УДК 556.1:556.18:551.48.

Аденбаев Б.Е., Сагдеев Н.З.

Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека,
Ташкент, Узбекистан

СИНХРОННОСТЬ И ЦИКЛИЧНОСТЬ КОЛЕБАНИЙ СТОКА МАЛЫХ НИЗКОГОРНЫХ РЕК В ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ РАЙОНАХ

Аннотация. *В работе приведены результаты определения синхронности и цикличности колебаний стока на малых низкогорных реках Узбекистана, расположенных внутри гидрологических районов. Исследование синхронности колебаний стока выполнено двумя способами: 1) построением совмещенных графиков колебаний расходов воды и 2) построением корреляционных матриц. Определение цикличности колебаний стока выполнено путем построения графиков разностных интегральных кривых. Исследования выполнены для семи гидрологических районов на территории Узбекистана. Изучение синхронности колебаний стока представляет и научный интерес, и важно для решения практических задач гидрологии. Результаты оценки синхронности стока необходимы для расчётов водообеспеченности при проектировании различных объектов экономики и рационализации водопользования в условиях ужесточающегося дефицита водных ресурсов.*

Ключевые слова: *расходы воды, гидрологический район, совмещенные графики колебаний стока, корреляционные матрицы, синхронность колебаний стока, интегральные кривые, цикличность.*

Adenbaev B.E., Sagdeev N.Z.
National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek,
Tashkent, Uzbekistan

SYNCHRONICITY AND CYCLICITY OF FLOW VIBRATIONS SMALL LOW MOUNTAIN RIVERS IN HYDROLOGICAL AREAS

Abstract. *The paper presents the results of determining the synchronicity and cyclicity of runoff fluctuations on small low-mountain rivers of Uzbekistan located within hydrological regions. The study of the synchronicity of runoff fluctuations was carried out in two ways: 1) construction of combined graphs of fluctuations in water flow rates and 2) construction of correlation matrices. Determination of the cyclicity of runoff fluctuations is carried out by plotting the graphs of the differential integral curves. The studies were carried out for seven hydrological regions on the territory of Uzbekistan. The study of the synchronicity of runoff fluctuations is of both scientific interest and is important for solving practical problems of hydrology. The results of assessing the runoff synchronism are necessary for calculating water availability in the design of various economic facilities and rationalizing water use in the face of a growing water shortage*.

Key words: *water discharge, hydrological area, combined graphs of runoff fluctuations, correlation matrices, synchronicity of runoff fluctuations, integral curves, cyclicity*.

Введение и постановка задачи. Для получения достоверных гидрологических характеристик, фактические данные проверяются на репрезентативность ряда, синхронность колебаний стока рек внутри гидрологических районов и наличие циклов в колебании водности исследуемых рек. Как известно исследование синхронности колебаний стока можно выполнить двумя способами: а) построением совмещенных графиков колебаний расходов воды и б) построением корреляционных матриц. В работе нами применены оба способа. Определение цикличности колебаний стока выполнено путем построения графиков разностных интегральных кривых.

