

СИНХРОННОСТЬ КОЛЕБАНИЙ СТОКА КРУПНЕЙШИХ РЕК ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

В.И. Бабкин¹, А.В. Бабкин^{1, 2}, О.В. Мёрзлый¹

¹ Государственный гидрологический институт, Abav@mail.ru

² Российский государственный гидрометеорологический университет

Предложен метод оценки параметра синхронности (асинхронности) многолетних колебаний стока рек, основанный на учете трех градаций водности (маловодные годы, многоводные годы, средние по водности годы) рек и балльной оценке совпадения либо несовпадения водности в попарно сравниваемых реках. С помощью предложенного метода возможно оценивать вклад лет различной водности в синхронность (асинхронность) колебаний стока рек.

Получено, что в стоке крупнейших рек европейской части России преобладают слабо выраженные синхронные колебания. Произведено сопоставление параметров синхронности с коэффициентами корреляции стока попарно сравниваемых крупнейших рек европейской части России. Установлено, что связь между ними характеризуется высоким значением коэффициента корреляции, равным 0,85.

Ключевые слова: синхронность стока рек, водность лет, вклад лет различной водности в значения параметра синхронности, коэффициент корреляции.

SYNCHRONISM OF FLUCTUATIONS OF THE RUNOFF OF THE LARGEST RIVERS OF THE EUROPEAN PART OF RUSSIA

V.I. Babkin¹, A.V. Babkin^{1, 2}, O.V. Merzlyi¹

¹ State Hydrological Institute

² Russian State Hydrometeorological University

A method for estimating the synchronicity (asynchrony) parameter of long term variations of runoff of rivers based on taking three gradations of water content (dry years, high-water years, average water years) of rivers and scoring the coincidence or discrepancy in pairwise compared rivers is proposed. Using the proposed method, it is possible to estimate the contribution of years of different water content to the synchronism (asynchrony) of variations of river runoff.

It was found that weakly expressed synchronous oscillations prevail in the runoff of the largest rivers of the European part of Russia. The synchronization parameters are compared with the runoff correlation coefficients for the two largest rivers of the European part of Russia compared in pairs. It is established that the relationship between them is characterized by a high value of the correlation coefficient, equal to 0.85.

Keywords: synchronism of river runoff, water content of years, the contribution of years of different water content to the value of the synchronism parameter, the correlation coefficient.

Введение

Колебания речного стока во времени являются циклическими [1, 3, 5—7]. Однако даже на соседних реках они различаются набором разных по продолжительности циклов, что представляет собой следствие циклонической деятельности над изучаемыми речными бассейнами, определяющей несколько различный генезис и состав речных вод [4, 5]. Вследствие этого колебания стока во времени являются в значительной мере асинхронными, что неоднократно отмечалось в гидрологической литературе [5, 8].

Выявление синхронности и асинхронности колебаний стока крупнейших речных бассейнов европейской части России представляет большой научный и практический интерес для решения ряда гидрологических, водохозяйственных и водноэнергетических задач.

Изучение синхронности и асинхронности колебаний речного стока было особенно актуально в СССР в связи с намечаемыми и осуществляемыми тогда в нашей стране водохозяйственными и водноэнергетическими мероприятиями — строительством мощных каскадов гидроэлектростанций, объединением энергетических систем, формированием Единой энергетической системы СССР, развитием ирригации, переброской стока из одних бассейнов в другие.

Изучение внутренней структуры рядов стока рек показывает, что различия в его колебаниях весьма значительны, и это создает благоприятные условия для взаимной компенсации работы объединяемых гидроэлектростанций и энергетических систем. Суммарная энергоотдача становится более устойчивой, и, как правило, уменьшается вероятность возникновения значительного дефицита воды и электрической энергии, обусловленного группировками маловодных лет.

Асинхронность и синхронность колебаний стока учитываются при обосновании оптимального режима крупных оросительных систем и планировании будущего объема сельскохозяйственного производства в районах орошаемого земледелия. От степени несовпадения колебаний стока исследуемых рек и их цикличности зависит также методика водохозяйственного и водноэнергетического проектирования.

