

В.И. БАБКИН, А.В. БАБКИН, О.В. МЁРЗЛЫЙ, Е.Л. СКОРЯТИНА

Государственный 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

ЗАКОНОМЕРНОСТИ МНОГОЛЕТНИХ КОЛЕБАНИЙ СТОКА КРУПНЕЙШИХ РЕК АЗИАТСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Предложен метод и выполнена оценка наличия в стоке крупнейших рек азиатской части России группировок маловодных, средних по водности и многоводных лет за определенный период наблюдений. 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 более 1,05 этой величины — к многоводным. К годам средней водности отнесены те значения стока, которые находились в интервале 0,95–1,05 среднего многолетнего значения. В результате исследования было установлено, что в стоке всех восьми крупнейших рек азиатской части России (Обь, Енисей, Лена, Яна, Индигирка, Колыма, Амур, Камчатка) сравнительно часто присутствуют группировки лет различной водности: маловодные, средние по водности, многоводные. Чаще всего продолжительность этих группировок колеблется от двух до пяти лет. Однако в стоке Амура отмечались маловодная и многоводная группировки продолжительностью в 10 лет. В стоке р. Индигирки выявлена одна группировка маловодных лет продолжительностью в 9 лет. Доля однолеток, не входящих в группировки лет разной водности, от общего числа лет составила: Обь — 23,5 %, Енисей — 45, Лена — 43, Яна — 28,8, Индигирка — 26,7, Колыма — 30,2, Амур — 38,7, Камчатка — 36,1 %. Выполнена оценка вероятностной смены лет одной водности на другие. Установлено, что в стоке рек азиатской части России вероятности сохранения только маловодных и только многоводных лет — наибольшие.

Ключевые слова: анализ рядов стока, маловодные годы, средние по водности годы, многоводные годы, вероятность смены лет одной водности на другие водности, группировки лет.

V.I. BABKIN, A.V. BABKIN, O.V. MERSLYI, E.L. SKORYATINA

State Hydrological Institute,
199053, St. Petersburg, Vtoraya liniya Vasil'evskogo ostrova, 23, Russia,
vladimir-babkin@mail.ru, abav@mail.ru, marozka@mail.ru, skoriatinael@mail.ru

LONG-TERM RUNOFF FLUCTUATION PATTERNS OF MAJOR RIVERS OF ASIAN RUSSIA

We suggest a method of assessing the presence of groups of years with low, medium and high discharges in the flow of major rivers in Asian Russia for a particular observing period. The river discharge was associated with a particular group of discharge by using its average long-term value. The years with discharges smaller than 0.95 or larger than 1.05 of its average long-term value were referred to low or high discharge rivers, respectively. The years with medium discharge included the values of discharge which varied from 0.95 to 1.05 of the average long-term value. It was found that the discharges of the eight major rivers of Asian Russia (Ob, Yenisei, Lena, Yana, Indigirka, Kolyma, Amur and Kamchatka) relatively often include groups of rivers with different discharges: low, medium and high. Most often the length of these groups varies from two to five years. However, the runoff of the Amur river showed groups of low and high discharges with a length of 10 years. The discharge of the Indigirka river showed one group with a length of nine years. The proportion of groups with a length of one year, which are not included in groups of years of different discharges, with respect to the total number of years made up: Ob — 23,5 %, Yenisei — 45, Lena — 43, Yana — 28,8, Indigirka — 26,7, Kolyma — 30,2, Amur — 38,7, and Kamchatka — 36,1 %. The probability change of years with a particular discharge for other discharges was assessed. It is established that in the runoff of the rivers of Asian Russia the probabilities for years with low and high discharges only to persist are the highest.

Keywords: flow series analysis, years with low and medium discharge, years with high discharges, probability of change of years with a particular discharge for years with other discharges, groups of years.