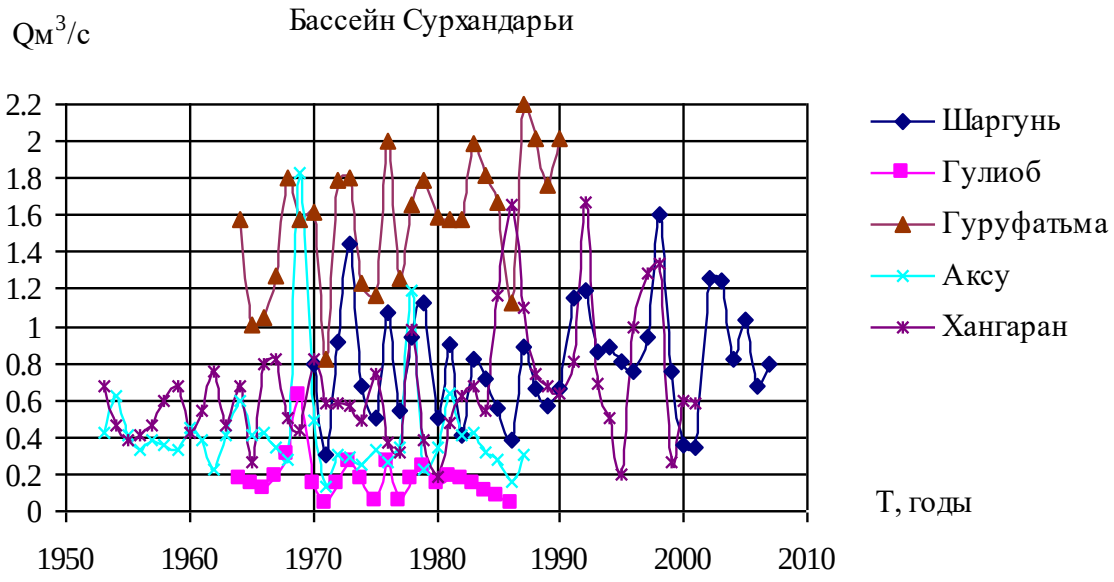
Изученность проблемы. Как известно [14], изучение синхронности колебаний стока представляет и научный интерес, и важно для решения практических задач гидрологии. Результаты оценки синхронности стока необходимы для расчётов водообеспеченности при проектировании различных объектов экономики и рационализации водопользования. Вопросами синхронности колебаний стока в Средней Азии в различное время занимались Л.К. Давыдов [7], Б.Т. Кирста [8], В.Л. Шульц [15] и др.

Цель и задачи работы. Основная цель статьи – определение синхронности и цикличности колебаний стока на малых низкогорных реках Узбекистана для эффективного использования местных водных ресурсов внутри гидрологических районов.

Материалы и методы. Для выполнения расчетов были использованы материалы систематических гидрологических наблюдений на постах Узгидромета. При решении поставленных задач были использованы современные методы гидрологических расчетов. В работе широко использованы методы географического обобщения, картографических исследований и математической статистики.

Результаты и их обсуждения. С целью оценки синхронности многолетних колебаний водности в группах малых низкогорных рек можно воспользоваться построением совмещенных графиков колебаний средних годовых расходов воды или рассчитать корреляционные матрицы. Нами были выполнены расчеты по обоим вариантам. Для семи гидрологических районов: бассейн р. Сурхандарьи, бассейн р. Кашкадарьи, район хребтов Каратепе и Чакылкалян, западная часть бассейна р. Зеравшан, северные склоны Туркестанского хребта и Нурата, бассейн р. Ахангаран и бассейн р. Чирчик были построены совмещенные графики колебаний средних годовых расходов воды.

Необходимо отметить, что в исследуемых гидрологических районах имелось разное количество постов [14]. Все они приведены в таблице 1. На рисунке 1, в качестве примера, приведены совмещенные графики колебаний расходов воды по трем гидрологическим районам: бассейн р. Сурхандарьи, район хребтов Каратепе и Чакылкалян и западная часть бассейна р. Зеравшан.



