ледникового стока для всех крупных рек на Памире за период 1957–1980 гг. упоминается в [Identifying changing snow ... , 2014].

Целью настоящей работы является проведение репрезентативного анализа гидрологических характеристик р. Гунт и мониторинг метеорологических условий ее бассейна за период 1944–2015 гг.

Материалы и методы исследования

В работе использовались среднемесячные, среднегодовые и среднемноголетние значения температуры, количества атмосферных осадков и расхода воды, обобщенные по данным метео- и гидрологической станции Хорог в бассейне р. Гунт. Статистическая обработка метеорологических и гидрологических данных, определение среднегодовых, среднемноголетних значений и тренд их изменений целиком проводились в программе Excel. Для сравнения среднегодовых значений температуры, атмосферных осадков и объема стока р. Гунт в двух периодах 1944–1979 и 1980–2015 гг. и анализа их значимости применялся критерий Фишера.

Результаты исследования и их обсуждение

За рассматриваемый период количество атмосферных осадков сохраняло среднемноголетнее значение около 285 мм (рис. 1, а). Однако, как видно из рис. 1, б, возрастающий тренд атмосферных осадков периода 1944–1979 гг. сменился на понижение в 1980–2015 гг. (рис. 1, в).

Тренд изменения температуры воздуха за 1944–2015 гг. имеет возрастающий характер со скоростью около 0,13 °С/год (рис. 2).

На рисунке 3 представлено изменение объема воды р. Гунт за период 1944–2015 гг., из которого следует, что за рассматриваемый период сток сохранил почти постоянное значение за исключением лишь уменьшающегося тренда.

Для определения динамики изменения был analyzed тренд изменения расхода воды за периоды 1944–1979 и 1980–2015 гг. (рис. 3, б, в). По представленным данным можно отметить, что, если в период 1944–1979 гг. сохраняется почти постоянное значение расхода воды, за 1980–2015 гг. происходит заметное уменьшение стока реки. Об этом более наглядно свидетельствует гидрограф реки за периоды 1944–1979 и 1980–2015 гг. (рис. 4). Среднее многолетнее значение объема воды за периоды 1944–1979 и 1980–2015 гг. составляет 3,264 и 3,278 км³ соответственно.

