

УДК 536.54; 556.16

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ РЯДОВ НАБЛЮДЕНИЙ ГОДОВОГО СТОКА
РЕК БАСЕЙНА ВЕРХНЕГО ИРТЫША**

Доктор геогр. наук С.К. Давлетгалиев
Канд. геогр. наук Д.К. Джусупбеков
 С.Р. Жанпеисова

Восстановление годового стока рек бассейна Верхнего Иртыша произведено методом аналогии с использованием аналитического метода. Расчеты стока произведены по 70 рекам и пунктам. Сведения о реках-аналогах, значениях коэффициента корреляции и уравнениях регрессии приведены лишь по отдельным характерным рекам и пунктам.

В бассейне Верхнего Иртыша имеется более сотни пунктов наблюдений за режимом стока. Продолжительность периодов наблюдений составляет от 1...2 до 50...60 лет. На отдельных реках измерения расходов воды производились лишь за вегетационный период. Даже за этот период расходы воды определены не за все месяцы. В период распада СССР многие посты были закрыты. После 1990 г. непрерывные наблюдения велись лишь на нескольких реках: Черный Иртыш – с. Буран, Ульба – с. Ульба Перевалочная, Бухтарма – с. Лесная Пристань, Уба – г. Шемонаиха, Нарым – с. Большое Нарымское, Левая Березовка – с. Средигорное. По остальным рекам, включая такие крупные реки, как Курчум – с. Вознесенское и Кальджир – с. Черняевка, имеются данные о стоке только за отдельные годы или месяцы.

Сведения о стоке рек получены из опубликованных данных в «Гидрологических ежегодниках», «Основных гидрологических характеристиках» по данному району [4].

Для оценки водных ресурсов района необходимо располагать достаточно длинными и репрезентативными рядами наблюдений, позволяющими надежно оценить расчетные характеристики годового стока. К такому ряду относятся данные, позволяющие рассчитывать средние значения гидрологических характеристик в пределах допустимой погрешности $\sigma_Q = (5...10) \%$, а коэффициент вариации - $\sigma_{Cv} \leq 15 \%$. В связи с от-

сутствием на большинстве рек таких данных возникают задачи восстановления пропущенных величин стока, привлекая материалы рек-аналогов, т.е. применяя метод гидрологической аналогии.

Объективным критерием правильности выбора пункта-аналога, в соответствии с требованиями СНиПа 2.01.14 – 83 [2], является достаточно тесная связь за годы одновременных наблюдений между величинами стока расчетного объекта и аналога, характеризуемая коэффициентом корреляции (парной или множественной) и отношением коэффициента регрессии k к его среднеквадратической погрешности σ_k при условии $r \geq 0,70$ и $k/\sigma_k \geq 2$ [2, 5].

За аналог может быть принят один или несколько пунктов наблюдений за стоком, отвечающий вышеперечисленным требованиям. Подобрать аналог, а тем более несколько аналогов, полностью отвечающих требованиям, предъявляемым к бассейну-аналогу, нередко бывает очень трудно. При восстановлении годового стока данного района обязательно соблюдалось условие $r \geq 0,70$, остальные требования в отдельных случаях соблюдались не столь строго. Это касалось, например, различий в площадях водосбора и величинах стока.

Приведение данных о годовом стоке рек к длительному периоду может осуществляться графическим, аналитическим или графоаналитическим способом.

При массовых расчетах с использованием счетной техники целесообразно применять аналитический способ приведения данных годового стока рек к длительному периоду. В этом случае в явном виде учитывается коэффициент корреляции между значениями стока в пункте приведения и пунктах-аналогах, а также можно оценить ошибки расчета характеристик стока. Поэтому в данном случае для восстановления годового стока использован аналитический способ. Графический способ использован в отдельных случаях, при восстановлении величин годового стока в зависимости от значений стока за вегетационный период. В этом случае связь бывает довольно тесной [1].

