

ОЦЕНКА РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТИ ПЕРИОДА ДЛЯ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЧНОГО СТОКА¹

В. Д. Красов

Воронежский государственный университет, Россия

Поступила в редакцию 12 ноября 2008 г.

Аннотация: В статье используется метод «динамических характеристик», предложенный автором. Репрезентативность периода оценивается не только по норме стока, но и по коэффициентам вариации и асимметрии. В качестве репрезентативных принимаются короткие периоды, имеющие по реке-аналогу близкие к многолетним (с заданной точностью) параметры стока. Метод применяется для годового и сезонного стока, а так же при оценке репрезентативности периода по коэффициентам автокорреляции, взаимной корреляции и параметрам уравнения регрессии.

Ключевые слова: метод «динамических характеристик», река-аналог, репрезентативность.

Abstract: The article describes the author's original method of «dynamic characteristics». The period validity is estimated not only from the viewpoint of a drain norm, but also from the viewpoint of variation and asymmetry factors. Short periods are taken as valid ones for study of a particular river. The period is determined by the analysis of the characteristic of a drain on a river-analogue. The validity is marked by the difference of parameters of the short and long periods on a river-analogue on the size adequate to given accuracy. The method is applied to an annual and seasonal drain as well as for validity estimation considering factors of autocorrelation, mutual correlation and parameters of the equation of regress.

Key words: method of «dynamic characteristics», river-analogue, validity.

Выбор репрезентативного периода относится к числу важных аспектов гидрологического расчета, значение которого возрастает при анализе пространственно-временных закономерностей изменения поверхностных водных ресурсов крупных регионов, в которых преобладают короткие ряды наблюдений за стоком. Широкое распространение для этой цели в расчетах нормы стока получил метод интегральных кривых [1]. Другой путь, предложенный в [2], заключается в определении «динамических характеристик» и ориентирован, прежде всего, на использование при расчете квантилей стока, для которых необходимо устанавливать репрезентативность периода не только по норме стока, но и коэффициентам вариации и асимметрии.

В настоящей работе метод «динамических характеристик» распространен на выявление репрезентативных периодов по параметрам стока сезонов года. Кроме того, новый аспект исследования, развиваемый в статье, заключается в использовании названного подхода для оценки репрезентативности периода и по другим гидрологическим параметрам: коэффициентам автокорреляции и взаимной корреляции, а также по виду уравнения регрессии.

В методе «динамических характеристик» репрезентативность периода обнаруживается путем анализа соответствия параметров короткого и длительного рядов по реке-аналогу путем установления коэффициентов вида:

$$k = \overline{Q}_j / \overline{Q}, k_1 = C_{vj} / C_v, k_2 = C_{sj} / C_s, \quad (1)$$

где \overline{Q}_j , C_{vj} , C_{sj} , r_j , R_j , k_{aj} , k_{bj} – оценка нормы, коэффициентов вариации, асимметрии, автокорреляции, взаимной корреляции, регрессии и свободно-

© Красов В.Д., 2008

¹ Первоначальный вариант настоящей статьи был подготовлен в начале 80-х годов XX в., но по техническим причинам не публиковался. Автор, сохранив общие идеи рукописи, дополнил ее современным материалом (ред.)

го члена уравнения регрессии по стоку реки-аналога за короткий период (J – номер исследуемого периода длиной n);

$Q, C_v, C_s, r, R, k_a, k_b$ – соответствующие параметры по реке-аналогу за многолетний период.

Условием репрезентативности коротких периодов является соблюдение неравенства:

$$|k_{ij} - 1,0| \leq \varepsilon, \quad (2)$$

где k_{ij} – отношение искомой i -ой характеристики для j -го короткого периода к ее значению за многолетие,

ε – заданная точность сравнения.