Целью исследования является получение впервые данных о вкладе в синхронность колебаний стока лет различной водности, и прежде всего маловодных и многоводных на попарно сравниваемых реках.

В 1950—1990 годах для оценки синхронности и асинхронности стока сравниваемых рек обычно использовался метод корреляции [5, 7, 8]. При наличии положительной достоверной корреляции принималось, что колебания стока двух сравниваемых рек синхронны. В том случае, когда коэффициенты корреляции между рядами стока имели отрицательные значения, принималось, что колебания стока исследуемых рек являются асинхронными [5—8].

К сожалению, такая методология не позволяла выявить вклад лет различной водности в значения синхронности (асинхронности) в колебаниях стока

сравниваемых рек. В отличие от корреляционной методологии оценки синхронности и асинхронности предлагаемый ниже новый метод основан на балльной оценке совпадения (несовпадения) водности рек и использовании представлений о цепях А.А. Маркова [2] с тремя состояниями стока: маловодный год, средний по водности год, многоводный год.

1. Материалы наблюдений и метод оценки наличия синхронности и асинхронности колебаний речного стока

На территории современной России, в частности на крупнейших реках ее европейской части, необходимо учитывать синхронность и асинхронность колебаний стока рек.

В настоящее время имеются длинные ряды данных наблюдений за стоком рек, длительность которых достигает 90—100 и более лет. Анализ данных по стоку рек европейской части России позволяет выявить группировки лет с различной водностью (маловодные, средние по водности и многоводные годы) и оценить наличие синхронности и асинхронности колебаний стока сравниваемых рек за столь длительный период времени.

Исходными материалами для выполнения исследований по выявлению синхронности и асинхронности стока семи крупнейших рек европейской части России (реки Северная Двина, Печора, Нева, Кубань, Волга, Дон, Терек) послужили данные о годовых его значениях, содержащиеся в Автоматизированной информационной системе Государственного водного кадастра.

Общие сведения об использованных материалах приведены в табл. 1.

Таблица 1

Периоды наблюдений за стоком крупнейших рек европейской части России		
№ п/п	Речной бассейн	Период наблюдений
1	р. Северная Двина — с. Усть-Пинега	1882—2015
2	р. Печора — с. Оксино	1925—2015
3	р. Нева — д. Новосаратовка	1859—2015
4	р. Дон — ст-ца Раздорская	1891—2015
5	р. Кубань — г. Краснодар	1912—2015
6	р. Волга — г. Волгоград	1879—2015
7	р. Терек — с. Степное	1925—2015

Среднее значение стока какой-либо реки за период наблюдений ($Q_{\text{ср}}$) принималось в качестве реперной величины и использовалось для оценки водности лет путем его умножения на два параметра: 0,95 и 1,05. Все значения стока сравниваемых рек, меньшие $0,95Q_{\text{ср}}$, относились к его маловодным годам, а большие $1,05Q_{\text{ср}}$ — к многоводным. Значения стока, находящиеся в интервале

$0,95Q_{\text{ср}} — 1,05Q_{\text{ср}}$, относились к стоку средних по водности лет. Сток маловодных лет идентифицировался цифрой 1, средних по водности — цифрой 2, а многоводных лет — цифрой 3.

Таким образом, исходные стоковые ряды за периоды наблюдений по исследуемым рекам заменялись цифрами 1, 2 и 3. Начиная с единого периода наблюдений на попарно сравниваемых реках проводилось сопоставление значений их стока за одинаковые годы. В том случае, когда водность на сравниваемых реках совпадала (например, 1 — 1, 2 — 2, 3 — 3), этому году приписывался балл 1,0. В случае когда на одной реке наблюдалось маловодье, а на другой — многоводье, этому году приписывался балл $-1,0$ (например, 1 — 3 или 3 — 1).

В случаях когда водность за конкретный год на одной реке не совпадала с водностью на другой реке (1 — 2, 2 — 1, 2 — 3 или 3 — 2), этот год оценивался баллом 0,5.

Затем производится сложение за единый рассматриваемый период ежегодных оценок в баллах и путем деления полученной суммы на число лет определяется параметр синхронности (асинхронности) колебаний стока попарно рассматриваемых рек.