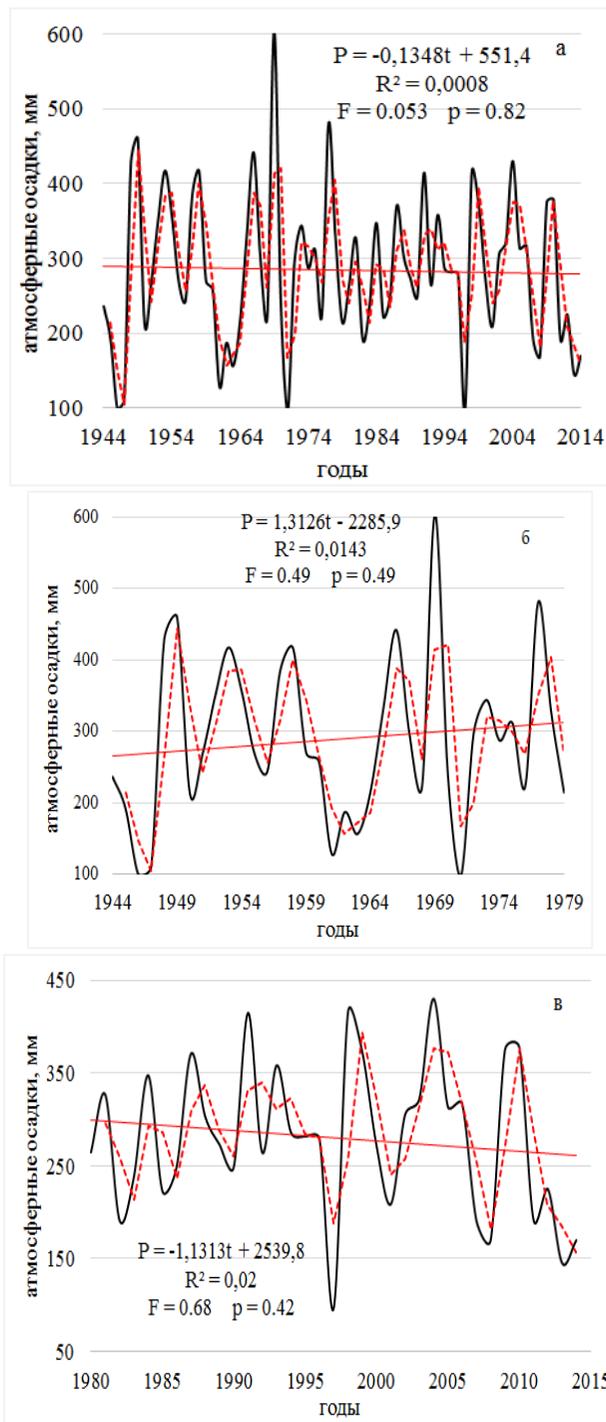


Рис. 1. Изменение среднегодовых значений атмосферных осадков за периоды 1944–2015 (а), 1944–1979 (б), 1980–2015 гг. (в) в бассейне р. Гунт (F – критерий Фишера, p – уровень значимости)

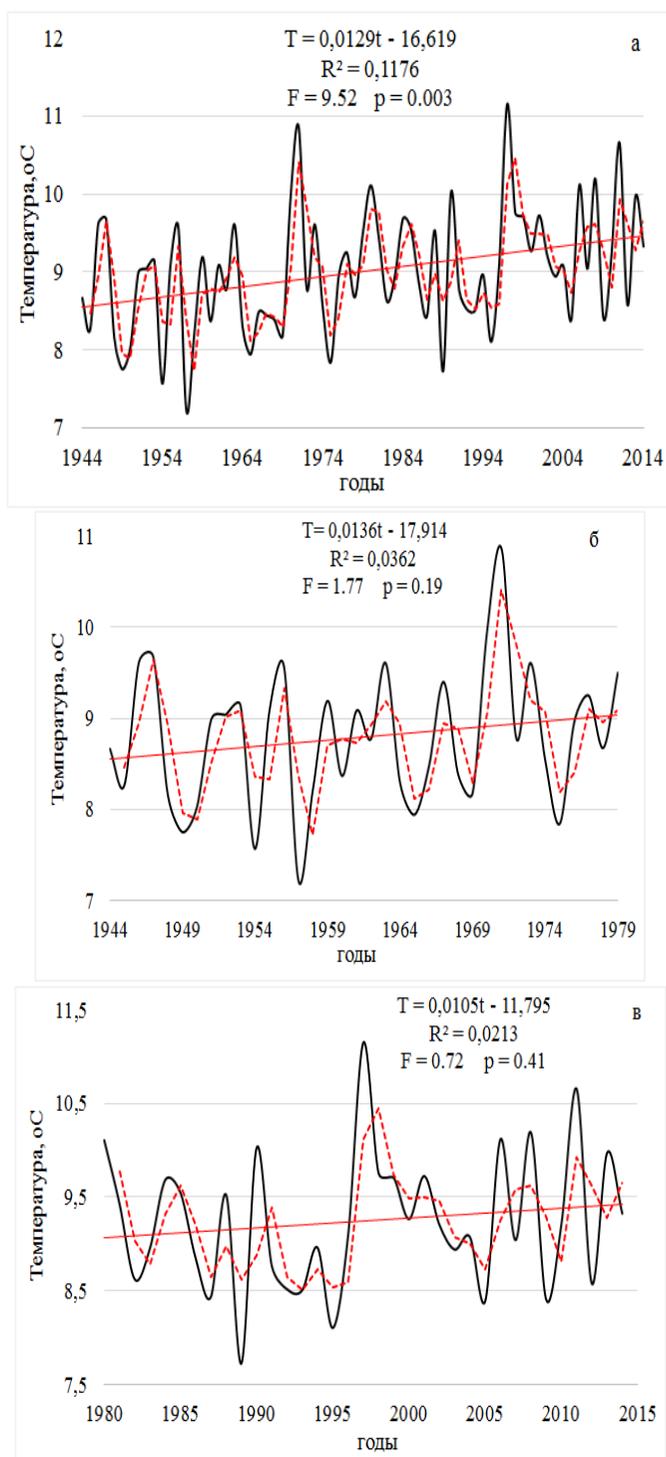


Рис. 2. Изменение среднегодовых значений температуры за периоды 1944–2015 (а), 1944–1979 (б), 1980–2015 гг. (в) в бассейне р. Гунт (F – критерий Фишера, p – уровень значимости)

