

В.И. БАБКИН, А.В. БАБКИН, О.В. МЁРЗЛЫЙ, Е.Л. СКОРЯТИНАГосударственный гидрологический институт,
199053, Санкт-Петербург, 2-я линия Васильевского острова, 23, Россия,
vladimir-babkin@mail.ru, abav@mail.ru, marozka@mail.ru, skoriatinael@mail.ru**СИНХРОННОСТЬ КОЛЕБАНИЙ ГОДОВОГО СТОКА КРУПНЕЙШИХ РЕК
АЗИАТСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ**

Предложена методика и выполнена оценка синхронности и асинхронности колебаний годового стока 18 крупнейших рек (для 153 пар рек) Азиатской части России. Методика основана на учете трех групп водности рек (маловодные, средние по водности, многоводные годы) и балльной оценке стока в сравниваемые годы. Отнесение стока рек к определенной группе водности проведено с помощью его среднего многолетнего значения. Годы, в которые сток был меньше 0,95 от среднего многолетнего значения, отнесены к маловодным, а при значениях, больших 1,05 этой величины, — к многоводным годам. К годам средней водности отнесены те значения стока, которые находились в интервале 0,95–1,05 среднего многолетнего значения. Сток маловодных лет идентифицировался цифрой 1, средних по водности — 2 и многоводных лет — цифрой 3. Для всех 153 пар речных бассейнов произведено сопоставление водностей за исследуемые совместные периоды наблюдений. Годам той же водности (1 – 1, 2 – 2, 3 – 3) присваивался балл 1, противоположные по водности годы (1 – 3, 3 – 1) охарактеризованы баллом –1, а смежные по водности (1 – 2, 2 – 1, 2 – 3, 3 – 2) идентифицировались баллом 0,5. Для каждой пары рек оценена балльная сумма, которая выражена в долях от общего периода наблюдений — параметр синхронности (асинхронности) колебаний стока. Для 18 пар речных бассейнов значения параметра синхронности были равны или превышали 0,5. Для этих пар рек получено, что вклад маловодных лет в синхронность в среднем равен 45,1 %, многоводных — 36,3, средних по водности — 10,7 %. Смежные по водности годы увеличивали параметр синхронности на 29,2 %, а противоположные по водности годы уменьшали синхронность на 21,3 %. Оценка синхронности произведена также с использованием метода корреляции.

Ключевые слова: речной сток, метод оценки, среднее значение, циклы водности, маловодные, многоводные и средние по водности годы, коэффициент корреляции.

V.I. BABKIN, A.V. BABKIN, O.V. MERZLYI, E.L. SKORYATINAState Hydrological Institute, 199053, St. Petersburg, 2 liniya,
Vasilyevsky ostrov, 23, Russia,
vladimir-babkin@mail.ru, abav@mail.ru, marozka@mail.ru, skoriatinael@mail.ru**SYNCHRONISM OF VARIATIONS IN THE ANNUAL RUNOFF OF MAJOR RIVERS
IN THE ASIAN PART OF RUSSIA**

The synchronism and asynchrony of variations in the annual runoff of 18 major rivers (153 pairs of the rivers) in the Asian part of Russia were estimated by the new original methodology. The methodology is based on taking into account three groups of water discharges of the rivers (years of low, moderate and high water discharges) and on the numeric rating of the runoff in the years being compared. The runoff of the rivers is assigned to a particular group of water discharge by using its mean value over many years. The years in which the runoff was less than 0.95 of its mean value over many years were assigned to the years of low water discharge, and the years with the runoff larger than 1.05 were assigned to the years with high water discharge. The years with moderate water discharge included the values of the runoff in the interval 0.95–1.05 of the multiannual mean value. The runoff of the years with low, moderate and high water discharge was identified by number 1, 2 and 3, respectively. A comparison of water discharges was made for all 153 pairs of river basins for the correlative periods of observation under investigation. The years with identical water discharges (1 – 1, 2 – 2, 3 – 3) were assigned number 1; the years with opposite water discharges (1 – 3, 3 – 1) were characterized by number –1, and the years with adjacent water discharges (1 – 2, 2 – 1, 2 – 3, 3 – 2) were identified by number 0.5. For each pair of the rivers we estimated the numeric sum expressed in fractions of the total period of observation: the parameter of synchronism (asynchrony) of variations in the runoff. For 18 pairs of river basins the values of the parameter of synchronism were equal or exceeded 0.5. For these pairs of the rivers it was determined that the contribution from the years of low, high and a moderate discharges to the synchronism averaged 45.1 %, 36.3 and 10.7 %, respectively. The years with adjacent discharges showed an increase in the synchronism parameter by 29.2 %, whereas