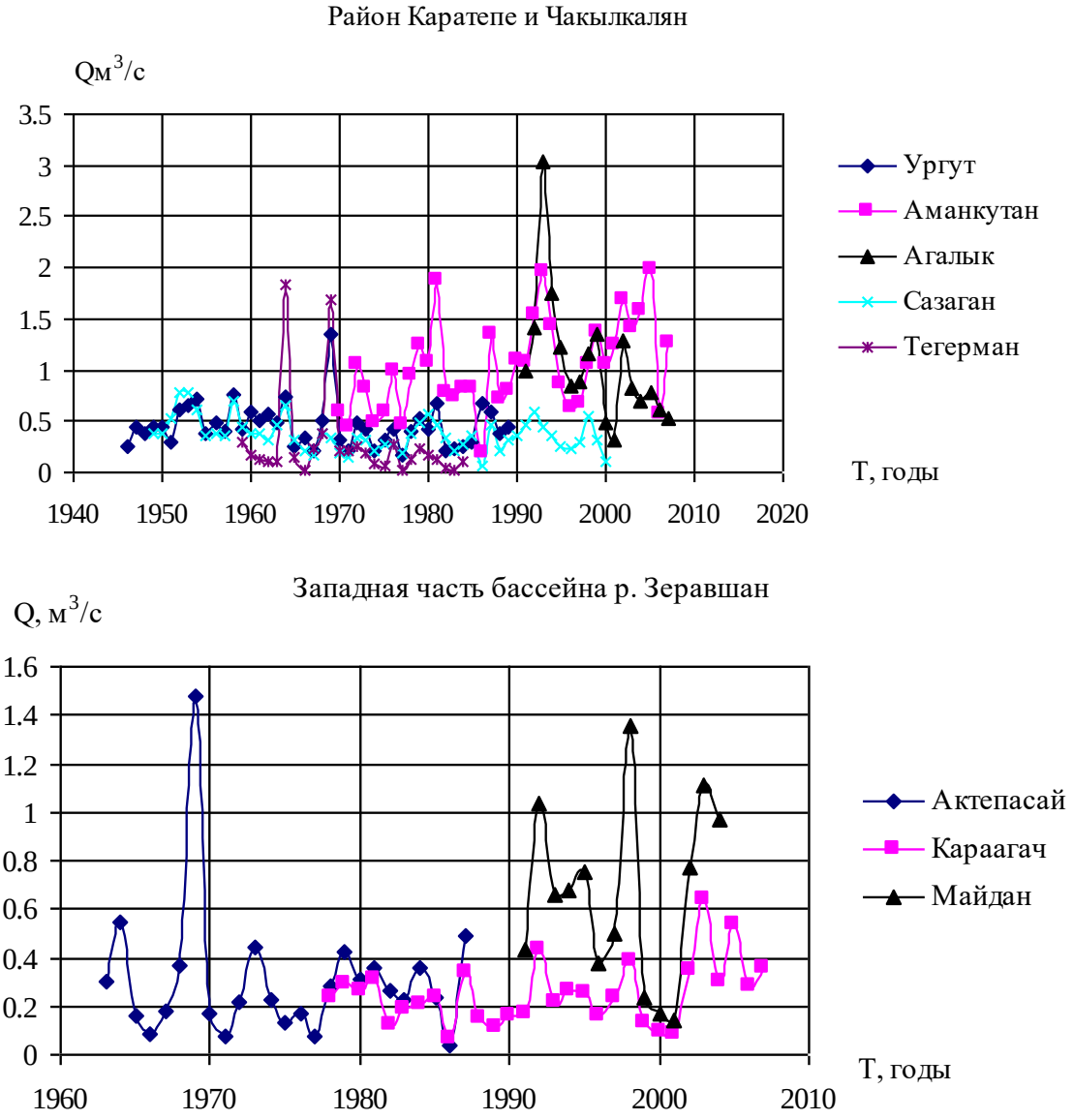


Рис. 1. Совмещенные графики колебаний расходов воды

В гидрологических расчётах связь считают достаточно надежной при значениях коэффициента корреляции ≥ 0,70. Корреляционные матрицы для всех 32 исследуемых малых низкогорных рек, сгруппированных по районам, приведены в табл.1. Знак " – " в таблице обозначает отсутствие параллельных периодов наблюдения на постах.

Таблица 1

Корреляционные матрицы годового стока малых низкогорных рек

1. Бассейн р. Сурхандарьи

Реки	1	2	3	4	5
1. Гулиоб	1,000	0,935	0,633	0,715	0,821
2. Шаргунь		1,000	0,598	0,224	0,724
3. Гуруфатьма			1,000	0,140	0,436
4. Аксу				1,000	0,240
5. Хангарансай					1,000

2. Бассейн р. Кашкадарьи

Реки	1	2
1. Гульдара	1,000	0,580
2. Лянгар		1,000

3. Район хребтов Каратепе и Чакылкалян

Реки	1	2	3	4	5
1. Ургут	1,000	0,922	-	0,820	0,753
2. Аманкутан		1,000	0,458	0,720	0,370
3. Агалык			1,000	0,419	-
4. Сазаган				1,000	0,737
5. Тегерман					1,000