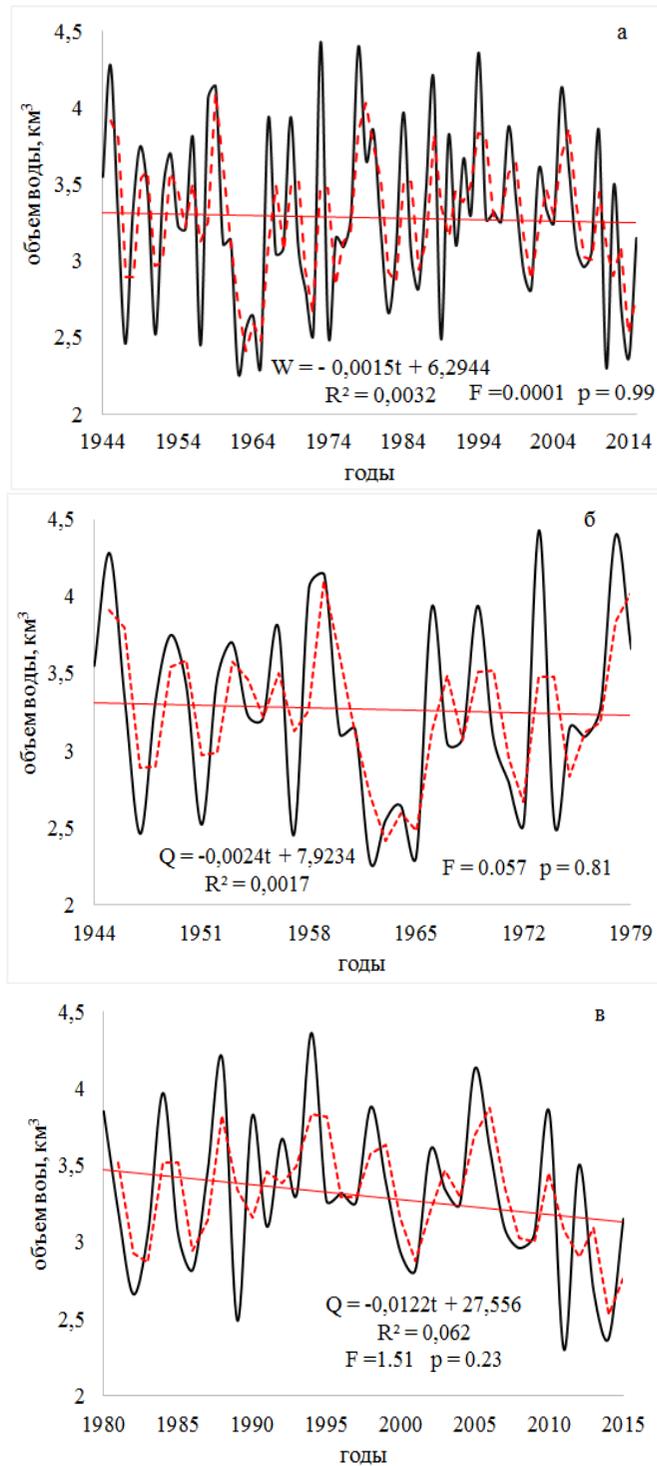


Рис. 3. Значения расхода воды р. Гунта за периоды 1944–2015 (а), 1944–1979 (б), 1980–2015 гг. (в) (F – критерий Фишера, p – уровень значимости)

После определения отношения дисперсий периодов 1944–1979 и 1980–2014 гг. вычислялся критерий Фишера (F), равный 5,42, который попадает в зону значимости.