the years with opposite discharges decreased the synchronism by 21.3 %. The synchronism was also assessed by using the method of correlation.

Keywords: river runoff, method of estimation, mean value, cycles of water discharge, years of low, high and moderate water discharge, correlation coefficient.

ВВЕДЕНИЕ

Речной сток — продукт климата [1–9]. Колебания стока рек России во времени цикличны [6, 10–12]. Однако даже на соседних реках циклы водности различаются по количеству и продолжительности вследствие циклонической деятельности над изучаемыми речными бассейнами, определяющей несколько различный генезис и состав речных вод [13]. В этой связи колебания стока во времени в значительной мере асинхронны [2, 3, 14–20].

Выявление синхронности и асинхронности колебаний стока крупнейших речных бассейнов России представляет большой научный и практический интерес для решения ряда гидрологических, водохозяйственных и водно-энергетических задач.

Изучение синхронности и асинхронности колебаний речного стока было особенно актуально в СССР в связи с намечаемыми и осуществляемыми тогда в стране водохозяйственными и водно-энергетическими 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, а это создает благоприятные условия для взаимной компенсации работы объединяемых гидроэлектростанций и энергетических систем. Суммарная энергоотдача становится более устойчивой, уменьшается, как правило, возможность возникновения больших дефицитов воды и электрической энергии, обусловленных группировками маловодных лет.

Асинхронность и синхронность колебаний стока учитываются при обосновании оптимальных режимов 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 водно-энергетического проектирования.

В настоящее время имеются длительные ряды наблюдений за стоком рек, продолжительностью 90–100 лет и более. Цель настоящего исследования — разработка методологии и оценка синхронности и асинхронности колебаний стока крупнейших рек азиатской части России.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СИНХРОННОСТИ (АСИНХРОННОСТИ) КОЛЕБАНИЙ СТОКА РЕК

Для выполнения исследований по выявлению синхронности и асинхронности колебаний стока крупнейших рек азиатской части России использованы данные о его годовых значениях, содержащиеся в Автоматизированной информационной системе Государственного водного кадастра [3, 18]. Список 18 речных бассейнов и данные о периодах наблюдений за их стоком воды приведены в табл. 1.

В 1950–1990 гг. для оценки синхронности и асинхронности стока сравниваемых рек обычно использовался метод корреляции [12, 15–20]. При наличии положительной достоверной корреляции принималось, что колебания стока двух сравниваемых рек синхронны. В случае, когда коэффициенты корреляции между рядами стока имели отрицательные значения, полагалось, что колебания стока исследуемых рек асинхронны.

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

Ниже предлагается методика, которая, в отличие от корреляционной методологии оценки синхронности и асинхронности, основана на балльной оценке совпадения (несовпадения) водности рек и использовании дискретных цепей А.А. Маркова [21, 22] с тремя состояниями стока: маловодный год, средний по водности год, многоводный год.

Среднее значение стока какой-либо реки за период наблюдений Q_{cp} принималось в качестве реперной величины и использовалось для оценки водности рек путем его умножения на два параметра: 0,95 и 1,05. Все значения стока сравниваемых рек $<0,95Q_{cp}$ относились к его маловодным величинам, а $>1,05Q_{cp}$ — к многоводным. Значения стока, находящиеся в интервале $0,95Q_{cp}–1,05Q_{cp}$, при-

Таблица 1

Периоды наблюдений за годовым стоком крупнейших речных бассейнов азиатской части России