Исследование репрезентативности рассмотренных выше гидрологических характеристик для крупных регионов предлагается проводить по следующим этапам:

1. Выбор группы аналогов с длительными рядами наблюдений и установление параметров для них, соответствующих многолетнему периоду.

2. Формирование в пределах длительных рядов по рекам-аналогам коротких периодов путем их смещения по многолетней последовательности длиной N лет и установления для них искомым гидрологических характеристик.

3. Отбор репрезентативных периодов по каждому аналогу на основе соотношений (1) и (2).

4. Установление общих репрезентативных периодов по каждой характеристике для групп аналогов исследуемого региона.

5. Определение границ общих репрезентативных периодов для групп аналогов и ряда характеристик.

Реализация изложенных выше методических положений произведена на примере ЦЧО. Выбор

района исследования обусловлен, с одной стороны, недостаточностью научных разработок в отношении репрезентативности, а с другой – важностью региона в экономическом отношении. На первом этапе были использованы материалы по стоку рек до 1980 г. включительно, на втором до 2005 г. Необходимость такого разделения вызвана стремлением оценить влияние длительности исходного ряда на конечные результаты исследования.

Анализ корреляционных связей позволил установить, что для бассейна Дона основными аналогами являются пункты: Калач, Лиски и Казанская, для восточной части ЦЧО р. Хопер у Поворино и р. Ворона у Чутановки. Для западной части ЦЧО в качестве аналогов могут быть приняты р. Ока у г. Орел и р. Тускарь у г. Курска. Всего на двух этапах исследования тесту на репрезентативность были подвергнуты более 20 тыс. коротких периодов по годовому и сезонному стоку.

Годовой сток

Его основные параметры за многолетний период для выбранных аналогов представлены в таблице 1.

Репрезентативные периоды для рек ЦЧО выбирались максимально приближенными к периоду наблюдений за стоком, начало которого по большинству рек приходится на 30-50-е годы прошлого века. Наименьшая длина репрезентативного периода принималась равной 20 годам, наибольшая – в зависимости от длительности ряда и года начала формирования коротких периодов, в данном случае 1930 г. Вначале устанавливалась репрезентативность периода по норме стока; удовлет-

Таблица 1

Параметры стока за многолетний период

Аналог	Период, гг.	Кол-во лет	\bar{Q} , м ³ /с	C_v	C_s	C_s/C_v
Дон, Лиски	1895-1980	86	256	0,29	0,34	1,17
	1895-2005	111	251	0,27	0,37	1,36
Дон, Казанская	1985-1980	86	324	0,31	0,41	1,35
	1985-2005	121	322	0,28	0,39	1,39
Хопер, Поворино	1883-1980	5	71,6	0,45	0,89	2,00
	1885-2005	121	71,1	0,40	0,57	1,42
Ворона, Чутановка	1915-1980	66	20,4	0,40	1,06	2,53
	1915-2005	91	21,0	0,37	0,80	2,14
Тускарь, Курск	1925-1980	56	10,5	0,33	0,86	2,62
	1925-2005	81	10,0	0,30	0,83	2,80
Ока, Орел	1885-1980	96	19	0,33	0,43	1,30

воряющие этому условию отрезки ряда оценивались затем и по другим параметрам: C_v , C_s . Степень приближения Q_j , C_{v_j} , C_{s_j} к параметрам многолетнего ряда считалась достаточной при разности названных величин, не превышающей 5% от соответствующих характеристик многолетнего периода.

Количество отрезков ряда, удовлетворяющее этому условию, зависит от чередования маловодных и многоводных группировок, начала формирования коротких периодов и их длительности. Наибольшее число исследованных периодов удовлетворяют требованиям репрезентативности, естественно, по норме стока, причем число таких п-леток уменьшается для рек, имеющих более редкую смену фаз водности. Так, для р. Дон оно составляет около 500 (более 90% от числа возможных коротких периодов), а для р. Хопер уменьшается до двух (0,4%). Доля репрезентативных по двум параметрам (Q и C_v) для р. Дон снижается в 2 раза; для р. Хопер остаются те же две п-летки. Количество репрезентативных периодов по трем параметрам (Q , C_v , C_s) не превышает 30, а по р. Хопер равно нулю. Последний результат обусловлен существенным отличием коэффициентов асимметрии коротких и длительного периодов.