ВВЕДЕНИЕ

Гидрологические наблюдения за уровнями и стоком воды были начаты на отдельных реках России с конца XVIII в. [1–3]. После Октябрьской революции и создания в 1919 г. Государственного гидрологического института, а в 1929 г. Единой Гидрометслужбы СССР начались работы по развитию гидрологической сети и научных исследований в нашей стране.

В 1910 г. на европейской части России наблюдения проводились на 263 постах, а на азиатской — на 88 [1–3]. Они располагались, как правило, на больших судоходных реках. К 1930 г. количество постов в пределах европейской части СССР, на которых проводились измерения стока, достигло 973, а в азиатской — 285.

Особенно интенсивно развивалось инженерное научное направление, связанное с обоснованием методов оценки различных гидрологических характеристик и их прогнозирования [4–16].

Исследованиям процессов в области глобальной гидрологии вплоть до 1995 г. уделялось недостаточное внимание [17]. Лишь с середины 1990-х гг. в работах В.И. Бабкина и А.Н. Постникова [18–23] был исследован генетический состав вод ряда крупнейших рек нашей страны в зависимости от циклонических осадков разных мест зарождения циклонов, выпавших на бассейны данных водотоков в отдельные месяцы, сезоны и годы.

Анализ рядов стока крупнейших рек России показал, что в этих рядах присутствуют группировки лет различной водности, имеющие разную продолжительность.

Цель настоящей статьи — анализ внутренней структуры рядов стока крупнейших рек азиатской части России, выявление группировок лет различной водности и оценка вероятностей смены лет одной водности на годы других водностей.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основу методики выявления группировок лет различной водности и оценки вероятностей смены лет одной водности на другие в рядах стока крупнейших рек азиатской части России составили дискретные цепи А.А. Маркова с тремя состояниями стока [24, 25]: 1 — маловодный год, 2 — средний по водности год, 3 — многоводный год. Своеобразным репером отнесения стока лет к какой-либо водности было среднее арифметическое значение стока $Q_{\text{ср}}$. Это значение умножалось на два коэффициента, равных, соответственно, 0,95 и 1,05. Все значения стока, меньшие по величине $0,95 Q_{\text{ср}}$, относились к стоку маловодных лет, а большие $1,05 Q_{\text{ср}}$ — к стоку многоводных. Значения, находящиеся в интервале $0,95 Q_{\text{ср}} - 1,05 Q_{\text{ср}}$, приписывались к стоку средних по водности лет. Маловодные годы идентифицировались цифрой 1, средние по водности — 2, а многоводные годы — 3. Таким образом, исходные непрерывные стоковые ряды заменялись цифрами 1, 2 и 3. Начиная с периода наблюдений, производилась оценка в каждом ряду стока повторения группировок данных цифр и определялась продолжительность выявленных группировок лет разной водности.

ГРУППИРОВКИ ЛЕТ РАЗНОЙ ВОДНОСТИ В СТОКЕ КРУПНЕЙШИХ РЕК АЗИАТСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Река Обь — г. Салехард. Для исследования стока воды р. Оби — г. Салехард использованы наблюдения за период 1930–2015 гг. При этом отмечено 12 маловодных группировок, в том числе восемь двухлеток, две трехлетки, одна шестилетка и одна семилетка. Всего маловодные группировки охватывали 35 лет.

Три средние по водности группировки включали в себя две двухлетки и одну трехлетку (в общей сложности семь лет).

В многоводные годы наблюдалось семь группировок лет: три двухлетки, две четырехлетки и две пятилетки (всего 24 года). Итого, в бассейне р. Оби — г. Салехард за период наблюдений с 1930 по 2015 г. наблюдалось 22 группировки лет различной водности. Они охватывали 66 лет, что составляет 76,7 % от общего периода наблюдений; 20 лет, или 23,3 %, не входили в группировки — это однолетки.

Таким образом, доля маловодных группировок лет от общего числа группировок составила 54,5 %, доля группировок средних по водности лет — 13,6, а многоводных — 31,8 %.