4. Запад бассейна р. Зеравшан

Реки	1	2	3
1. Актепасай	1,000	0,832	-
2. Караагач		1,000	0,866
3. Майдан			1,000

5. Северные склоны Туркестанского хребта и Нурата

Реки	1	2
1. Гальдраут	1,000	0,726
2. Маджерум		1,000

6. Бассейн р. Ахангаран

Реки	1	2	3	4	5	6	7
1. Кызылча	1,000	0,974	0,723	0,883	0,971	0,753	0,735
2. Четыксай		1,000	-	0,984	0,990	-	0,856
3. Джиблан			1,000	-		0,698	0,714
4. Наугарзан-4,5				1,000	0,947	-	0,966
5. Наугарзан-Турк					1,000	-	0,773
6. Абджаз						1,000	0,747
7. Шаугаз							1,000

7. Бассейн р. Чирчик

Реки	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Янгикурган	1,000	0,666	0,852	0,783	0,744	0,671	0,733	0,961	0,810
2. Наувалисай		1,000	0,550	0,908	0,681	0,852	0,717	0,864	0,765
3. Чимган			1,000	0,825	0,762	0,659	0,650	0,956	0,826
4. Каранкуль				1,000	0,176	0,921	-	0,702	0,806
5. Гальвасай					1,000	0,713	0,796	0,796	0,713
6. Акташсай						1,000	0,848	0,749	0,805
7. Паркент - 2							1,000	-	-
8. Алтынбель								1,000	0,896
9. Паркент									1,000

Из полученных совмещенных графиков и матриц можно сделать вывод о практической синхронности хода колебаний средних годовых расходов воды во всех группах рек бассейна р. Сырдарьи. Исключение составляют реки Наувалисай, Янгикурган и Чимган в бассейне р. Чирчик. Объяснением этому может послужить некоторое отличие в экспозиции водосборов, так как с реками, имеющими близкую экспозицию, коэффициенты корреляции у них превышают 0,70.

В бассейне р. Амударьи синхронность колебаний средних годовых расходов воды наблюдается на реках, относящихся к группе западной части бассейна р. Зеравшан. В остальных группах имеются реки, выпадающие из общего ряда. В группе рек бассейна р. Сурхандарьи это Гуруфатьма и Аксу. В бассейне р. Кашкадарьи коэффициент корреляции между 2 малыми реками равен 0,58. В группе рек района хребтов Каратепе и Чакылкалян выделяются реки Аманкутан и Агалык. Объяснением этому могут быть отличия в литологическом строении бассейнов, различная экспозиция водосборов, а также возможное несовпадение границ поверхностного и подземного водоразделов, не учтённые водозаборы в малых населенных пунктах.

Ряд гидрологических данных оценивают на репрезентативность, определяя наличие в нем многоводных и маловодных лет и группировок таких лет (циклов). Циклы водности можно установить по разностным интегральным кривым [7, 15]. При построении этих кривых сток удобнее выражать в модульных коэффициентах. Для сопоставления многолетних колебаний стока по территории ординаты кривых обычно нормализуют по C v, используя следующее соотношение:

$$\sum (K\,i - 1) / C\,v$$

Если разность $\sum (K\,2 - 1) - \sum (K\,1 - 1)$ меньше нуля, то период T2 – T1 будет маловодным, а если больше – то многоводным. При разности, равной нулю, период можно принять за расчётный. Совмещенные графики разностных интегральных кривых были построены для каждой из 7 групп рек. Совмещенные разностные интегральные кривые для отдельных групп в качестве примера приведены на рисунках 2-5.