Наиболее приемлемое по всем трем параметрам стока репрезентативные периоды, выделенные

из числа п-леток различной продолжительности даются в таблице 2 (р. Хопер представлена периодами, репрезентативными только по 2-м параметрам: Q и C_v).

Следующий аспект исследования – выявление общих периодов для нескольких аналогов, репрезентативных по трем параметрам. Анализ, проведенный в этом направлении, показал, что такие периоды для отдельных групп аналогов имеются. Состав аналогов, имеющих общие репрезентативные периоды, меняется в зависимости от положения периодов в многолетнем ряду. Так, например, общие репрезентативные периоды для Дона, Тускарки и Оки начинаются 30-ми годами прошлого века и заканчиваются 50-ми годами, при этом Ворона и, особенно, Хопер, выпадают из общей картины. Однако по мере смещения начала периодов на 40-е годы данные по р. Вороне и р. Хопер по норме стока и коэффициенту вариации появляются в общей группе, в то время как р. Ока еще не имеет общих репрезентативных периодов с остальными аналогами.

Дальнейший анализ общих периодов осуществлялся применительно к разным группам аналогов:

I группа – все 6 аналогов (р. Дон – Лиски, Казанская, р. Ока – Орел, р. Тускарка – Курск, р. Хопер – Поворино, р. Ворона – Чутановка);

Таблица 2

Репрезентативные периоды по трем параметрам (годовой сток)

Аналог	Период, гг.	Число лет	Характеристики периодов		
			k	k ₁	k ₂
Дон, Лиски	1948-71	24	1,02	1,04	0,95
	1933-69	37	0,99	1,0	0,96
	1935-71	37	1,02	1,04	1,02
Дон, Казанская	1937-59	23	1,0	1,01	0,97
	1935-65	31	1,02	1,02	1,0
	1934-74	41	0,99	1,03	1,0
Хопер, Поворино	1941-64	24	0,96	1,02	0,42
	1941-65	25	0,96	1,0	0,47
Ворона – Чутановка	1934-80	27	0,99	1,0	1,05
	1948-80	33	0,98	0,99	1,03
	1942-79	38	0,98	0,95	1,01
Тускарка, Курск	1935-54	20	1,0	1,0	0,95
	1932-53	22	0,99	0,98	0,97
	1932-62	31	1,0	0,97	1,05
Ока, Орел	1930-52	23	1,0	0,99	0,96
	1930-53	24	1,0	0,97	0,96
	1930-55	26	1,0	0,95	0,97

II группа – 5 аналогов (первая группа без р. Хопер);

III группа – 4 аналога (первая группа без рр. Ока и Хопер);

IV группа – 4 аналога (без рр. Ворона и Хопер), реки: Дон, Ока, Тускарь;

V группа – 3 аналога (без рр. Оки, Хопра, Вороны), реки: Дон и Тускарь.

Анализ данных по группам аналогов показал, что наименьшей общностью обладают аналоги I группы. Из всех рассмотренных периодов только два (и только по двум параметрам) являются общими для всей группы: с 1941 по 1964 г. (24 года) и с 1941 по 1965 г. (25 лет). Наибольшая общность проявляется у аналогов V группы, где число общих репрезентативных периодов достигает 300. Из них рекомендуются как наиболее приемлемые периоды с 1933 по 1952 г. (20 лет) и с 1930 по 1958 год (29 лет). Для остальных групп общими являются следующие периоды:

II группа – 1939-69 гг. (31 год), 1939-80 гг. (42 года);

III группа – 1950-80 гг. (31 год), 1947-80 гг. (34 года);

IV группа – 1930-61 гг. (32 года), 1930-78 гг. (49 лет).