При такой оценке синхронности колебаний стока сравниваемых рек можно легко оценить вклад в полученный параметр отдельно маловодных, средних по водности и многоводных лет, а также лет, несовпадение которых по водности оценивается баллом 0,5, путем деления их отдельно взятых сумм на общую сумму баллов, по которой оценена величина параметра синхронности (асинхронности). Очевидно, что значение параметра синхронности (асинхронности) колебаний стока сравниваемых рек находится в интервале от -1 до $+1$.

Можно полагать, что значения параметра синхронности от 0 до 0,3 и от 0 до $-0,3$ свидетельствуют об отсутствии синхронности в колебаниях стока сравниваемых рек, от 0,3 до 0,5 и от $-0,3$ до $-0,5$ — о наличии соответственно синхронности и асинхронности, а значения по модулю выше 0,5 и $-0,5$ — о наличии соответственно высокой синхронности и асинхронности.

Результаты оценки синхронности (асинхронности) колебаний стока крупнейших рек европейской части России приведены ниже, в п. 2.

2. Полученные результаты и их обсуждение

Для стока всех семи исследуемых рек были оценены попарные значения параметров синхронности (асинхронности) их колебаний. Оценки всех значений параметров синхронности (асинхронности) колебаний представлены в табл. 2. В этой таблице приведены также данные о коэффициентах корреляции между значениями стока попарно сравниваемых рек.

Из таблицы следует, что лишь для девяти пар сравниваемых рек (Северная Двина — Печора, Северная Двина — Нева, Северная Двина — Волга, Печора — Нева, Нева — Волга, Нева — Терек, Дон — Кубань, Дон — Волга, Кубань — Терек) колебания стока во времени являются синхронными.

Таблица 2

Параметры синхронности (числитель) и коэффициенты корреляции (знаменатель) между колебаниями стока крупнейших рек европейской части России (в долях единицы)

№ п/п	Речной бассейн	1	2	3	4	5	6	7
1	р. Северная Двина — с. Усть-Пинега	1	<u>0,36</u> 0,11	<u>0,43</u> 0,32	<u>0,20</u> 0,15	<u>0,23</u> 0,01	<u>0,58</u> 0,59	<u>0,21</u> 0,01
2	р. Печора — с. Оксино		1	<u>0,31</u> 0,10	<u>0,00</u> -0,23	<u>0,14</u> -0,09	<u>0,28</u> 0,10	<u>0,25</u> 0,03
3	р. Нева — д. Новосаратовка			1	<u>0,16</u> -0,05	<u>0,18</u> -0,11	<u>0,39</u> 0,29	<u>0,43</u> 0,09
4	р. Дон — ст-ца Раздорская				1	<u>0,31</u> 0,32	<u>0,40</u> 0,42	<u>0,21</u> 0,24
5	р. Кубань — г. Краснодар					1	<u>0,23</u> 0,00	<u>0,44</u> 0,46
6	р. Волга — г. Волгоград						1	<u>0,18</u> 0,07
7	р. Терек — с. Степное							1

Для остальных двенадцати пар рек синхронность в колебаниях стока отсутствует. Для пары рек Северная Двина — Печора, для которой параметр синхронности равен 0,36, вклад в синхронность только маловодных лет составил 19,1 %, средних по водности — 9 %, многоводных — 14,6 %. Вклад в синхронность колебаний стока рассматриваемых рек лет, не совпадающих по водности на один год (1 — 2, 2 — 1, 2 — 3, 3 — 2), соответственно равен 5,6; 4,5; 5,1 и 1,7 %.

Годы с противоположной водностью на Северной Двине и Печоре (1 — 3, 3 — 1) снизили синхронность на 13,5 и 10,1 % соответственно.

Для пары рек Северная Двина — Нева коэффициент синхронности колебаний стока равен 0,43. Число совпадающих маловодных лет равно 29, совпадающих средних по водности лет — девять, совпадающих многоводных лет — 21. Тринадцать маловодным годам на Северной Двине соответствовали многоводные годы на Неве. Тринадцать многоводным годам на Северной Двине соответствовали маловодные годы на Неве. Четырнадцать лет маловодью на Северной Двине соответствовали годы средней водности на Неве. Десять лет на Северной Двине отмечались годы средней водности, которые на Неве являлись маловодными. Девять лет, средних по водности на Северной Двине, соответствовали многоводным годам на Неве, а 14 многоводных лет на Северной Двине — средним по водности годам на Неве.