Доля лет в маловодных группировках от общего числа лет равна 40,7 %; в группировках лет средней водности — 8,1, в многоводных — 27,9 %. Доля однолеток, не вошедших в группировки лет разной водности, составила 23,3 %.

Река Енисей – г. Игарка. В ходе исследования стока Енисея (г. Игарка) использованы наблюдения, проводившиеся в период 1936–2015 гг. При этом были отмечены четыре маловодные группировки, в том числе две двухлетки и две пятилетки (всего 14 лет). Столько же наблюдалось и средних по водности группировок: две двухлетки, одна трехлетка и одна четырехлетка (11 лет).

В многоводные годы было семь группировок лет, в том числе четыре двухлетки, две трехлетки и одна пятилетка. Всего в многоводных группировках отмечалось 19 лет. Итого в бассейне р. Енисей – г. Игарка за период наблюдений с 1936 года по 2015 г. наблюдалось 15 группировок лет различной водности. Ими охватывалось 44 года, что составляет 55 % от общего периода наблюдений. Доля группировок маловодных и средних по водности лет от общего числа равна 26,7 %, а многоводных – 46,7 %.

В группировках маловодных лет содержатся 17,5 % лет, в группировках лет средней водности 13,9 % лет, в многоводных – 23,8 %.

Доля однолеток, не вошедших в группировки лет разной водности, составила 45 % от общего числа.

Река Лена – с. Кюсюр. Для исследования стока р. Лены – с. Кюсюр использованы наблюдения с 1930 по 2015 г. При этом отмечено девять маловодных группировок, одна средняя по водности и восемь многоводных. В число маловодных входили четыре двухлетки, три трехлетки и две пятилетки (всего 27 лет).

При этом отмечалась лишь одна средняя по водности группировка – двухлетка.

В многоводные годы было восемь группировок лет, в том числе шесть двухлеток, одна трехлетка и одна пятилетка. Всего многоводные группировки охватывали 20 лет. Итого в бассейне р. Лены – с. Кюсюр за период наблюдений с 1930 по 2015 г. наблюдалось 18 группировок лет различной водности. Ими охватывалось 49 лет, что составляет 57,0 % от общего периода наблюдений. 37 лет не входили в группировки – это однолетки.

Таким образом, доля маловодных группировок лет от общего числа составила 50 %, средних по водности – 5,6, а многоводных – 44,4 %.

Процент числа лет в маловодных группировках от общего числа лет равен 31,4 %, в средней водности – 2,3, а в многоводных – 23,3 %.

Доля однолеток, не вошедших в группировки лет различной водности, от общего числа лет составила 43,0 %.

Река Яна – гмс Джангкы. Для исследования стока р. Яны – гмс Джангкы использованы данные наблюдений с 1936 по 2015 г. При этом отмечено 10 маловодных группировок лет, одна средняя по водности и шесть многоводных. В число маловодных входили четыре двухлетки, одна трехлетка, три четырехлетки и две пятилетки. Всего маловодные группировки охватывали 33 года.

В средние по водности годы отмечена лишь одна группировка лет – двухлетка.

В многоводные годы наблюдалось шесть группировок лет, в том числе три двухлетки, одна трехлетка, одна четырехлетка и одна девятилетка. Всего в многоводных группировках было 22 года.

Итого в бассейне р. Яны – гмс Джангкы за период наблюдений с 1936 года по 2015 г. зафиксированы 17 группировок лет различной водности. Ими охватывалось 57 лет, что составляет 71,2 % от общего периода. 23 года не входили в группировки, это однолетки.

Таким образом, доля маловодных группировок лет от общего числа группировок составляет 58,8 %, средних по водности лет – 5,9, а многоводных – 35,3 %.

Доля числа лет в маловодных группировках от общего числа лет равна 41,2 %; в средней водности – 2,5, в многоводных – 27,5 %. Однолетки, не вошедшие в группировки, составляют 28,8 %.