Номер п/п	Река – пункт	Годы наблюдений
1	Иртыш – г. Тобольск	1891–2015
2	Обь – г. Колпашево	1915–2015
3	Обь – г. Салехард	1930–2015
4	Ангара – с. Пашки (Иркутская ГЭС)	1899–2015
5	Ангара – с. Богучаны	1930–2015
6	Енисей – г. Енисейск	1903–2014
7	Подкаменная Тунгуска – фактория Кузьмовка	1936–2015
8	Нижняя Тунгуска – фактория Большой Порог	1936–2015
9	Енисей – г. Игарка	1936–2015
10	Витим – г. Бодайбо	1925–2015
11	Алдан – с. Охотский Перевоз	1927–2015
12	Вилуй – с. Сунтар	1927–2011
13	Лена – с. Кюсюр	1930–2015
14	Яна – гмс Джангкы	1936–2015
15	Индибирка – гмс Воронцово	1930–2015
16	Колыма – г. Среднеколымск	1930–2015
17	Амур – г. Хабаровск	1897–2015
18	Камчатка – урочище Большие Щёки	1932–2014

числялись к стоку средних по водности лет. Сток маловодных лет идентифицировался цифрой 1, средних по водности – 2, а многоводных – 3.

Таким образом, значения исходных стоковых рядов 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), то этому году приписывался балл 1. В случае, когда на одной реке наблюдалось маловодье, а на другой многоводье (например, 1 – 3 или 3 – 1), этому году приписывался балл –1. В случаях, когда на одной реке водность за конкретный год не совпадала с водностью на другой реке (1 – 2, 2 – 1, 2 – 3, 3 – 2), то этот год оценивался баллом 0,5.

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

При такой оценке синхронности колебаний стока сравниваемых рек легко можно оценить вклад в полученный параметр отдельно маловодных лет, средних по водности и многоводных лет, а также смежных лет, несовпадение которых по водности оценивается баллом 0,5, путем деления их отдельно взятых сумм на общую балльную сумму, 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 в пределах от 0 до 0,3 и от 0 до –0,3 свидетельствуют об отсутствии синхронности, от 0,3 до 0,5 и от –0,3 до –0,5 – о наличии, соответственно, синхронности и асинхронности в колебаниях стока, а при значениях свыше 0,5 и меньше –0,5 – о высокой синхронности (асинхронности) в колебаниях стока сравниваемых рек.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для стока 18 крупнейших рек азиатской части России были оценены попарные значения параметров синхронности (асинхронности) их колебаний. Величины всех значений параметров синхронности (асинхронности) колебаний представлены в табл. 2. Видно, что лишь 68 из 153 пар сравниваемых рек имели значения параметров синхронности $S \geq 0,30$.

Из этих 68 пар (см. табл. 2) были выбраны 16 пар рек, для которых параметры синхронности превышали величины 0,5 (табл. 3), т. е. они были наиболее значимы. Для указанных пар рек был

Таблица 2

Параметры синхронности (асинхронности) колебаний стока крупнейших рек азиатской части России

Но- мер п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1	0,43	0,79	0,13	0,3	0,38	0,15	0,23	0,35	0,09	0,16	0,14	0,08	0,06	0,51	0,28	0,18	0,36
2		1	0,52	0,19	0,38	0,65	0,2	0,19	0,22	0,21	0,38	−0,03	0,16	0,21	0,23	0,17	0,36	0,26
3			1	0,11	0,31	0,4	0,32	0,28	0,41	0,17	0,11	0,13	0,14	0,03	0,15	0,19	0,19	0,4
4				1	0,51	0,42	0,06	0,15	0,17	0,14	0,09	−0,01	0,14	0,01	0,2	−0,04	0,38	0,12
5					1	0,60	0,18	0,13	0,39	0,16	0,02	0,15	0,1	0,12	0,3	0,2	0,31	0,2
6						1	0,35	0,24	0,49	0,28	0,33	0,24	0,33	0,37	0,35	0,21	0,37	0,47
7							1	0,64	0,61	0,46	0,52	0,62	0,56	0,19	0,14	0,24	0,11	0,42
8								1	0,66	0,41	0,4	0,49	0,46	0,28	−0,04	−0,02	0,25	0,4
9									1	0,48	0,37	0,61	0,4	0,36	0,26	0,21	0,06	0,45
10										1	0,37	0,49	0,64	0,28	−0,04	−0,02	0,25	0,4
11											1	0,33	0,64	0,2	0,11	0,24	0,13	0,51
12												1	0,57	0,31	0,17	0	0,02	0,31
13													1	0,41	0,19	0,11	0,14	0,47
14														1	0,51	0,28	−0,09	0,4
15															1	0,41	0,02	0,32
16																1	−0,09	0,41
17																	1	0,25
18																		1