Уравнение регрессии для восстановления величин годового стока с одним аналогом имеет вид

$$Q = k_1 Q_a + k_0, \quad (1)$$

где

$$k_1 = r_{12}\sigma / \sigma_{a1}, \quad (2)$$

$$k_0 = \bar{Q} - K_1\bar{Q}_{a1}, \quad (3)$$

$$r = \frac{\Sigma(Q_i - \bar{Q})(Q_{ai} - \bar{Q}_a)}{\sqrt{\Sigma(Q_i - \bar{Q})^2 \Sigma(Q_{ai} - \bar{Q}_a)^2}}, \quad (4)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma(Q_i - \bar{Q})^2}{n-1}}, \quad \sigma_a = \sqrt{\frac{\Sigma(Q_{a1} - \bar{Q}_a)^2}{n-1}}, \quad (5)$$

где \bar{Q} и \bar{Q}_a - средние значения стока в приводимом пункте и пункте-аналоге за совместный период наблюдений; k_1 - коэффициент регрессии; k_0 - свободный член, учитывающий различие в стоке рассматриваемых пунктов за период совместных наблюдений; r - коэффициент парной корреляции между значениями стока в приводимом пункте (Q_i) и пункте аналоге (Q_{ai}); σ и σ_a - средние квадратические отклонения расходов воды в расчетном пункте и пункте-аналоге за совместный период наблюдений. Средняя квадратическая ошибка коэффициента регрессии k_1 определяется по формуле:

$$\sigma_{k_1} = \sigma / \sigma_a \sqrt{(1-r^2)/(n-1)}, \quad (6)$$

При двух аналогах применяется уравнение регрессии с тремя переменными:

$$Q = k_1 Q_{a1} + k_2 Q_{a2} + k_0, \quad (7)$$

Значения коэффициентов регрессии устанавливаются через определитель и его миноры:

$$k_1 = \frac{\sigma}{\sigma_{a1}} \frac{D_{01}}{D_{00}}, \quad k_2 = \frac{\sigma}{\sigma_{a2}} \frac{D_{02}}{D_{00}}, \quad (8)$$

$$D = \begin{vmatrix} 1 & r_{01} & r_{02} \\ r_{10} & 1 & r_{12} \\ r_{20} & r_{21} & 1 \end{vmatrix},$$

$$D_{00} = \begin{vmatrix} 1 & r_{12} \\ r_{12} & 1 \end{vmatrix} = 1 - r_{12}^2,$$

$$D_{01} = \begin{vmatrix} r_{10} & r_{12} \\ r_{20} & 1 \end{vmatrix} = r_{10} - r_{20}r_{12},$$

$$D_{02} = \begin{vmatrix} r_{10} & 1 \\ r_{20} & r_{21} \end{vmatrix} = r_{10}r_{21} - r_{20},$$

где D_{00} , D_{01} и D_{02} – соответственно первый, второй и третий миноры определителя D .

$$k_0 = \bar{Q} - K_1\bar{Q}_{a1} - k_2\bar{Q}_{a2}, \quad (9)$$

Средние квадратические ошибки коэффициентов регрессии k_1 и k_2 вычисляются по формулам:

$$\sigma_{R1} = \frac{\sigma}{\sigma_{a1}} \sqrt{\frac{1 - R^2}{(n-2)(1-r_{12}^2)}}, \quad (10)$$

$$\sigma_{K1} = \frac{\sigma}{\sigma_{a2}} \sqrt{\frac{1 - R^2}{(n-2)(1-r_{12}^2)}}, \quad (11)$$

где R – коэффициент множественной корреляции.

Годовые значения стока, рассчитанные по уравнениям регрессии, являются осредненными и не учитывают действительного размаха колебаний стока. Поэтому вычисленные значения расходов воды корректируется с помощью уравнения:

$$Q_i^1 = [(Q_i - \bar{Q})/R] + Q_{cp}, \quad (12)$$

где Q_i - значения стока, рассчитанные по уравнению регрессии; \bar{Q} - среднее значение годового стока за совместный период наблюдений.

Восстановление рядов стока по годам выполнено по уравнениям парной и множественной корреляции. Расчет годового стока осуществлен, в основном, по одному аналогу. Только для трех рек использованы два аналога.

С учетом наличия систематических данных наблюдений и их надежности, а также с учетом наличия необходимого числа совместных лет наблюдений исследуемой реки с рекой-аналогом за многолетний период выбран 1949-2000 гг.

Крупными реками района являются Черный Иртыш, Бухтарма, Уба, Ульба, Курчум, Кальджир, Тургусун, Белая Берель, Берель и Малая Ульба. На р. Черный Иртыш использован непрерывный ряд наблюдений за стоком с 1938 по 2000 гг.; на р. Ульба – с. Ульба Перевалочная – с 1942

по 2000 гг.; на реках Бухтарма – с. Лесная Пристань и Уба – г. Шемонаиха – с 1955 по 2000 гг.; на реках Кальджир – с. Черняевка и Курчум – с. Вознесенское – с 1949 по 1994 гг. На остальных реках наблюдения за стоком произведены не за все годы. Из малых рек с относительно длинным рядом наблюдений за стоком следует отметить р. Левая Березовка – с. Средигорное.