Факт отсутствия одних и попадания других рек по мере смещения начала коротких отрезков ряда в группу с общими репрезентативными периодами свидетельствует о наличии асинхронности в многолетних изменениях годового стока, а в бо-

лее широком плане подчеркивает стохастический характер колебания водности рек во времени и пространстве.

По результатам оценки репрезентативности периодов для более длительного ряда (до 2005 г.) прослеживаются следующие тенденции. Поскольку норма стока по рассмотренным аналогам меняется мало (1-3%), то большинство коротких периодов по этому показателю остались в числе репрезентативных. Изменение коэффициента вариации C_v составляет от 3 до 6%, но доходит и до 10% (Ворона, Чутановка); изменение коэффициента асимметрии C_s по Хопру и Дону (Казанская) невелико (0-3%), но по остальным аналогам довольно существенно (от 20 до 30%). Отмеченная трансформация C_v и C_s обуславливает смещение границ конца репрезентативных по трем параметрам коротких периодов на девяностые и двухтысячные годы. Наиболее приемлемые из них помещены в таблицу 3 (по р. Дон, Лиски и р. Хопер даются периоды по двум параметрам).

Сезонный сток

Представляет интерес оценка репрезентативности и стока различных сезонов года. Применительно к половодью рек ЦЧО изучение этого вопроса (по норме весеннего стока) проведено в [3]. Заслуживает внимания исследование репрезентативности для стока сезонов и в жестких границах, параметры которого необходимы при разработке правил управления режимом работы водохранилищ.

Таблица 3

Репрезентативные периоды (по ряду до 2005 г.)

Аналог	Период, гг.	Число лет, n	Характеристики периодов		
			k_j	k_{1j}	k_{2j}
Дон, Лиски	1974-2003	30	0,96	1,03	1,92
Дон, Казанская	1956-2003	48	0,97	0,99	1,01
Хопер, Поворино	1975-1994	20	0,96	0,94	1,21
Ворона, Чутановка	1970-2003	34	1,01	0,99	1,03
Тускарь, Курск	1933-1962	30	1,0	1,0	0,98

Таблица 4

Параметры стока весеннего сезона

Река – пункт	Период гг.	Кол-во лет	$\sum \bar{Q}_{мес},$ м ³ /с	C_v	C_s	C_v/C_s
Дон, Лиски	1895-1980	85	2055	0,39	0,50	1,2
Дон, Казанская	1891-1980	90	2640	0,41	0,32	0,78
Хопер, Поворино	1883-1980	98	656	0,47	0,37	0,78
Тускарь, Курск	1925-1980	56	80,3	0,49	1,16	2,37
Ока, Орел	1884-1980	97	162	0,42	0,58	1,36

Весенний сезон (III-V). Сток этого времени года в связи с разновременностью наступления половодья характеризуется большей изменчивостью по сравнению с годовым. Суждение о параметрах весеннего стока за многолетний период по рекам-аналогам можно получить из данных таблицы 4. $\sum \bar{Q}_{\text{мес}}$ (представляет собой среднюю многолетнюю сумму месячных расходов воды).

Доля репрезентативных периодов при $|\varepsilon| = 0,05\%$ по среднему за многолетие стоку сезона (III-V) от числа всех периодов составляет 81,1% (р. Дон, Лиски), снижаясь до 7,2% (Хопер, Поворино); как и для годового периода меньший показатель обусловлен наличием в многолетнем ходе стока длительных группировок лет аномальной водности. Тем не менее, репрезентативные по 3-м параметрам периоды имеются.

Летне-осенняя межень (VI-XI). Сток летне-осенней межени имеет меньшую вариацию, чем сток весеннего сезона, но из-за дождевых паводков, как правило, отличается большей асимметрией распределения. Подтверждением этому служат данные таблицы 5, где приведены многолетние параметры стока названного сезона по выбранным пунктам-аналогам.