Примечание. Посты наблюдений — см. табл. 1.

Таблица 3

Вклады лет различной водности (%) в значимую синхронность колебаний стока крупнейших рек азиатской части России

Но- мер п/п	Речные бассейны	Пара- метр син- хрон- ности	Мало- водные годы	Сред- ние по вод- ности годы	Много- водные годы	Противополож- ные по вод- ности годы		Смеж- ные по водности годы (1 — 2, 2 — 1, 2 — 3, 3 — 2)
						1 — 3	3 — 1	
1	Иртыш — г. Тобольск — Обь — г. Салехард	0,79	44,3	11,4	35,4	−1,2	−3,8	13,8
2	Обь — г. Салехард — Обь — г. Колпашево	0,52	51,9	3,8	32,7	−15,4	−11,5	38,3
3	Ангара — Иркутская ГЭС — Ангара — с. Богучаны	0,51	35,3	11,8	54,9	−11,8	−21,6	31,4
4	Ангара — с. Богучаны — Енисей — г. Енисейск	0,6	26,7	20	28,3	−8,3	−6,7	40
5	Подкаменная Тунгуска — фактория Кузьмовка — Нижняя Тунгуска — фактория Большой Порог	0,64	45,3	7,8	32,8	−6,2	−7,8	28,1
6	Енисей — г. Игарка — Вилюй — с. Сунтар	0,61	45,9	11,5	32,8	−4,9	−13,1	27,8
7	Енисей — г. Игарка — Подкаменная Тунгуска — фактория Кузьмовка	0,61	39,3	16,4	31,1	−4,9	−13,1	31,1
8	Енисей — г. Игарка — Нижняя Тунгуска — фактория Большой Порог	0,66	42,4	13,6	27,3	0	−12,1	28,8
9	Лена — с. Кюсюр — Витим — г. Бодайбо	0,64	46,9	7,8	39,1	−9,4	−7,8	23,4
10	Лена — с. Кюсюр — Алдан — с. Охотский Перевоз	0,64	46,9	9,4	37,5	−9,4	−7,8	23,4
11	Лена — с. Кюсюр — Вилюй — с. Сунтар	0,57	54,4	3,5	36,8	−15,8	−8,8	29,9
12	Лена — с. Кюсюр — Подкаменная Тунгуска — фактория Кузьмовка	0,56	46,4	10,7	35,7	−10,7	−14,3	32,1
13	Вилюй — с. Сунтар — Подкаменная Тунгуска — фактория Кузьмовка	0,62	53,2	6,5	35,5	−11,3	−8,1	24,2
14	Алдан — с. Охотский Перевоз — Подкаменная Тунгуска — фактория Кузьмовка	0,52	50	15,4	42,3	−15,4	−19,2	26,9
15	Камчатка — ур. Большие Щёки — Алдан — с. Охотский Перевоз	0,51	31,4	15,7	29,4	−7,8	−15,7	47,1
16	Индигирка — гмс Воронцово — Яна — гмс Джангкы	0,51	60,8	5,9	49	−21,6	−15,7	21,5