На р. Бухтарма годовой сток восстановлен для 4-х пунктов: с. Берель, с. Печи, с. Лесная Пристань и с. Заводино.

Расходы воды у с. Берель с 1949 по 1957 гг. восстановлены по аналогу р. Кальджир – с. Черняевка, с 1996 по 2001 гг. – р. Бухтарма – с. Лесная Пристань; сток у с. Лесная Пристань с 1949 по 1954 г. определен по данным р. Черный Иртыш – с. Буран; сток р. Бухтарма – с. Печи с 1995 по 2000 г. восстановлен также по аналогу – р. Черный Иртыш – с. Буран. Сток р. Бухтарма у с. Заводино, в связи с закрытием поста, с 1955 по 1994 гг. вычислен по сумме стока р. Бухтарма – с. Лесная Пристань и р. Тургусун – с. Кутиха, а с 1995 по 2000 гг. – по аналогу Черный Иртыш – с. Буран.

Коэффициенты корреляции и регрессии определены по уравнениям (2) – (4), ошибки коэффициента регрессии – по (6). Восстановление величин стока выполнено по уравнению регрессии (1). Уравнения регрессии, величина коэффициента корреляции, отношения коэффициента регрессии к его среднеквадратической погрешности его определения k/σ_k , сведения о выбранных аналогах и другая информация для отдельных рек даны в табл.1.

Сток р. Тургусун – с. Кутиха с 1944 по 2000 гг., а также за другие периоды вычислен по аналогу р. Ульба – с. Ульба Перевалочная ($r = 0,81$), сток р. Кальджир – с. Черняевка – по аналогу р. Нарым – с. Большое Нарымское ($r = 0,84$), сток р. Курчум – с. Вознесенское за 1995, 1998 – 2000 гг. – по аналогу Черный Иртыш – с. Буран ($r = 0,82$), сток р. Кокпекты – с. Кокпекты – аналогу Большая Буконь – с. Джумба ($r = 0,71$).

Для р. Бастеректы – с. Николаевка в качестве аналога принята р. Кальджир ($r = 0,87$), для р. Ортатеректы – с. Алексеевка величины стока за 1964, 1966-67, 1970-1975, 1988-1991 гг. восстановлены по данным р. Бастеректы, а другие годы сток определен по аналогу р. Курчум ($r = 0,87$).

Сток р. Белая Берель – с. Берель с 1949 по 1954 гг. восстановлен по аналогу р. Бухтарма – с. Печи ($r = 0,73$), с 1955 по 1957 гг. и с 1993 по 2001 гг. по аналогу р. Бухтарма – с. Лесная Пристань ($r = 0,82$). Сток р. Черновая

– с. Черновое с 1949 по 1953 гг. так же восстановлен по аналогу р. Бухтарма – с. Печи ($r = 0,91$), за период 1998-2001 гг. – по аналогу Бухтарма – с. Лесная Пристань ($r = 0,92$). Сток р. Бухтарма в указанных пунктах использован для расчета стока р. Белая – с. Белое за разные годы.

На р. Ульба имеется два поста: у с. Белый Луг – выше устья р. Кедровка и у с. Ульба Перевалочная. В первом пункте наблюдения за стоком с некоторыми пропусками велись в 1922 - 1952 годы, а во втором пункте систематические наблюдения как отмечалось выше проводились с 1942 г. Совместный период наблюдений на этих постах составляет 13 лет, коэффициент корреляции между расходами воды $r = 0,99$, что позволяет восстановить сток у с. Белый Луг с 1952 по 2000 гг. Для восстановления стока основных притоков р. Ульбы: Громотуха – с. Громотуха и Мал. Ульба – с. Горная Ульбинка в качестве аналога принята р. Ульба – с. Ульба Перевалочная с коэффициентом корреляции, характеризующим связь между расходами воды этих рек соответственно $r=0,70$ и $r=0,93$.

На р. Уба имеется несколько постов. Для оценки водных ресурсов этой реки считаем достаточным использовать данные четырех постов, имеющих достаточное число совместных лет наблюдений для восстановления стока. У г. Шемонаиха имеется непрерывный ряд наблюдений с 1955 по 2001 гг., а сток у этого пункта с 1949 по 1954 гг. вычислен по аналогу – р. Ульба – с. Ульба Перевалочная ($r = 0,89$). Расчет стока у с. 8-е Марта, с. Карагуджиха и с. Нижне-Убинское произведен по данным стока р. Ульба – с. Ульба Перевалочная. Река Ульба также принята в качестве аналога для восстановления годового стока рек М. Убинка – с. Быструха и Правая Убинка у с. Александровка. Качество связи между расходами воды у рассчитываемых створов и реки-аналога характеризуется значениями коэффициентов корреляции $r = 0,74...89$.