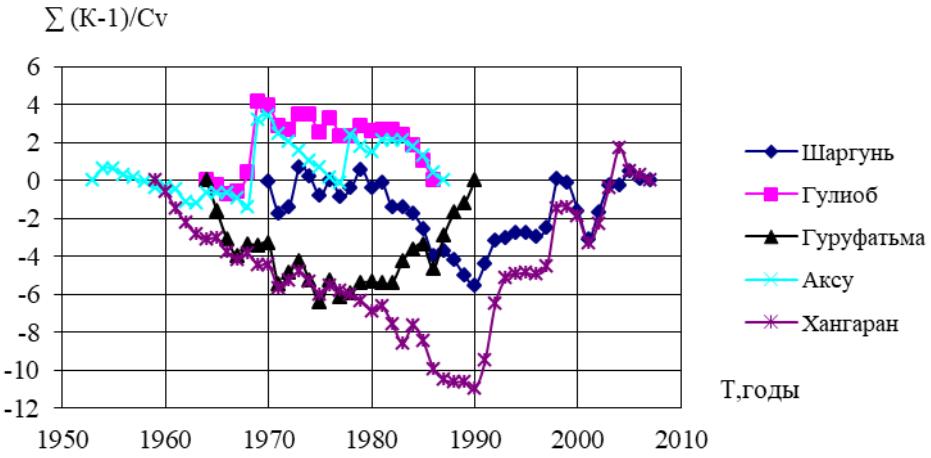


Рис. 2. Совмещенные разностные интегральные кривые по малым рекам бассейна р. Сурхандарьи

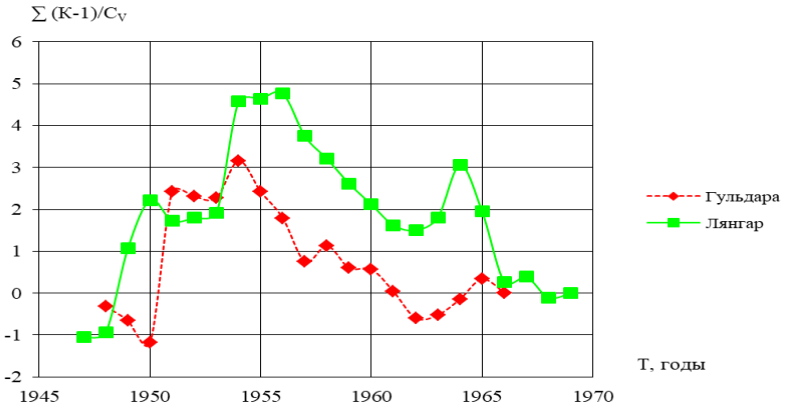


Рис. 3. Совмещенные разностные интегральные кривые по малым рекам бассейна р. Кашкадарьи

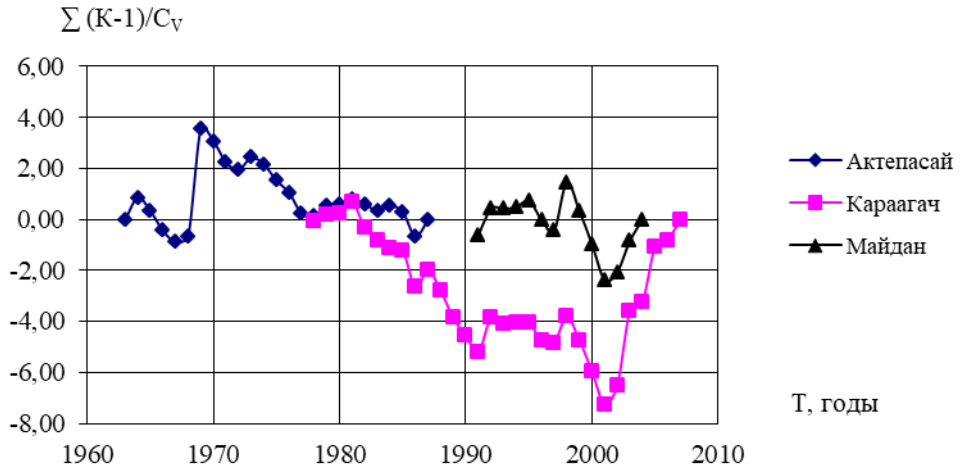


Рис. 4. Совмещенные разностные интегральные кривые по малым рекам западной части бассейна р. Зеравшан