Река Индигирка – гмс Воронцово. Для изучения стока р. Индигирки – гмс Воронцово использованы результаты наблюдений с 1930 по 2015 г.

За этот период наблюдалось 10 маловодных группировок, в том числе пять двухлеток, две трехлетки, одна четырехлетка, одна пятилетка и одна девятилетка (всего 34 года). Средних по водности было три двухлетки, т. е. в них входило 6 лет. В многоводные годы наблюдалось девять группировок, в том числе шесть двухлеток, одна трехлетка и две четырехлетки (всего 23 года).

Итого в бассейне р. Индигирки – гмс Воронцово за период наблюдений с 1930 по 2015 г. отмечается 22 группировки лет различной водности. Ими охватывались 63 года, что составляет 73,3 % от общего периода наблюдений. 23 года не входили в группировки, это однолетки.

Таким образом, доля маловодных группировок лет от общего числа составила 45,5 %, средних по водности лет – 13,6, многоводных – 40,9, а однолеток, не вошедших в группировки лет разной водности, – 26,7 %.

Река Колыма – г. Среднеколымск. Для изучения стока р. Колымы – г. Среднеколымск использованы данные за период 1930–2015 гг.

При этом было выявлено восемь маловодных группировок, в число которых входили две двухлетки, одна трехлетка, три четырехлетки, одна пятилетка и одна шестилетка (всего 30 лет). Средних по водности было две группировки: одна двухлетка и одна трехлетка (5 лет). В многоводные годы выявлено восемь группировок: пять двухлеток, одна трехлетка, одна пятилетка и одна семилетка (25 лет).

Итого в бассейне р. Колымы – г. Среднеколымск в 1930–2015 гг. наблюдалось 18 группировок лет различной водности, которые охватывали 60 лет, что составляет 69,8 % от общего периода наблюдений. 26 лет не входили в группировки, это однолетки.

Таким образом, доля маловодных группировок лет от общего числа группировок составила 44,4 %, средних по водности лет – 11,1, а многоводных – 44,4 %.

Доля числа лет маловодных группировок от общего числа лет равна 34,9 %, средних по водности – 5,8, многоводных – 29,1, однолеток – 30,2 %.

Река Амур – г. Хабаровск. Наблюдения за стоком Амура (г. Хабаровск) производились в период 1897–2015 гг.

За это время выявлено 11 маловодных группировок, одна средняя по водности и девять многоводных.

В число маловодных входили семь двухлеток, две четырехлетки, одна семилетка и одна десятилетка (всего 39 лет). В средние по водности годы выявлена лишь одна четырехлетка. В многоводные обнаружено девять группировок лет: четыре двухлетки, четыре трехлетки и одна десятилетка (всего 30 лет).

Итого в бассейне р. Амур – г. Хабаровск за период наблюдений с 1897 по 2015 г. наблюдалась 21 группировка лет различной водности, в которые входило 73 года, что составляет 61,3 %. 46 лет не входили в группировки, это однолетки.

Таким образом, доля маловодных группировок лет от общего числа составила 52,4 %, средних по водности – 4,8, а многоводных – 42,9 %.

Доля числа лет маловодных группировок от общего числа лет равна 32,8 %, средней водности – 3,4, многоводных – 25,2; однолеток, не вошедших в группировки лет различной водности, – 38,7 %.

Река Камчатка – ур. Большие Щёки. Для исследования стока р. Камчатки – ур. Большие Щёки использовались наблюдения с 1932 по 2014 г.

При этом выявлено четыре маловодные группировки, одиннадцать средних по водности и пять многоводных. В число маловодных входили две двухлетки и две трехлетки (всего 10 лет). Средние по водности группировки состояли из семи двухлеток, одной трехлетки, двух четырехлеток и одной шестилетки (31 год). В многоводные годы наблюдалось пять группировок: три двухлетки и две трехлетки (12 лет).