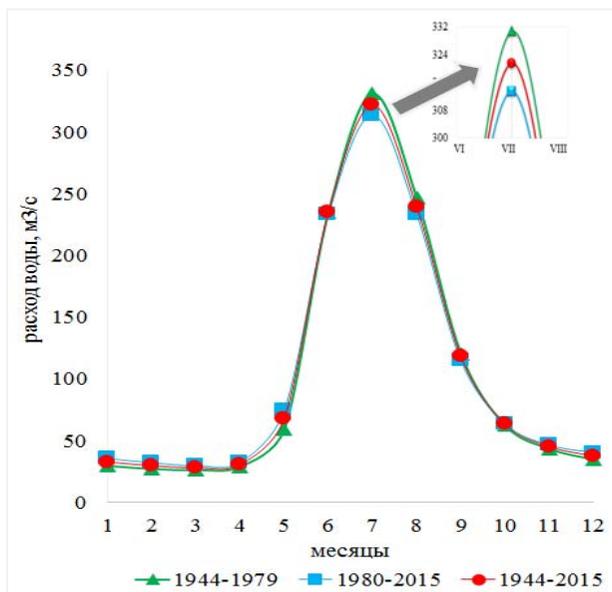


Рис. 4. Гидрограф р. Гунт за периоды 1944–1979, 1980–2015 и 1944–2015 гг.

Как следует из рис. 3, б, тренд изменения расхода воды р. Гунт за 1944–1979 гг. имеет слабо убывающий характер, хотя данный период характеризовался увеличивающимся трендом атмосферных осадков. Из этого вытекает, что влияние количества атмосферных осадков на формирование стока реки является неощутимым.

Река Гунт имеет снежно-ледниковое питание. Учитывая потепление климата, следовало бы ожидать увеличение стока реки. Но, как видно из рис. 3, а, происходит ее уменьшение. Для объяснения наблюдаемых явлений за 1980–2014 гг. проанализировано состояние ледников бассейна реки.

Бассейн р. Гунт находится в переходной зоне усиления западных ветров и другого, в основном неизвестного, климатического фактора, который называют «аномалией» [Brief communication: Contending ... , 2015; Snowfall less sensitive ... , 2014]. Восточная часть водосбора р. Гунт в отличие от западной простирается над сухим плато Восточного Памира Таджикистана, примыкающего к вышеупомянутой «метеорологической аномалии» [Sensitivity analysis and implications ... , 2015].

Эволюция ледников на Памире имеет неоднородный пространственный характер, а Южный Памир, к которому относится бассейн р. Гунт, является переходной зоной между Гиндукушем, Каракорумом и Северным Памиром с явно неравной эволюцией ледников.

К сожалению, крупномасштабные спутниковые исследования эволюции массы ледников имеют ограниченную объяснительную силу и часто

приводят к противоречивым результатам [Brief communication: Contending ... , 2015]. Кроме того, их разрешение может быть слишком грубым для применения в масштабе водосбора. Заметные потери массы происходят на небольших ледниках в западной части водосбора и в южных суббассейнах северо-восточных частей водосбора (Северный Аличурский хребет). Ожидается полное исчезновение оледенения в суббассейнах западного и северо-восточного водосбора р. Гунт до 2030 г.

Согласно [Immerzeel, Pellicciotti, Bierkens, 2013; Trends in timing and ... , 2013], общий вклад таяния ледников в годовой сток р. Гунт (Южный Памир) составляет 30 %, в то время как в [Identifying changing snow ... , 2014] утверждается, что вклад количественного отступления ледников – 10 ± 4 % годового стока реки. В ходе сопоставления процессов деградации ледников бассейна притоков Верхнего Инда и их вклада в увеличении стока рек в [Knoche, Ralf, Merz, 2017] отмечается тенденция к значительному возрастанию стока р. Гунт с конца 1950-х гг., что не соответствует действительности, поскольку, как видно из рис. 3, сток и после 1950 г. сохраняет убывающий тренд.