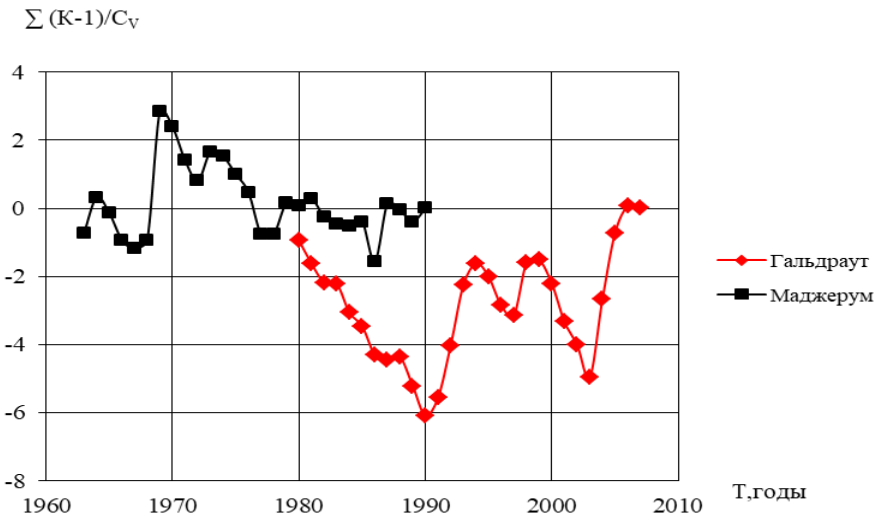


Рис. 5. Совмещенные разностные интегральные кривые по малым рекам Туркестанского хребта и хребта Нурата

Анализ графиков показывает, что в большинстве групп рек периоды маловодья приходятся в среднем на годы с 1970 по 1991, а многоводья – с 1992 по 2007. Естественно, внутри этих периодов имеются отрезки времени, когда происходят незначительные, кратковременные изменения водности рек. При коротких рядах наблюдений уловить периоды маловодья многоводья сложно, так они завуалированы короткопериодными колебаниями стока.

Выводы. В заключении можно сделать следующие выводы:

- результаты исследования методами построения совмещенных графиков колебаний средних годовых расходов воды малых низкогорных рек Узбекистана и расчета парной корреляции между ними внутри гидрологических районов установлено, что они, в большей части, синхронны;

- в большинстве групп рек периоды маловодья приходятся в среднем на годы с 1970 по 1991, а многоводья – с 1992 по 2007. Естественно, внутри этих периодов имеются отрезки времени, когда происходят незначительные, кратковременные изменения водности рек.

Использованная литература:

1. Алексеев Г.А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1971. 363 с.
2. Андреянов В.Г. Внутригодовое распределение речного стока. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1960. 327 с.
3. Виноградов Ю.Б., Виноградова Т.А. Прикладная гидрология. Санкт-Петурбург, 2014. 196 с.
4. Владимиров А.М. Сток рек в маловодный период года. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1976. 295 с.
5. Водогрецкий В.Е. Антропогенное изменение стока малых рек. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1990. 176 с.
6. Глазырин Г.Е., Сагдеев Н.З. Оценка вероятности пересыхания малых низкогорных рек // Гидрометеорология и экология. 2009. № 3. С. 110-117.
7. Давыдов Л.К. Водоносность рек СССР, её колебания и влияние на нее физико-географических факторов. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1947. 265 с.
8. Кирста Б.Т. Средний многолетний сток рек северо-восточного склона Копет-Дага // Сборник работ Ашхабадской гидрометеорологической обсерватории. Ашхабад. 1958. Вып.1. С. 32-40.
9. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том IV. Узбекская ССР. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1987. 284 с.
10. Расчетные гидрологические характеристики. Сборник научных трудов (междуведомственный). Ленинград: Изд.-во ЛГМИ, 1991. Вып. 110. 129 с.
11. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.14. Средняя Азия. Вып. 1. Бассейн реки Сырдарьи. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1969. 439 с.
12. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.14. Средняя Азия. Вып. 3. Бассейн реки Амударьи. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1971. 474 с.
13. Руководство по определению расчетных гидрологических характеристик. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1973. 111 с.
14. Сагдеев Н.З. Синхронность колебаний стока малых низкогорных рек Узбекистана // Известия географического общества Узбекистана. 2010. 35-том. С. 168-170.
15. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1965. 692 с.