Таблица 4

Коэффициенты корреляции между стоком крупнейших рек азиатской части России

Но- мер п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1	0,35	0,83	-0,11	0,08	0,12	-0,05	0,27	0,18	-0,15	0	-0,18	-0,21	-0,1	-0,07	0,01	-0,02	0,07
2		1	0,45	0,03	0,2	0,57	0,02	0	0,03	-0,15	-0,09	-0,3	-0,16	-0,1	-0,06	-0,02	0,26	-0,08
3			1	-0,18	0,03	0,14	0,24	0,27	0,36	-0,09	-0,03	-0,09	-0,16	-0,08	-0,1	0,08	-0,12	0,05
4				1	0,49	0,31	-0,28	-0,14	-0,11	-0,05	-0,34	-0,14	-0,13	0	0,16	-0,1	0,15	-0,17
5					1	0,56	-0,17	-0,05	0,2	-0,12	-0,31	0,01	-0,17	0,05	0,17	-0,07	0,07	-0,31
6						1	0,09	-0,04	0,3	0,01	-0,07	-0,12	0,03	0,09	-0,04	-0,04	0,2	-0,09
7							1	0,4	0,67	0,27	0,31	0,54	0,42	0,08	-0,1	0,07	-0,04	0,11
8								1	0,58	0,14	0,14	0,38	0,2	0,12	-0,01	0,17	-0,2	0,01
9									1	0,2	0,1	0,5	0,31	0,24	0,01	0,04	-0,29	0,05
10										1	0,26	0,42	0,63	0,21	-0,19	-0,19	0,13	0,01
11											1	0,2	0,59	0,13	-0,12	0,13	-0,01	0,38
12												1	0,59	0,28	0,01	0,03	-0,15	0,03
13													1	0,44	-0,09	-0,07	-0,01	0,14
14														1	0,35	0,19	-0,24	0,08
15															1	0,31	-0,17	0,04
16																1	-0,17	0,27
17																	1	-0,06
18																		1

Примечание. Посты наблюдений – см. табл. 1.

оценен вклад лет различной водности (маловодных – 1 – 1, средней водности – 2 – 2, многоводных – 3 – 3), противоположной водности (маловодные/многоводные – 1 – 3, многоводные/маловодные – 3 – 1), смежных по водности лет (1 – 2, 2 – 1, 2 – 3, 3 – 2) в значимую синхронность колебаний стока. Результаты выполненных оценок приведены в табл. 3.

Для рассмотренных 16 пар речных бассейнов, имеющих наиболее значимые величины параметра синхронности колебаний стока, вклад маловодных лет в этот параметр изменяется от 26,7 % (р. Ангара – с. Богучаны – р. Енисей – г. Енисейск) до 60,8 % (р. Индигирка – гмс Воронцово – р. Яна – гмс Джангкы), составляя в среднем 45,1 %. Вклад средних по водности лет в синхронность колебаний стока варьирует от 3,5 % (р. Лена – с. Кюсюр – р. Вилюй – с. Сунтар) до 20 % (р. Ангара – с. Богучаны – р. Енисей – г. Енисейск), составляя в среднем 10,7 %.

Вклад многоводных лет в синхронность колебаний стока рассматриваемых рек изменяется от 27,3 % (р. Енисей – г. Игарка – р. Нижняя Тунгуска – фактория Большой Порог) до 54,9 % (р. Ангара – Иркутская ГЭС – р. Ангара – с. Богучаны), составляя в среднем 36,3 %.

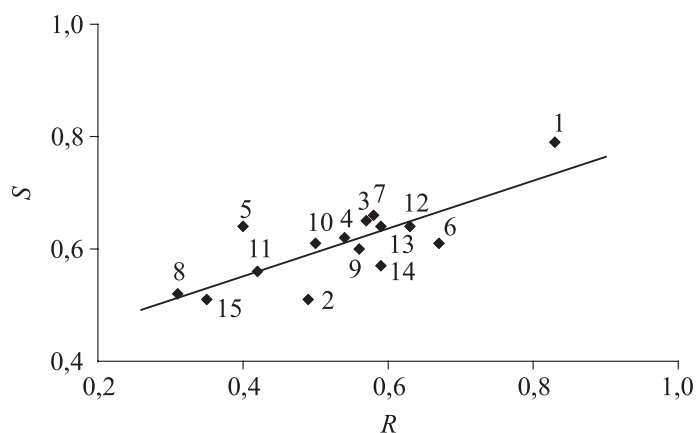
Вклад противоположных по водности лет (1 – 3) в уменьшение синхронности колебаний стока варьирует от 0 (р. Енисей – г. Игарка – р. Нижняя Тунгуска – фактория Большой Порог) до 21,6 % (р. Индигирка – гмс Воронцово – р. Яна – гмс Джангкы), составляя в среднем 9,6 %.