На высотах 4300 м над у. м. Памира наблюдается длительный период (с ноября по март) сохранения снежного покрова со средним значением более 50 % [Pu, Xu, Salomonson, 2007; Effects of input ... , 2016]. Ожидается, что из-за продолжительного снежного покрова и большого количества осадков, выпадающих в виде зимних осадков, таяние снега будет играть важную роль в водном балансе рек.

На рисунке 5 показано, что максимальное значение стока р. Гунт наблюдается в июне и августе. Следовательно, можно предположить, что таяние снежного покрова в июне и вклад ледниковой воды в августе являются основными компонентами формирования стока реки.

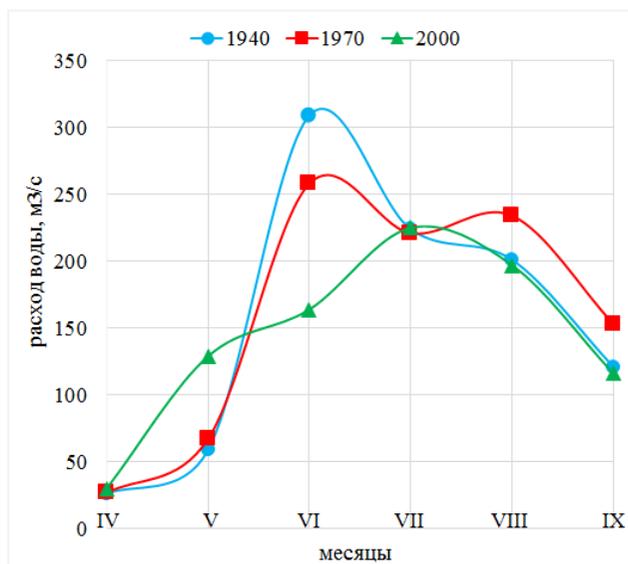


Рис. 5. Гидрограф р. Гунт за 1940, 1970 и 2000 гг.

Заключение

Таким образом, изучение гидрологических характеристик р. Гунт в увязке с метеорологическими условиями ее бассейна за 1944–2015 гг. и сравнение объема стока реки в двух периодах 1944–1979 и 1980–2015 гг. продемонстрировало существенное изменение объемов стока за последние десятилетия. С учетом того, что атмосферные осадки и температура являются основными факторами, влияющими на формирование стока рек, проводился мониторинг динамики их изменения за соответствующие периоды. Было установлено, что за весь срок наблюдения (1944–2015 гг.) атмосферные осадки сохраняли почти постоянное значение при возрастающем тренде температуры.

Сделано предположение, что площадь оледенения бассейна реки подвержена сильной деградации и питание реки осуществляется за счет снежного покрова и ледникового стока раздробленных ледников, т. е. при отсутствии прямой связи реки с ледником.

Список литературы

Brief communication: Contending estimates of 2003–2008 glacier mass balance over the Pamir–Karakoram–Himalaya / A. Kaab, D. Treichler, C. Nuth, E. Berthier // *Cryosphere*. 2015. Vol. 9. P. 557–564.

Effects of input discretization, model complexity and calibration strategy on model performance in a data-scarce glacierized catchment in Central Asia / L. Tarasova, M. Knoche, J. Dietrich, R. Merz // *Water Resour. Res.* 2016. Vol. 52. P. 4674–4699.

Glacier melt buffers river runoff in the Pamir Mountains / E. Pohl, R. Gloaguen, Ch. Andermann, M. Knoche // *American Geophysical Union Publication: Water Resources Research*. 2017. P. 2467–2489.

Glacier retreat accounts for more than 25 percent of summer runoff in the central Pamirs // M. Knoche [et al.] // *Geophysical Research Abstracts*. 2014. Vol. 16. P. 132–156.

Identifying Changing Snow Cover Characteristics in Central Asia between 1986 and 2014 from Remote Sensing Data // A. Dietz [et al.] // *Remote Sens.* 2014. Vol. 6. P. 12752–12775.

Immerzeel W.W., Pellicciotti F., Bierkens M.F.P. Rising river flows throughout the twenty-first century in two Himalayan glacierized watersheds // *Nat. Geosci.* 2013. Vol. 6. P. 742–745.