Итого в бассейне р. Камчатки – ур. Большие Щёки за исследуемый период отмечено 20 группировок лет различной водности, что составило 53 года и 63,9 %. 30 лет не входили в группировки, это однолетки.

Таким образом, доля маловодных группировок лет от общего числа группировок лет составляет 20 %, средних по водности – 5,5, а многоводных – 25 %. Доля числа лет маловодных группировок от общего числа лет равна 12,0 %, средней водности – 37,3, многоводных – 14,5, однолеток – 36,1 %.

ВЕРОЯТНОСТИ СМЕНЫ ЛЕТ ОДНОЙ ВОДНОСТИ НА ДРУГИЕ ВОДНОСТИ В СТОКЕ КРУПНЕЙШИХ РЕК АЗИАТСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Помимо выявления группировок лет различной водности производилась оценка следования лет различной водности друг за другом от начала наблюдений за стоком воды по 2015 г. включительно.

Количественные данные смены лет одной водности на другие (например, маловодных лет на средние по водности либо многоводные) представлены в виде соответствующих матриц (см. таблицу), где стрелкой указывается переход от одной водности к другим. В случае, когда за годом рассматриваемой водности следовал год с аналогичной, он интерпретировался как год сохранения соответствующей водности.

В таблице представлены вероятности смены лет одной водности на другие для восьми крупнейших речных бассейнов Азиатской части России. Эти вероятности подсчитаны путем деления количества случаев, попадающих в какую-либо строку, к общему числу случаев, попавших в этот столбец. Вероятности, приведенные в таблице, выражены в долях от единицы.

Из анализа данных таблицы следует, что вероятности сохранения либо смены лет одной водности на другие для каждого речного бассейна строго индивидуальны. Однако наибольшие их значения, как правило, характерны для сохранения маловодных лет. Например, для рек, впадающих в Северный Ледовитый океан, эти вероятности изменяются от 0,36 (р. Енисей – г. Игарка) до 0,62 (р. Обь – г. Салехард и р. Индигирка – гмс Воронцово).

Вероятности смены лет одной водности на другие водности в стоке крупнейших рек азиатской части России

Водность лет	Река – пункт наблюдения																							
	р. Обь – г. Салехард			р. Енисей – г. Игарка			р. Лена – с. Кюсюр			р. Яна – гмс Джангкы			р. Индигирка – гмс Воронцово			р. Колыма – г. Среднеколымск			р. Амур – г. Хабаровск			р. Камчатка – ур. Большие Щёки		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	0,62	0,48	0,16	0,36	0,48	0,16	0,29	0,42	0,29	0,61	0,33	0,38	0,62	0,29	0,36	0,58	0,23	0,36	0,55	0,31	0,42	0,27	0,29	0,1
2	0,14	0,26	0,28	0,46	0,24	0,28	0,32	0,05	0,32	0,11	0,11	0,12	0,1	0,21	0,21	0,16	0,23	0,11	0,20	0,16	0,11	0,5	0,49	0,55
3	0,24	0,26	0,58	0,18	0,28	0,56	0,39	0,53	0,39	0,29	0,56	0,5	0,28	0,5	0,43	0,26	0,54	0,53	0,25	0,53	0,47	0,23	0,22	0,35

Примечание. Водность лет: 1 – маловодные годы, 2 – годы средней водности, 3 – многоводные годы.

Вероятности сохранения многоводных лет также велики. Они изменяются от 0,39 (р. Лена – с. Кюсюр) до 0,58 (р. Обь – г. Салехард).

Вероятности сохранения средних по водности лет для бассейна Северного Ледовитого океана весьма низкие. Они изменяются от 0,05 для р. Лены – с. Кюсюр до 0,26 (р. Обь – г. Салехард).