Вклад противоположных по водности лет (3 – 1) в уменьшение параметра синхронности колебаний стока изменяется от 3,8 % (р. Иртыш – г. Тобольск – р. Обь – г. Салехард) до 21,6 % (р. Ангара – Иркутская ГЭС – р. Ангара – с. Богучаны), составляя в среднем 11,7 %.

Смежные по водности годы (1 – 2, 2 – 1, 2 – 3, 3 – 2) увеличивали вклад в синхронность колебаний стока от 13,8 % (р. Иртыш – г. Тобольск – р. Обь – г. Салехард) до 47,1 % (р. Камчатка – урочище Большие Щёки – р. Алдан – с. Охотский Перевоз), составляя в среднем 29,2 %.

Такова структура синхронности колебаний стока попарно сопоставляемых крупнейших рек азиатской части России, имеющих значимые величины рассматриваемого параметра S .

Синхронность колебаний стока 18 крупнейших рек Азиатской части России оценивалась также с использованием традиционного подхода: метода парной корреляции. Значения коэффициентов корреляции приведены в табл. 4. Видно, что 20 из 153 пар рек, сопоставляемых по колебаниям стока, характеризуются значениями коэффициентов корреляции R , равных или больших по модулю 0,3. Десять пар сопоставляемых рек имеют значения коэффициентов корреляции между их стоком, равные 0,5 и выше.



Связь параметров синхронности S и коэффициентов корреляции R для крупнейших рек азиатской части России.

1 — р. Иртыш — г. Тобольск — р. Обь — г. Салехард; 2 — р. Ангара — с. Пашки — р. Ангара — с. Богучаны; 3 — р. Енисей — г. Енисейск — р. Обь — г. Колпашево; 4 — р. Енисей — г. Енисейск — р. Ангара — с. Богучаны; 5 — р. Нижняя Тунгуска — фактория Большой Порог — р. Подкаменная Тунгуска — фактория Кузьмовка; 6 — р. Енисей — г. Игарка — р. Подкаменная Тунгуска — фактория Кузьмовка; 7 — р. Енисей — г. Игарка — р. Нижняя Тунгуска — фактория Большой Порог; 8 — р. Алдан — с. Охотский Перевоз — р. Подкаменная Тунгуска — фактория Кузьмовка; 9 — р. Вилюй — с. Сунтар — р. Подкаменная Тунгуска — фактория Кузьмовка; 10 — р. Вилюй — с. Сунтар — р. Енисей — г. Игарка; 11 — р. Лена — с. Кюсюр — р. Подкаменная Тунгуска — фактория Кузьмовка; 12 — р. Лена — с. Кюсюр — р. Витим — г. Бодайбо; 13 — р. Лена — с. Кюсюр — р. Алдан — с. Охотский Перевоз; 14 — р. Лена — с. Кюсюр — р. Вилюй — с. Сунтар; 15 — р. Индигирка — с. Воронцово — р. Яна — гмс Джангкы.

На рисунке приведена связь между параметрами синхронности колебаний стока 15 пар рек, имеющих значения S , равные или превышающие 0,5, и соответствующими величинами коэффициентов корреляции. Видно, что связь между ними отчетливо выражена. Коэффициент корреляции этой связи равен 0,76.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложена методика оценки синхронности (асинхронности) колебаний стока, не имеющая аналогов в нашей стране и за рубежом, основанная на представлении его значений в виде трех групп водности (сток маловодных лет, сток средних по водности лет и сток многоводных лет). Отнесение стока рек к определенной группе водности произведено с помощью его реперного значения, равного средней многолетней величине $Q_{\text{ср}}$.

В результате использования данной методики впервые выявлена роль лет различной водности (маловодных, средних по водности и многоводных) в значениях синхронности (асинхронности) речного стока крупнейших рек Азиатской части России. Установлено, что наибольший вклад в синхронность колебаний стока крупнейших рек азиатской части России вносят маловодные годы.