References:

1. Alekseev G.A. (1971), *Objective methods of alignment and normalization of correlations*, Leningrad, 363 p. (in Russ.).
2. Andreyanov V.G. (1960), *Intra-gang distribution of river runoff*, Leningrad, 327p. (in Russ.).
3. Vinogradov Yu.B., Vinogradova T.A. (2014), *Applied Hydrology*, Sankt-Peturburg, 196 p. (in Russ.).
4. Vladimirov A.M. (1976), *River runoff during dry periods of the year*, Leningrad, 295 p. (in Russ.).
5. Vodogretskiy V.E. (1990), *Anthropogenic change in the runoff of small rivers*. Leningrad, 176 p. (in Russ.).
6. Glazyrin G.E., Sagdeev N.Z. (2009), Estimation of the probability of drying up of small low-mountain rivers // *Hydrometeorology and ecology*, No. 3, pp. 110-117. (in Russ.).
7. Davydov L.K. (1947), *Water content of rivers in the USSR, its fluctuations and the influence of physical and geographical factors on it*, Leningrad, 265 p. (in Russ.).
8. Kirsta B.T. (1958), Average long-term runoff of rivers on the north-eastern slope of the Kopet-Dag // *Annales of the Ashgabat Hydrometeorological Observatory*, Issue 1, Ashxabad, pp. 32 - 40. (in Russ.).
9. *Long-term data on the regime and resources of land surface waters* (1987), Vol. IV. Uzbek SSR, Leningrad, 284 p. (in Russ.).
10. *Estimated hydrological characteristics* (1991), Collection of scientific papers (interdepartmental), Issue 110, Leningrad, 129 p. (in Russ.).
11. *Resources of surface waters of the USSR* (1969), Vol.14. Middle Asia. Issue 1. Basin of the Syrdarya river, Leningrad, 439 p. (in Russ.).
12. *Surface water resources of the USSR* (1971), Vol.14. Middle Asia. Issue 3. Basin of the Amu Darya River, Leningrad, 474 p. (in Russ.).

13. *Guidelines for the determination of design hydrological characteristics* (1973), Leningrad, 111 p. (in Russ.).

14. Sagdeev N.Z. (2010), Synchronous flow fluctuations of small low-mountain rivers in Uzbekistan, *Annales of the Geographical Society of Uzbekistan*. Vol. 35, pp. 168-170. (In Russ.).

15. Shultz V.L. (1965), *Rivers of Middle Asia*, Leningrad, 692 p. (in Russ.).

Сведения об авторах:

Аденбаев Бахтиёр Ембергенович – Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека (Ташкент, Узбекистан), заведующий кафедрой гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды факультета гидрометеорологии, доктор географических наук, доцент. E-mail: bahtiyor.adenbayev@mail.ru.

Сагдеев Наиль Завдятович – Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека (Ташкент, Узбекистан), старший преподаватель кафедры гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды факультета гидрометеорологии. E-mail: nailsagd@mail.ru.

Information about the authors:

Adenbaev Bakhtiyor – National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek (Tashkent, Uzbekistan), head of the Department of Hydrometeorology and environmental monitoring, Faculty of Hydrometeorology, Doctor of Geographical Sciences, Assistant Professor. E-mail: bahtiyor.adenbayev@mail.ru.

Sagdeev Nail – National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek (Tashkent, Uzbekistan), Senior Lecturer of the Department of Hydrometeorology and environmental monitoring, Faculty of Hydrometeorology. E-mail: nailsagd@mail.ru

Для цитирования:

Аденбаев Б.Е., Сагдеев. Н.З. Синхронность и цикличность колебаний стока малых низкогорных рек в гидрологических районах // Центральноазиатский журнал географических исследований. 2021. № 3-4. С. 97-104.

For citation:

Adenbaev B.E., Sagdeev N.Z. (2021), Synchronicity and cyclicity of flow vibrations small low mountain rivers in hydrological areas, *Central Asian journal of the geographical researches*, No 3-4, pp. 97-104. (In Russ.)