Вероятности смены лет одной водности на другую для рек бассейна Северного Ледовитого океана изменяются следующим образом:

– маловодных лет на средние по водности для рек – от 0,10 (р. Индигирка – гмс Воронцово) до 0,46 (р. Енисей – г. Игарка);

– маловодных лет на многоводные – от 0,18 (р. Енисей – г. Игарка) до 0,29 (р. Яна – гмс Джангкы);

– средних по водности лет на маловодные годы – от 0,23 (р. Колыма – г. Среднеколымск), до 0,48 (р. Обь – г. Салехард, р. Енисей – г. Игарка).

– средних по водности лет на многоводные – от 0,26 (р. Обь – г. Салехард) до 0,56 (р. Яна – гмс Джангкы);

– многоводных лет на маловодные для рек – от 0,16 (р. Обь – г. Салехард, р. Енисей – г. Игарка) до 0,38 (р. Яна – гмс Джангкы);

– многоводных лет на средние по водности годы – от 0,11 (р. Колыма – г. Среднеколымск) до 0,32 (р. Лена – с. Кюсюр).

В стоке р. Амур – г. Хабаровск, как и в стоке рек, относящихся к бассейну Северного Ледовитого океана, весьма велики вероятности сохранения маловодных и многоводных лет (соответственно, 0,55 и 0,47) и мала вероятность сохранения средних по водности лет (0,16).

Для р. Камчатки – ур. Большие Щёки, наоборот, весьма значительна вероятность сохранения средних по водности лет (0,49) и невелика (0,27) сохранения маловодных лет. Вероятность сохранения многоводных лет равна 0,35.

Для рассматриваемых двух рек существенно различаются вероятности смены маловодных лет на средние по водности годы. Для Амура эта вероятность равна 0,20, а для Камчатки – 0,50.

Вероятности смены маловодных лет на многоводные в бассейнах Амура (0,25) и Камчатки (0,23), а также средних по водности лет на маловодные (соответственно, 0,31 и 0,29) близки между собой. Вероятности же смены средних по водности лет на многоводные существенно различаются. Для Амура (г. Хабаровск) эта вероятность весьма значительна – 0,53, а для р. Камчатки – ур. Большие Щёки она равна 0,22.

Для р. Амур – г. Хабаровск смена многоводных лет на маловодные происходит с вероятностью, равной 0,42, а для р. Камчатки – ур. Большие Щёки – 0,10, а вероятность смены многоводных лет на средние по водности – 0,11 и 0,55 соответственно.

Таковы закономерности смены лет одной водности на другие водности в бассейнах Амура и Камчатки, впадающих в Охотское и Берингово моря, относящиеся к Тихому океану.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внутренняя структура колебаний речного стока России к настоящему времени недостаточно исследована, что особенно характерно для стока крупнейших рек азиатской части нашей страны. В этой связи была предложена методология изучения структуры колебаний речного стока крупнейших рек азиатской части России. С ее помощью оценены количество и продолжительность группировок лет различной водности и вероятности смены лет одной водности на годы других водностей в стоке наиболее водоносных рек азиатской части России.

Использование данной методологии позволило выявить закономерности смены лет одной водности на годы с другими водностями в стоке всех рассмотренных рек азиатской части нашей страны.

Полученные результаты имеют большое научное и практическое значение. Они могут быть использованы как в области гидрометеорологических расчетов и прогнозов, так и для водохозяйственных и водноэнергетических расчетов. Аналогичных исследований по изучению внутренней структуры колебаний стока рек нет в нашей стране и за рубежом.