Из числа всех возможных к числу репрезентативных по среднему стоку могут быть отнесены периоды, границы которых указаны далее.

Зимний сток (XII-II). Сток зимней межени в большей степени, чем летне-осенний, обусловлен влиянием иррегулярных факторов, в данном случае – зимних оттепелей. Поэтому он обладает большей вариацией и асимметрией, чем летне-осенний сток. Параметры, характеризующие многолетний режим зимнего стока по рекам-аналогам, представлены в таблице 6.

Анализ показывает, что число периодов, репрезентативных по двум, а особенно по трем параметрам, для зимнего стока чрезвычайно мало.

Исследования по стоку сезонов дали следующие результаты. Прежде всего, число репрезентативных периодов меньше, чем для года в целом. Так, р. Дон, Лиски из общего числа 30 репрезентативных за весну (III-V) приемлемы по первым двум параметрам 11 периодов (наилучший 1931-67 гг.), а по трем – 10 (наилучший 1933-60 гг.) 9 периодов подходят только по величине среднего (лучшие 1941-61 гг., 1937-68 гг., 1937-69 гг., 1935-68 гг., 1930-69 гг., 1930-73 гг., 1930-74 гг.). В границах летне-осенней межени (VI-XI) репрезентативных отрезков ряда по первым двум параметрам всего половина из 31; по трем параметрам не выявлено ни одного. Для зимней межени (XII-II) из 19 приемлемых по средней величине стока (лучший 1932-55 гг.) ни один период не подходит по коэффициенту вариации. Аналогичные показатели по другим аналогам еще ниже.

Таблица 5

Параметры стока летне-осенней межени

Река – пункт	Период гг.	Кол-во лет	$\sum \bar{Q}_{\text{мес}}, \text{ м}^3/\text{с}$	C_v	C_s	C_v/C_s
Дон, Лиски	1895-1980	85	672	0,20	0,70	3,95
Дон, Казанская	1891-1980	90	784	0,25	0,40	1,60
Хопер, Поворино	1883-1980	98	116	0,31	0,65	2,10
Ворона, Чутановка	1915-1980	62	38,9	0,40	0,83	2,06
Тускарь, Курск	1925-1980	56	28,5	0,28	0,93	3,30
Ока, Орел	1884-1980	97	45,9	0,45	0,82	1,82

Таблица 6

Параметры зимнего стока

Река – пункт	Период гг.	Кол-во лет	$\sum \bar{Q}_{\text{мес}}, \text{ м}^3/\text{с}$	C_v	C_s	C_v/C_s
Дон, Лиски	1895-1980	85	331	0,43	2,64	6,10
Дон, Казанская	1891-1980	90	416	0,54	3,92	7,26
Хопер, Поворино	1883-1980	98	50,5	0,49	2,01	4,13
Ворона, Чутановка	1915-1980	62	17,1	0,54	2,36	4,37
Тускарь, Курск	1925-1980	56	16,3	0,51	1,50	2,92
Ока, Орел	1884-1980	97	24,1	0,66	1,83	2,76

Для отдельных категорий стока обнаруживаются репрезентативные периоды, общие с годовым стоком. Для р. Дон, Лиски это сезон (III-V) 1933-69 годов и (XII-II) 1930-67 гг.; для р. Оки, Орел – период 1947-77 гг. (III-V) и 1936-59 гг. (VI-XI); по р. Ворона, Чутановка сезоны (III-V) 1943-80 гг., (VI-XI) 1960-79 гг., (XII-II) 1939-79 гг.

Репрезентативность коэффициента автокорреляции

Эта характеристика показывает степень внутрирядной связанности величин и отражает тенденцию в многолетнем ходе стока к образованию группировок лет с аномальной водностью. Она учитывается при установлении полезной емкости водохранилищ многолетнего регулирования.