Knoche M., Ralf Merz R. Bridging Glaciological and Hydrological Trends in the Pamir Mountains, Central Asia // *Water*. 2017. Vol. 9, N 422. P. 1–28.

Komatsu T., Watanabe T. Glacier-Related Hazards and Their Assessment in the Tajik Pamir: A Short Review // *Geograph. Studies*. 2013. Vol. 88, N 2. P. 117–131.

Pohl E., Gloaguen R., Andermann Ch., Knoche M. Glacier melt buffers river runoff in the Pamir Mountains. *American Geophysical Union Publication: Water Resources Research*, 2017, pp. 2467–2489.

Pohl E., Gloaguen R., Seiler R. Remote sensing-based assessment of the variability of winter and summer precipitation in the Pamirs and their effects on hydrology and hazards using harmonic time series analysis // *Remote Sens.* 2015. Vol. 7, N 8, P. 9727–9752.

Pu Z., Xu L., Salomonson V.V. MODIS/Terra observed seasonal variations of snow cover over the Tibetan Plateau // *Geophys. Res. Lett.* 2007. Vol. 34. P. L06706–L06714.

River flow regime and snow cover of the Pamir Alay (Central Asia) in a changing climate // P. Chevallier [et al.] // *Hydrol. Sci.* 2014. Vol. 59. P. 1491–1506.

Sensitivity analysis and implications for surface processes from a hydrological modelling approach in the Gunt catchment, high Pamir Mountains / E. Pohl [et al.] // *Earth Surf. Dyn.* 2015. Vol. 3. P. 333–362.

Snowfall less sensitive to warming in Karakoram than in Himalayas due to a unique seasonal cycle / S.B. Kapnick [et al.] // *Nat. Geosci.* 2014. Vol. 7. P. 1–7.

Trends in timing and magnitude of flow in the Upper Indus Basin / M. Sharif, D.R. Archer, H.J. Fowler, N. Forsythe // *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 2013. Vol. 17. P. 1503–1516.

The Change of the Hydrological Characteristics of the Gunt River in Dependence Of Meteorological Conditions

P. I. Normatov, Q. N. Odinaev, I. Sh. Normatov

Tajik National University, Dushanbe, Tajikistan

Abstract. The dynamics of changes in the water flow of the Gunt river for the periods 1944–1979 and 1980–2015 are analyzed and the decreasing trend of the runoff for the whole observation period (1944–2015 years) is determined. It was found that the hydrograph of the Gunt river is characterized by the presence of two maxima corresponding to June and August months of the year. It is assumed that they correspond to the contribution of melting snow cover in June and glaciers in August. The contribution of groundwater to the formation of river flow is not excluded. The trend of temperature change has the increasing character with a speed of 0.13 °C/year. For the period 1944–2015, the amount of precipitation retained average value of about 285 mm. It is found that the period 1980–2015 is opposite to the period 1944–1979 characterized by decreasing trend of precipitation. Snow cover and small-scattered glaciers of the basin now make the main contribution to the formation of the runoff of the Gunt river. Winter runoff is mainly formed by groundwaters.

Keywords: Gunt river, Pamir, tributary, Pyanj river.

For citation: Normatov P.I., Odinaev Q.N., Normatov I.Sh. The Change of the Hydrological Characteristics of the Gunt River in Dependence of Meteorological Conditions. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2020, vol. 32, pp. 103–112. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2020.32.103> (in Russian)

References

Chevallier P., Pouyaud B., Mojaïsky M. et al. River flow regime and snow cover of the Pamir Alay (Central Asia) in a changing climate. *Hydrol. Sci.*, 2014, vol. 59, pp. 1491–1506.

Dietz A., Conrad C., Kuenzer C., et al. Identifying Changing Snow Cover Characteristics in Central Asia between 1986 and 2014 from Remote Sensing Data. *Remote Sens.*, 2014, vol. 6, pp. 12752–12775.

Immerzeel W.W., Pellicciotti F., Bierkens M.F.P. Rising river flows throughout the twenty-first century in two Himalayan glacierized watersheds. *Nat. Geosci.*, 2013, vol. 6, pp. 742–745.