Колебания годового стока малых рек характеризуются данными рек Левая Березовка – с. Средигорное и кл. Орловка – с. Орловка. На первой реке данные о годовом стоке имеются с 1948 по 2000 гг. за исключением 1958 и 1971 гг. Сток этих двух лет восстановлен по аналогу р. Нарым – с. Большое Нарымское ($r = 0,73$). По посту кл. Орловка – с. Орловка непрерывный ряд имеется за период с 1948 по 1989 гг., сток этой реки с 1990 по 2001 гг. определен по аналогу р. Ульба – с. Ульба Перевалочная. Сток р. Левая Березовка – с. Средигорное использован для восстановления годового стока ряда других рек (табл. 1).

Таблица 1

Сведения о восстановленных рядах, уравнениях регрессии, коэффициентах корреляции и реках-аналогах

№	Река-пункт	Водосбор		Период наблюдений за годовым стоком	Уравнение регрессии	Годы, сток за которые восстановлены	Число совместных лет наблюдений	Парные коэффициенты корреляции	Множественный коэф. корреляции	σ_r или σ_R	K_I/σ_{KI}	K_y	K_{CV}	Пункт для приведения к многолетнему периоду (река-аналог)
		F, км ²	H, м											
1	Кальджир – с. Черняевка	3090	1450	1940-41, 1945, 1949-94	$Q=2,68Q_a-3,64$	1995-2001	46	0,84	-	0,045	10,3	68	50	Нарым – с. Большое Нарымское
2	Кендерлык – с. Кендерлык			1931-32, 1934-36, 1938-40, 1942-43, 1945-46, 1950-51, 1960-62	Вегетационный сток	1949, 1953-54, 1957-59, 1963-2000		$K_{veg} = 0,60$						Годовой сток восстн. по переходному коэффициенту
3	Кандысу – с. Сарыулен	2610	1450	1976-93	$Q=1,55Q_a+2,45$	1945-75, 1994-2001	18	0,76	-	0,104	4,76	51	29	Лев. Березовка – с. Средигорное
4	Мал. Буконь-с. Малая	190	1000	1972, 1976-81,	$Q=0,139Q_{a1}+0,07Q_{a2}+0,19$	1958-75, 1982,	18	-	0,70	0,124	6,89	42	20	Бол. Буконь – с. Джумба

№	Река-пункт	Водосбор		Период наблюдений за годовым стоком	Уравнение регрессии	Годы, сток за которые восстановлены	Число совместных лет наблюдений	Парные коэффициенты корреляции	Множественный коэф. корреляции	σ_r или σ_R	K_I/σ_{KI}	K_y	K_{Cv}	Пункт для приведения к многолетнему периоду (река-аналог)
		F, км ²	H, м											
	Буконь			1983-86, 1988-93		1987								Чар - с. Николаевка
5	Бухтарма – с. Печи	6860	1850	1940-1994	$Q=0,33Q_a+9,00$	1995-2000	55	0,82	-	0,058	13,0	41	43	Ч. Ертыс – с. Буран
6	Урыль – с. Урыль	158	1800	1959-89	$Q=0,10Q_a+0,62$	1949-58, 1990-2001	31	0,71	-	0,092	7,20	48	22	Нарым –с. Бол. Нарымское
7	Тургусун – с. Кутиха	1200	1470	1927-31, 1949-55, 1959-62, 1965-93	$Q=0,35Q_a+12,3$	1956-58, 1963-64, 1994-2001	38	0,81	-	0,056	8,39	64	43	Ульба - с. Ульба Перевалочная
8	Черемошка – с. Усть Язювая	945	-	1964-87	$Q=0,06Q_a-0,18$	1949-1962, 1988-2001	25	0,82	-	0,067	6,97	61	39	Ульба - с. Ульба Перевалочная
9	Громотуха – с. Громотуха	400	1900	1926-27, 1929,	$Q=0,12Q_a+6,96$	1955, 1959,	45	0,78	-	0,059	8,63	57	36	Ульба - с. Ульба Перевалочная