Таким образом, вклад совпадающих на исследуемых реках только маловодных лет в общую синхронность составил 22 %, средних по водности — 6,8 %, многоводных — 15,9 %. Суммарный вклад лет, противоположных по водности на реках (1 — 3, 3 — 1), составил 19,6 %. Суммарный вклад в синхронность стока лет, не совпадающих по водности (1 — 2, 2 — 1, 2 — 3, 3 — 2), равен 17,8 %.

Для пары рек Северная Двина — Волга параметр синхронности равен 0,58 и является наибольшим из 21 пары сравниваемых рек европейской части России. На этих реках 35 лет были синхронно маловодными. Двенадцать лет

характеризовались синхронно противоположной водностью: на Северной Двине они были маловодными, а на Волге — многоводными. Девять лет водность сравниваемых рек не совпала (на Северной Двине были маловодные годы, а на Волге — средние по водности). Десять средних по водности лет на рассматриваемых реках совпадали. Одиннадцать средних по водности лет наблюдались на Северной Двине, в то время как на Волге в эти годы отмечалось маловодье. В семь средних по водности лет на Северной Двине на Волге наблюдалось многоводье.

Противоположная водность на рассматриваемых реках (многоводье на Северной Двине и маловодье на Волге) наблюдалась семь лет, а многоводные годы совпадали 33 раза. Восемь лет на Северной Двине наблюдались многоводные годы, а на Волге — средние по водности.

Вклад совпадающих маловодных лет на Северной Двине и Волге в синхронность колебаний стока составил 26,5 %, средних по водности — 7,6 %, многоводных — 25 %. Противоположные по водности годы (1 — 3, 3 — 1) снизили синхронность на 14,4 %. Годы, не совпадающие по водности (1 — 2, 2 — 1, 2 — 3, 3 — 2), вносили вклад в синхронность, равный 13,3 %.

Для пары сравниваемых рек Печора — Нева маловодные годы одновременно наблюдались 15 лет, средние по водности — восемь лет, многоводные — 11 лет. Противоположные по водности годы наблюдались: 11 лет маловодные на Печоре и многоводные на Неве, 12 лет — многоводные на Печоре и маловодные на Неве.

Годы, не совпадающие по водности (1 — 2, 2 — 1, 2 — 3, 3 — 2), наблюдались 8, 7, 6 и 12 лет соответственно. За период совместных наблюдений с 1925 по 2015 г. показатель синхронности равен 0,31. Вклад только маловодных лет в синхронность колебаний стока рассматриваемых рек составил 16,7 %, средних по водности 8,9 %, многоводных 12,2 %. Противоположная водность на этих реках (1 — 3 и 3 — 1) понижала синхронность колебаний стока на 12,2 и 13,3 % соответственно. Годы, не совпадающие по водности (1 — 2, 2 — 1, 2 — 3, 3 — 2), внесли суммарный вклад в синхронность колебаний стока Печоры и Невы, равный 18,3 %.

Параметр синхронности колебаний стока Невы и Волги составляет 0,39. Эта оценка получена за период совместных наблюдений продолжительностью 134 года. За этот период на исследуемых реках 27 лет совпадали маловодные годы, семь лет — средние по водности и 21 год — многоводные. Четырнадцать лет на Неве были маловодными, в то время как Волга в эти годы была многоводной. На Неве 14 лет были многоводными, а на Волге в эти годы наблюдалось маловодье.

Годы, не совпадающие по водности (1 — 2, 2 — 1, 2 — 3, 3 — 2), наблюдались 12, 14, 17 и 8 лет соответственно. Таким образом, за период совместных наблюдений с 1879 по 2015 г. вклад лет с различной водностью составил: маловодные годы 20,1 %, средние по водности 5,2 %, многоводные — 15,7 %. Противоположные по водности годы на сравниваемых реках (1 — 3 и 3 — 1) уменьшали синхронность на 10,4 и 10,4 % соответственно. Годы, не совпадающие по водности на единицу (1 — 2, 2 — 1, 2 — 3, 3 — 2), увеличивали синхронность на 19 %.