Kaab A., Treichler D., Nuth C., Berthier E. Brief communication: Contending estimates of 2003–2008 glacier mass balance over the Pamir–Karakoram–Himalaya. *Cryosphere*, 2015, vol. 9, pp. 557–564.

Kapnick S.B., Delworth T.L., Ashfaq M., et al. Snowfall less sensitive to warming in Karakoram than in Himalayas due to a unique seasonal cycle. *Nat. Geosci.*, 2014, vol. 7, pp. 1–7.

Knoche M., Lindner M., Meier Ch., et al. Glacier retreat accounts for more than 25 percent of summer runoff in the central Pamirs. *Geophysical Research Abstracts*, 2014. vol. 16, pp. 132–156.

Knoche M., Ralf Merz R. Bridging Glaciological and Hydrological Trends in the Pamir Mountains, Central Asia. *Water*, 2017, vol. 9, no. 422, pp. 1–28.

Komatsu T., Watanabe T. Glacier-Related Hazards and Their Assessment in the Tajik Pamir: A Short Review. *Geograph. Studies*, 2013, vol. 88, no. 2, pp. 117-131.

Pohl E., Gloaguen R., Andermann Ch., Knoche M. Glacier melt buffers river runoff in the Pamir Mountains. *American Geophysical Union Publication: Water Resources Research*, 2017, pp. 2467-2489.

Pohl E., Knoche M., Gloaguen R., et al. Sensitivity analysis and implications for surface processes from a hydrological modelling approach in the Gunt catchment, high Pamir Mountains. *Earth Surf. Dyn.*, 2015, vol. 3, pp. 333-362.

Pohl E., Gloaguen R., Seiler R. Remote sensing-based assessment of the variability of winter and summer precipitation in the Pamirs and their effects on hydrology and hazards using harmonic time series analysis. *Remote Sens.*, 2015, vol. 7, no. 8, pp. 9727-9752.

Pu Z., Xu L., Salomonson V.V. MODIS/Terra observed seasonal variations of snow cover over the Tibetan Plateau. *Geophys. Res. Lett.*, 2007, vol. 34, pp. L06706-L06714.

Sharif M., Archer D.R., Fowler H.J., Forsythe N. Trends in timing and magnitude of flow in the Upper Indus Basin. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 2013, vol. 17, pp. 1503-1516.

Tarasova L., Knoche M., Dietrich J., Merz R. Effects of input discretization, model complexity and calibration strategy on model performance in a data-scarce glacierized catchment in Central Asia. *Water Resour. Res.*, 2016, vol. 52, pp. 4674-4699.

Норматов Парвиз Иномович

кандидат географических наук,
старший преподаватель
Таджикский национальный университет
Таджикистан, 734025, г. Душанбе,
пр. Рудаки, 17
e-mail:norparviz89@gmail.com

Normatov Parviz Inomovich

Candidate of Sciences (Geography),
Senior Lecturer
Tajik National University
17, Rudaki av., Dushanbe, 734025, Tajikistan
e-mail:norparviz89@gmail.com

Одинаев Кодирджон Нодирович

ассистент
Таджикский национальный университет
Таджикистан, 734025, г. Душанбе, пр.
Рудаки, 17
e-mail:zar.rakhimov@mail.ru

Odinaev Qodirjon Nodirovich

Assistant
Tajik National University
17, Rudaki av., Dushanbe, 734025, Tajikistan
e-mail: zar.rakhimov@mail.ru

Норматов Ином Шерович

член-корреспондент АН Республики
Таджикистан, профессор
Таджикский национальный университет
Таджикистан, 734025, г. Душанбе, пр.
Рудаки, 17
e-mail:inomnor@gmail.com

Normatov Inom Sherovich

Corresponding Member AS of Republic
Tajikistan, Professor
Tajik National University
17, Rudaki av., Dushanbe, 734025, Tajikistan
e-mail:inomnor@gmail.com

Код научной специальности: 25.00.27, 25.00.30

Дата поступления 20.03.2020

Received: March, 20, 2020