При большой длине рядов и невысоких значениях r точность его получения σ_r можно определять по выражению [4]:

$$\sigma_r = \frac{(1-r^2)}{\sqrt{N-1}}, \quad (3)$$

Ряды годового стока рек ЦЧО обладают значимой положительной автокорреляцией: (р. Тускарь, Курск, при $N=81$ $r=0,255$, $\sigma_r=0,105$; р. Ворона, Чутановка, при $N=91$ $r=0,229$, $\sigma_r=0,100$; р. Хопер, Поворино, при $N=123$ $r=0,186$, $\sigma_r=0,088$). Подобная ситуация стимулирует исследования в направлении поиска представительных коротких периодов и по коэффициенту автокорреляции. С этой целью подвергнуты анализу ряды годового стока рек-аналогов на территории ЦЧО до 2005 г. включительно. Наибольшее количество репрезентативных n -летних выявлено для р. Тускарь, Курск и р. Дон, Казанская. Причем они, как правило, приходятся на короткие отрезки ряда, подходящие по среднему значению, но не обязательно по другим основным параметрам: C_v и C_s . В частности по р. Ворона, Чутановка период 1968-2000 гг. ($n=35$) имеет $k_j=1,01$, $k_{1j}=1,0$, $k_{2j}=0,98$, k_{rj} (по коэффициенту автокорреляции) всего 0,6. по р. Тускарь, Курск период 1933-62 гг. ($n=30$) имеет

$k_j=k_{1j}=1,0$, $k_{2j}=0,98$, но $k_{3j}=0,47$. По той же реке период 1930-78 гг. ($n=49$) имеет близкий к многолетнему значению r_j ($k_{rj}=0,99$), но из остальных параметров подходит только по среднему значению ($k_j=0,99$), а по C_{vj} ($k_{1j}=1,13$) и C_{sj} ($k_{2j}=1,15$) существенно нерепрезентативен.

Реже представительные относительно r периоды встречаются по р. Дон, Лиски, а также по р. Ворона, Чутановка. По Хопру таких периодов вообще не выявлено. Некоторые из репрезентативных периодов по r для некоторых рек-аналогов представлены в таблице 7.

Репрезентативность коэффициента взаимной корреляции и уравнения регрессии

Коэффициент взаимной корреляции R характеризует тесноту связи между стоком рек, влияет на вид уравнения регрессии, по которому восстанавливаются пропуски в рядах гидрометеорологических наблюдений. Исследование вопроса о репрезентативности R на материале по годовому стоку рек ЦЧО и некоторых других районов страны имело целью выявить общие закономерности, обуславливающие изменение величин R_j при различной длительности расчетных отрезков ряда, а также дать рекомендации по репрезентативным периодам пар рек-аналогов. Приемлемым по величине R_j считался период, имеющий коэффициент k_{Rj} , максимально приближенный к 1,0 и удовлетворяющий условию (2) при $\varepsilon = 0,05$. Для получения необходимой информации рассматривались короткие отрезки ряда, начиная с 1930 г.

По результатам исследований можно утверждать, что диапазон колебаний R_j при заданном R постепенно уменьшается с увеличением n . В колебаниях R_j заметна определенная «цикличность». Так, например, наиболее высокие коэффициенты взаимной корреляции годового стока р. Дон, Лиски и Казанская приходятся на периоды, начинающиеся около 1900 г. и заканчивающиеся 1940 г., наименьшие – на периоды, начинающиеся с 50-х годов и заканчивающиеся 70-ми годами прошлого века. Величина R_j при изменении границ короткого пе-