Параметр синхронности колебаний стока Невы и Терека за совместный период наблюдений с 1925 по 2015 г. равен 0,43. За этот период 16 лет были синхронно

маловодными, два года являлись средними по водности и семнадцать лет — многоводными. На рассматриваемых реках семь лет отмечалась противоположная водность (1 — 3): на Неве наблюдались маловодные годы, а на Тереке — многоводные, а девять лет (3 — 1) на Неве наблюдались многоводные годы, а на Тереке — маловодные.

Вклад в синхронность стока вносили годы, не совпадающие по водности на один год. На Неве 11 лет были маловодными, а на Тереке в эти годы отмечалась фаза средней водности; на Неве отмечалось 17 лет средней водности, а на Тереке — маловодные годы; средним по водности девяти годам на Неве соответствовали многоводные годы на Тереке, а трем многоводным годам на Неве соответствовали средние по водности на Тереке.

Таким образом, вклад совпадающих по водности только маловодных лет в синхронность колебаний стока рек Невы и Терека составил 17,6 %, средних по водности — 2,2 %, многоводных лет — 18,7 %. Вклад в синхронность колебаний стока рассматриваемых рек лет, не совпадающих на один год (1 — 2, 2 — 1, 2 — 3, 3 — 2), равен 6,0; 9,3; 4,9; 1,6 % соответственно.

Противоположная водность на реках Неве и Тереке (1 — 3 и 3 — 1) снизила синхронность на 7,7 и 9,9 % соответственно.

Итак, видно, что наибольший вклад (21,8 %) в синхронность колебаний стока Невы и Терека внесли годы, не совпадающие по водности на один год (1 — 2, 2 — 1, 2 — 3, 3 — 2). Вклад только маловодных, только средних по водности и только многоводных лет равен 17,6; 2,2 и 18,7 % соответственно.

Структура параметра синхронности колебаний стока рек Дона — станица Раздорская и Кубани — г. Краснодар, равно 0,31, существенно отличается от соответствующего параметра рассмотренной выше пары рек Невы — д. Новосаратовка и Терека — с. Степное. За период совместных наблюдений с 1912 по 2015 г. на исследуемых реках наблюдались 26 совпадающих маловодных лет и 21 совпадающий многоводный год; совпадений средних по водности лет не было. Противоположная водность (1 — 3, 3 — 1) наблюдалась 17 и 11 лет соответственно.

Несовпадение по водности на 1 год (1 — 2, 2 — 1, 2 — 3 и 3 — 2) отмечалось 15, 6, 2 и 6 лет соответственно. Результаты исследований показывают, что вклад в синхронность колебаний стока рассматриваемых рек совпадающих маловодных лет равен 25 %, средних по водности — 0,0 %, многоводных лет — 20,2 %. Совпадающая на исследуемых реках противоположная водность (1 — 3 и 3 — 1) понижали синхронность на 16,3 и 10,6 % соответственно.

Вклад в синхронность колебаний стока Дона и Кубани лет, сдвинутых на один год (1 — 2, 2 — 1, 2 — 3 и 3 — 1), соответственно равен 7,2; 2,9; 0,06 и 2,9 %.

Для рек Дона и Волги параметр синхронности (асинхронности) колебаний стока, оцененный за период наблюдений с 1891 по 2015 г., равен 0,40. Маловодные годы за этот промежуток времени совпадали 37 лет, средние по водности — только один год, а многоводные — 24 года. На этих реках водность не совпадала на один год (1 — 2; 2 — 1; 2 — 3; 3 — 2) 14; 4; 6 и 10 лет соответственно.

Вклад совпадающих маловодных лет в параметр синхронности составил 29,6 %, средних по водности — 0,8 %, многоводных — 19,2 %.