Предполагается в дальнейшем использовать рассмотренную методику для оценки синхронности (асинхронности) стока всех крупнейших рек России. Это обстоятельство позволит выявить вклады лет различной водности в синхронных колебаниях стока в различных регионах России.

На более продолжительных рядах наблюдений подтверждены выводы, полученные в 1950–1970 гг. отечественными учеными, что рекам нашей страны свойственны слабо синхронные и асинхронные колебания стока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабкин В.И. Глобальные факторы формирования стока рек Русской равнины // Современные проблемы гидрометеорологии. — 1999. — Вып. 123. — С. 101–114.
2. Водные ресурсы и водный баланс территории СССР / Под ред. В.А. Урываева. — Л.: Гидрометеиздат, 1967. — 199 с.
3. Водные ресурсы СССР и их использование / Под ред. В.С. Вуглинского. — Л.: Гидрометеиздат, 1987. — 301 с.
4. 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.
5. Воскресенский К.П. Норма и изменчивость годового стока рек Советского Союза. — Л.: Гидрометеиздат, 1962. — 546 с.

6. Соколовский Д.Л. Речной сток. — Л.: Гидрометеиздат, 1968. — 539 с.
7. Gleik P.M. Minimum water requirements for human activities: meeting basis needs // Water International. — 1996. — N 21. — P. 83–92.
8. Groisman P.Y., Easterling D.R. Variability and trends of precipitation and snowfall over the United States and Canada // Journ. Climate. — 1994. — N 7. — P. 184–205.
9. Kazmarec Z., Napiorkowski J. Water resources adaptation strategy in an uncertain environment // Adapting to Climate Change: An International Perspective. — New York: Springer, 1996. — P. 211–224.
10. Андреянов В.Г. Гидрологические расчеты при проектировании малых и средних гидроэлектростанций. — Л.: Гидрометеиздат, 1957. — 524 с.
11. Андреянов В.Г. Циклические колебания годового стока, их изменения по территории и учет при расчетах стока // Труды III Всес. гидрол. съезда. — Л.: Гидрометеиздат, 1959. — Т. 2. — С. 326–335.
12. Кузин П.С. Циклические колебания стока рек Северного полушария. — Л.: Гидрометеиздат, 1970. — 178 с.
13. Бабкин В.И. Речной сток и циклоническая деятельность в бассейнах Оби, Енисея и Лены. — М.: Научный мир, 2017. — 54 с.
14. Калинин Г.П. Проблемы глобальной гидрологии. — Л.: Гидрометеиздат, 1968. — 377 с.
15. Рождественский А.В. Пространственно-временные колебания стока рек СССР. — Л.: Гидрометеиздат, 1988. — 360 с.
16. Раткович Д.Я. Гидрологические основы водообеспечения. — М.: Изд-во Ин-та водных проблем РАН, 1993. — 430 с.
17. Сомов Н.В. Асинхронность колебаний стока крупных рек СССР // Метеорология и гидрология. — 1963. — № 5. — С. 14–21.
18. Водные ресурсы России и их использование / Под ред. И.А. Шикломанова. — СПб.: Изд-во Гос. гидрол. ин-та, 2008. — 598 с.
19. World Water Resources of the Beginning of the 21st Century / Ed. I.A. Shiklomanov, J. Rodda J. — Cambridge: Cambridge University Press, 2003. — 436 p.
20. Асарин А.Е. Водно-энергетические расчеты. — М.: Энергоатомиздат, 1986. — 224 с.
21. Бабкин В.И., Серков Н.К. Моделирование гидрологических характеристик с использованием цепей Маркова // Метеорология и гидрология. — 1974. — № 7. — С. 55–59.
22. Вагер Б.Г., Серков Н.К. Конечные цепи Маркова в метеорологии и гидрологии. — СПб.: Изд-во Санкт-Петерб. архитектур.-строит. ун-та, 1996. — 111 с.

Поступила в редакцию 09.11.2020

После доработки 03.02.2021

Принята к публикации 13.10.2021