В перспективе предполагается провести аналогичные исследования по стоку крупнейших рек мира.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Водные ресурсы России и их использование** / Под ред. И.А. Шикломанова. — СПб.: Изд-во Гос. гидрол. ин-та, 2008. — 598 с.
2. **World Water Resources of the Beginning of the 21st Century** / Eds. I.A. Shiklomanov, J. Rodda. — Cambridge: UNESCO. Cambridge University Press. — 2003. — 436 p.
3. **Водные ресурсы СССР и их использование** / Под ред. В.С. Вуглинского. — Л.: Гидрометеиздат, 1987. — 301 с.
4. **Соколовский Д.Л.** Речной сток. — Л.: Гидрометеиздат, 1968. — 539 с.
5. **Андреев В.Г.** Гидрологические расчеты при проектировании малых и средних гидроэлектростанций. — Л.: Гидрометеиздат, 1957. — 524 с.
6. **Андреев В.Г.** Циклические колебания годового стока, их изменения по территории и учет при расчетах стока // Тр. III Всесоюз. гидрологич. съезда. Т. II. — Л.: Гидрометеиздат, 1959. — С. 326–335.
7. **Андреев В.Г.** Внутригодовое распределение речного стока. — Л.: Гидрометеиздат, 1960. — 327 с.
8. **Воскресенский К.П.** Норма и изменчивость годового стока рек Советского Союза. — Л.: Гидрометеиздат, 1962. — 546 с.
9. **Кузин П.С.** Циклические колебания стока рек Северного полушария. — Л.: Гидрометеиздат, 1970. — 178 с.
10. **Кузин П.С., Бабкин В.И.** Географические закономерности гидрологического режима рек. — Л.: Гидрометеиздат, 1979. — 200 с.
11. **Раткович Д.Я.** Гидрологические основы водообеспечения. — М.: Изд-во Ин-та водных проблем РАН, 1993. — 430 с.
12. **Алехин Ю.М.** Статистические прогнозы в геофизике. — Л.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1963. — 82 с.
13. **Сомов Н.В.** Асинхронность колебаний стока крупных рек СССР // Метеорология и гидрология. — 1963. — № 5. — С. 14–21.
14. **Асарин А.Е.** Водноэнергетические расчеты. — М.: Энергоатомиздат, 1986. — 224 с.
15. **Рождественский А.В.** Пространственно-временные колебания стока рек СССР. — Л.: Гидрометеиздат, 1988. — 360 с.
16. **Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик** / Под ред. А.В. Рождественского, А.Г. Лобановой. — Л.: Гидрометеиздат, 1984. — 448 с.
17. **Калинин Г.П.** Проблемы глобальной гидрологии. — Л.: Гидрометеиздат, 1968. — 377 с.
18. **Бабкин В.И.** Сток Волги в периоды ослабления и усиления циклонической активности // Метеорология и гидрология. — 1995. — № 1. — С. 94–100.
19. **Бабкин В.И.** Глобальные факторы формирования стока рек Русской равнины. Вып. 123. — СПб.: Изд-во Рос. гос. гидрометеорол. ун-та, 1999. — С. 101–114.
20. **Бабкин В.И., Постников А.Н.** Циклонические осадки и сток Оби и Енисея в маловодные и многоводные годы // Метеорология и гидрология. — 2002. — № 12. — С. 79–85.
21. **Бабкин В.И., Постников А.Н.** Генезис вод и сток р. Лена в маловодные и многоводные годы // Метеорология и гидрология. — 2004. — № 2. — С. 96–101.
22. **Бабкин В.И.** Механизм увлажнения и сток рек Русской равнины // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия. — Томск: Изд-во НТЛ, 2000. — С. 12–15.
23. **Бабкин В.И.** Речной сток и циклоническая деятельность в бассейнах Оби, Енисея и Лены. — М.: Научный мир, 2017. — 545 с.
24. **Бабкин В.И., Серков Н.К.** Моделирование гидрологических характеристик с использованием цепей Маркова // Метеорология и гидрология. — 1974. — № 7. — С. 55–59.
25. **Вагер Б.Г., Серков Н.К.** Конечные цепи Маркова в метеорологии и гидрологии. — СПб.: Изд-во Санкт-Петербург. гос. архитектур.-строит. ун-та, 1996. — 111 с.

Поступила в редакцию 28.12.2020

После доработки 01.07.2021

Принята к публикации 05.07.2022