Наблюдавшаяся противоположная водность уменьшала параметр синхронности: маловодные годы на Дону и многоводные годы на Волге — на 12,8 %, а многоводные годы на Дону и маловодные годы на Волге — на 10,4 %. Годы, не совпадающие по водности (1 — 2, 2 — 1, 2 — 3 и 3 — 2), увеличивали значение параметра синхронности на 5,6; 1,6; 2,4 и 4 % соответственно, т. е. в сумме на 13,6 %.

Для Кубани и Терека параметр синхронности колебаний стока рек за период наблюдений с 1925 по 2015 г. равен 0,44. Совпадающих по времени отмечалось: 22 маловодных года, два года средних по водности и 19 многоводных лет.

Противоположная водность (маловодные годы на Кубани и многоводные на Тереке, многоводные на Кубани и маловодные на Тереке) отмечалась 10 и 8 лет соответственно. В течение 30 лет водность на Кубани и Тереке не совпадала на один год (маловодные годы на Кубани и средние по водности на Тереке, средние по водности на Кубани и маловодные на Тереке, средние по водности на Кубани и многоводные на Тереке, многоводные на Тереке и средние по водности на Кубани) восемь, двенадцать, четыре и шесть лет соответственно.

Вклад лет различной водности в синхронность (асинхронность) колебаний стока соответственно составил: маловодные годы 24,2 %, средние по водности 2,2 %, многоводные 20,9 %. Прямо противоположные по водности годы (1 — 3 и 3 — 1) снижали синхронность на 11 и 8,8 % соответственно.

Годы на рассматриваемых реках, водность которых не совпадает на один год (1 — 2, 2 — 1, 2 — 3 и 3 — 2), увеличивали синхронность на 4,4; 6,6; 2,2 и 3,3 % соответственно, т. е. в сумме на 16,5 %.

Такова структура вклада стока лет различной водности рек Кубани и Терека в синхронность их колебаний во времени.

Данные о вкладе водности попарно сравниваемых крупнейших рек европейской части России в выявленную синхронность приведены в табл. 3.

Таблица 3

Вклад (%) водности попарно сравниваемых рек в синхронность колебаний их стока

№ п/п	Пара рек	Маловодные годы	Средние по водности годы	Многоводные годы	Противоположные по водности годы		Годы, различающиеся по водности на единицу
					1 — 3	3 — 1	
1	Северная Двина — Печора	19,1	9,0	14,6	-13,5	-10,2	16,9
2	Северная Двина — Нева	22,0	6,8	15,9	-9,8	-9,8	17,8
3	Северная Двина — Волга	26,5	7,6	25,0	-9,1	-5,3	13,3
4	Печора — Нева	16,7	8,9	12,2	-12,2	-13,3	18,3
5	Нева — Волга	20,1	5,2	15,7	-10,4	-10,4	19,0
6	Нева — Терек	17,6	2,2	18,7	-7,7	-9,9	21,8
7	Дон — Кубань	25,0	0,0	20,2	-16,3	-10,6	13,0
8	Дон — Волга	29,6	0,8	19,2	-12,8	-10,4	13,6
9	Кубань — Терек	24,2	2,2	20,9	-11,0	-8,8	16,5