Таблица 7

Репрезентативные периоды по коэффициенту автокорреляции

Аналог	r	Короткие периоды					
		Годы	n	k_j	k_{1j}	k_{2j}	k_{rj}
Дон, Лиски	0,091	1978-1997	20	1,02	1,04	1,63	0,99
Дон, Казанская	0,073	1934-1970	37	1,02	1,03	0,97	0,99
Ворона, Чутановка	0,229	1971-2005	35	1,02	0,99	0,86	1,03
Тускарь, Курск	0,255	1933-1980	48	0,99	1,10	1,02	0,99

риода для одного и того же R изменяются плавно. Добавление одного года к расчетному периоду увеличивает коэффициент взаимной корреляции при его высоких значениях, в основном, не более чем на 0,01. Случаи более резкого изменения R_j весьма редки и происходят при $R < 0,90$; они обусловлены асинхронностью колебаний стока рек.

Уже при $n=20$ среди коротких периодов можно отыскать несколько репрезентативных по R (таблица 8).

Уравнение регрессии. Его вид зависит от двух параметров – коэффициента регрессии a и свободного члена b . Как видно из таблицы 9, колебания названных характеристик происходят в широких пределах, выравниваясь по мере увеличения длительности коротких периодов.

Следует подчеркнуть, что при переходе к анализу репрезентативности самого уравнения в целом необходимо рассматривать конкретные сочетания коэффициентов регрессии и свободного члена для каждого n_j -го периода. Информация, приводимая для таких случаев в таблице 10, показывает что, даже при близких R для многолетнего и

коротких периодов величины k и b могут не совпадать.

Разность в величинах стока ΔQ , определенная по уравнениям для длинного и короткого периода тем больше, чем меньше коэффициент взаимной корреляции R ; оно также зависит от стока за конкретный год по реке-аналогу. Оценка, произведенная по вариантам в таблице 10, дала следующие результаты. Для р. Дон (пункты Лиски + Казанская, $R=0,933$) ΔQ варьирует от 0 до 4%, для р. Тускарь, Курск + Ока, Орел ($R=0,801$) ΔQ изменяется от 0,7 до 13,5%. При анализе проведенных данных необходимо принимать во внимание следующее обстоятельство – при прочих равных условиях коэффициенты k и b компенсируют влияние друг друга: увеличение k ведет к уменьшению b и наоборот.

Таким образом, репрезентативность коротких периодов по виду уравнения регрессии зависит не только от увеличения их длины, но и положения относительно границ исходного ряда. Иногда даже 40-50-летние отрезки не удовлетворяют необходимым условиям; очень «капризна» в этом отноше-

Таблица 8

Репрезентативные периоды по коэффициенту взаимной корреляции

n	Границы периода, гг.	R_j	k_{R_j}
	Дон, Лиски – Дон, Казанская ($R=0,933$)		
20	1961-80	0,933	0,997
30	1950-79	0,933	1,0
40	1937-40, 1945-80	0,933	1,0
Ока, Орел – Тускарь, Курск ($R=0,801$)			
20	1950-69	0,797	1,0
30	1931, 1933-38, 1940, 1948-69	0,799	1,0
40	1926-31, 1933-40, 1948-64, 1966-74	0,844	1,05

Таблица 9

Коэффициенты a и b в уравнении регрессии

Река, пункт	n	Коэффициент регрессии a		Свободный член b	
		Диапазон колебания	В долях от многолетн. значения	Диапазон колебания	В долях от многолетн. значения
Дон, Лиски (аналог) – Дон, Казанская	20	1,058-1,566	0,86-1,28	-62,4÷61,2	-2,0÷1,97
	30	1,075-1,51	0,88-1,23	-49,3÷47,2	-1,59÷1,52
	40	1,111-1,406	0,90-1,14	-33,1÷34,2	-1,07÷1,10
	50	1,186-1,362	0,96-1,11	-17,2÷21,4	-0,55÷0,69
	60	1,235-1,34	1,01-1,09	-14,5÷9,0	-0,47÷0,29
Ока, Орел (аналог) – Тускарь, Курск	20	0,335-0,522	0,85-1,33	0,1÷4,15	0,05÷1,98
	30	0,347-0,483	0,88-1,23	-0,2÷3,5	-0,1÷1,67
	40	0,368-0,469	0,94-1,19	0,45÷2,79	0,21÷1,33