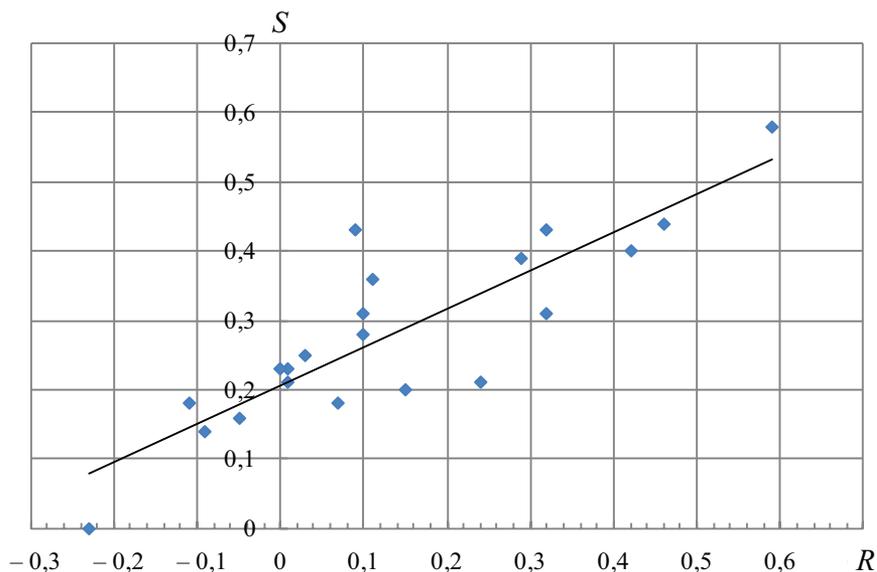


Рис. 1. Связь параметров синхронности S и коэффициентов корреляции R для крупнейших рек европейской части России.

На рис. 1 представлен график связи оценок параметров синхронности традиционно используемым и предложенным новым способом. Видно, что связь между указанными параметрами синхронности выражена. Значение коэффициента корреляции этой связи равно 0,85.

Выводы

Предложен новый метод оценки синхронности и асинхронности колебаний стока рек. С использованием этого метода для крупнейших рек европейской части России производилась оценка параметров синхронности и асинхронности колебаний стока. Получено, что наиболее значимые величины параметров синхронности колебаний стока характерны для девяти из двадцати одной пары рек (Северная Двина — Печора, Северная Двина — Нева, Северная Двина — Волга, Печора — Нева, Нева — Волга, Нева — Терек, Дон — Кубань, Дон — Волга, Кубань — Терек).

Впервые установлено, что наибольший вклад в синхронность колебаний стока попарно исследуемых рек, как правило, вносят маловодные годы (от 16,7 % для пары рек Печора — Нева до 29,6 % для пары рек Дон — Волга). Вклад многоводных лет в синхронность колебаний стока рассматриваемых рек европейской части России изменяется от 12,2 % (реки Печора — Нева) до 25 % (реки Северная Двина — Волга).

Вклад лет средней водности изменяется для рассмотренных пар рек от нуля (реки Дон — Кубань) до 9 % (реки Северная Двина — Печора). Годы, смежные

по водности рек (1 — 2, 2 — 1, 2 — 3; 3 — 2), в сумме повышают синхронность на 13—21,8 % (Дон — Кубань; Нева — Терек). Годы противоположной водности (маловодные — многоводные, многоводные — маловодные) в сумме снижали синхронность на 14,4—26,9 % (реки Северная Двина — Волга, Дон — Кубань).

Таковы закономерности синхронных (асинхронных) колебаний стока крупнейших рек европейской части России, впервые выявленные за периоды наблюдений 90—100 лет и более.

Преобладание асинхронных колебаний стока на большинстве крупнейших рек европейской части России может быть учтено в практике решения водохозяйственных и водноэнергетических задач, указанных выше, во введении.

Список литературы

1. *Андреянов В.Г.* Циклические колебания годового стока, их изменения по территории и учет при расчетах стока / В кн.: Труды III Всесоюзного гидрологического съезда. Т. 2. Л.: Гидрометеоздат, 1959. С. 326—335.
2. *Бабкин В.И., Серков Н.К.* Моделирование гидрологических характеристик с использованием цепей Маркова // *Метеорология и гидрология*. 1974. № 7. С. 55—59.
3. *Бабкин В.И., Бабкин А.В.* Современные и ожидаемые объемы вод местного формирования в Центральном федеральном округе Российской Федерации // *Метеорология и гидрология*. 2009. № 11. С. 81—88.
4. *Бабкин В.И.* Речной сток и циклоническая деятельность в бассейне Оби, Енисея и Лены. М.: Научный мир, 2017. 545 с.
5. *Водные ресурсы России и их использование*. СПб: изд-во ГГИ, 2008. 598 с.
6. *Кузин П.С.* Циклические колебания стока рек Северного полушария. Л.: Гидрометеоздат, 1970. 178 с.
7. *Кузин П.С., Бабкин В.И.* Географические закономерности гидрологического режима рек. Л.: Гидрометеоздат, 1979. 200 с.
8. *Сомов Н.В.* Асинхронность колебаний стока крупных рек СССР // *Метеорология и гидрология*. 1963. № 5. С. 14—21.