Вид уравнения регрессии для разных периодов

Река, пункт	Длина периода, n_j	Период, гг.	R	σ_y / σ_x	Уравнение регрессии
Дон, Лиски (аналог) – Дон, Казанская	20	1960-79	0,935	1,21	$y=1,127x+32$
	74 (многолетн.)	1885-1918, 1921, 1928-40, 1945-80	0,933	1,32	$y=1,227x+9$
Ока, Орел (аналог) – Тускарь, Курск	25	1937-38, 1940, 1948-69	0,813	0,449	$y=0,365x+2,44$
	46 (многолетн.)	1925, 1927-31, 1933-38, 1940, 1948-80	0,801	0,524	$y=0,42x+1,58$
Хопер, Поворино (аналог) – Ворона, Чутановка	27	1932-35, 1938, 1940, 1942-62	0,887	4,17	$y=0,213x+5,73$
	46 (многолетн.)	1929-35, 1938, 1940, 1942-75, 1978-80	0,887	3,67	$y=0,242x+4,39$

Таблица 11

Периоды, репрезентативные по уравнению регрессии

Река, пункт	n_j	Границы периода, гг.	R_j	k_{R_j}	Уравнение регрессии
Дон, Лиски (аналог) – Дон, Казанская	28	1932-40, 1945-63	0,941	1,01	$y=1,247x+8,7$
	32	1932-40, 1945-67	0,936	1,0	$y=1,258x+8,7$
Ока, Орел (аналог) – Тускарь, Курск	20	1933-38, 1940, 1948-60	0,852	1,06	$y=0,435x+1,56$
	30	1933-38, 1940, 1948-70	0,833	1,04	$y=0,417x+1,57$
Хопер, Поворино (аналог) – Ворона, Чутановка	20	1946-65	0,925	1,05	$y=0,241x+4,33$
	22	1951-72	0,915	1,03	$y=0,247x+4,41$

нии величина свободного члена уравнения. Но, тем не менее, короткие репрезентативные по уравнению регрессии периоды в многолетнем ходе стока рек ЦЧО есть. Характеристики некоторых из них даются в таблице 11.

В заключение отметим, что исследования подобные проделанному, позволяют увеличить объем полезной информации, извлекаемой из рядов речного стока. Полученные результаты могут найти применение как в научном поиске, так и при разработке правил управления режимом водохозяйственных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев В. Г. Циклические колебания годового стока и их учет при гидрологических расчетах / В. Г. Андреев // Труды Гос. гидрологического ин-та. – 1959. – Вып. 68. – С. 3-49.
2. Красов В. Д. К методике выбора репрезентативного периода для расчета характеристик годового стока / В. Д. Красов // Водные ресурсы. – 1983. – № 5. – С. 167-169.
3. Мишон В. М. Синхронность колебания и выбор расчетного периода для определения нормы весеннего стока рек Черноземного центра / В. М. Мишон // Науч. записки Воронеж. отд. Геогр. о-ва СССР. – 1966. – С. 86-91.
4. Рождественский А. В. Статистические методы в гидрологии / А. В. Рождественский, А. И. Чеботарев. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 424 с.

Красов Вячеслав Дмитриевич

кандидат технических наук, доцент кафедры природопользования факультета географии и геоэкологии Воронежского государственного университета, г. Воронеж, т. (4732)66-56-54, E-mail: root@geogr.vsu.ru

Krasov Vyacheslav Dmitriyevich

Candidate of Technology, assistant professor of management of nature department of faculty of geography and geoecology of Voronezh State University, Voronezh, tel. (4732) 66-56-54, E-mail: root@geogr.vsu.ru