№	Река-пункт	Водосбор		Период наблюдений за годовым стоком	Уравнение регрессии	Годы, сток за которые восстановлены	Число совместных лет наблюдений	Парные коэффициенты корреляции	Множественный коэф. корреляции	σ_r или σ_R	K_I/σ_{KI}	K_y	K_{Cv}	Пункт для приведения к многолетнему периоду (река-аналог)
		F, км ²	H, м											
10	Ульба – с. Белый Луг	1120	1300	1931-36, 1947-54, 1956-61, 1963-94 1922-30, 1934-36, 1939-43, 1945-51	$Q=0,33Q_a+2,36$	1962, 1995-2001 1952-2001	13	0,99	-	0,006	24,3	76	94	Ульба - с. Ульба Перевалочная
11	Уба - г. Шемонаиха	8470	900	1955-2001	$Q=1,56Q_a+23$	1949-54	47	0,89	-	0,030	13,2	80	60	Ульба - с. Ульба Перевалочная
12	Бобровка - с. Бобровка	113	738	1960, 1963-89	$Q=0,57Q_a+0,28$	1949-59, 1961-62, 1990-2001	28	0,73	-	0,063	5,65	48	26	Лев.Березовка–с.Средигорное
13	Сержиха-с. Сержиха	226	1020	1954-55, 1957-70	$Q=0,05Q_a+1,08$	1949-53, 1956, 1971-2001	16	0,90	-	0,049	7,93	77	59	Ульба - с. Ульба Перевалочная
14	Уба - с. 8-е Марта	1500	1350	1963-69, 1972-91	$Q=0,24Q_a+17,3$	1949-62, 1970-71,	27	0,79	-	0,074	6,40	57	36	Ульба - с. Ульба Перевалочная

№	Река-пункт	Водосбор		Период наблюдений за годовым стоком	Уравнение регрессии	Годы, сток за которые восстановлены	Число совместных лет наблюдений	Парные коэффициенты корреляции	Множественный коэф. корреляции	σ_r или σ_R	K_I/σ_{KI}	K_y	K_{Cv}	Пункт для приведения к многолетнему периоду (река-аналог)
		F, км ²	H, м											
15	Правая Убинка с. Александровк	329	80	1957-86	$Q=0,06Q_a+1,19$	1992-2001 1949-1956, 1987-2001	30	0,74	-	0,085	6,45	50	29	Ульба - с. Ульба Перевалочная
16	Большая речка - с. Большая Речка	267	590	1962-65, 1967, 1969-90	$Q=0,08Q_{a1}+0,65Q_{a2}+0,63$	1949-61, 1966, 1968, 1991-2001	27	-	0,76	0,084	3,35	54	30	Ульба - с. Ульба Перевалочная Лев. Березовка – с. Средигорное
17	Тюндык – свх. Аркалык	5120		1964-68, 1971-81, 1983, 1985 -90, 1992-94, 1996	$Q=0,16Q_a-0,28$	1949-63, 1970, 1982, 1984, 1991, 1995, 1997-2001	27	0,84	-	0,058	7,93	64	46	Нура - с. Сергиопольское

Для р. Большая Буконь – с. Джумба не удалось найти более подходящего аналога, чем р. Левая Березовка – с. Средигорное. Коэффициент корреляции между значениями стока этих рек равен $r = 0,68$, что несколько ниже минимального значения, допускаемого требованиями СНиПа 201.14 – 83. В то же время два других требования – точность коэффициента $\sigma_r = 0,083$ и отношение коэффициента регрессии к его погрешности $k/\sigma_k = 5,94$ отвечают требованиям СНиПа [2].

Сток р. Чар – с. Николаевка за 1966 г. и с 1994 по 2000 гг. восстановлен по аналогу р. Большая Буконь – с. Джумба ($r = 0,75$), с 1949 по 1956 гг. по аналогу р. Курчум – с. Вознесенское ($r = 0,71$). Расчет стока р. Чар у с. Исабек за 1995-2000 гг. производился по аналогу р. Курчум ($r = 0,86$), за остальные годы – по аналогу р. Кальджир – с. Черняевка ($r = 0,88$).

Для расчета стока р. Ащису у с. Тендык, р. Тюндык у свх. Аркалык и Кзылсу у с.Остриковка в качестве аналога принят ряд р. Нура у с. Сергиопольское. Связь между расходами воды у расчетного створа и реки-аналога характеризуется коэффициентами корреляции $r = 0,75$, $r = 0,84$ и $r = 0,80$ соответственно.

Сток трех рек: Большая речка у с. Большая речка, Малая Буконь у с. Малая Буконь и р. Пихтовка у г. Серебрянска приведен к многолетнему периоду по двум аналогам. Для расчета стока применено уравнение множественной регрессии (7), а погрешность коэффициентов регрессии вычислены по выражениям (10) и (11). Для первой реки в качестве аналога выбрана р. Ульба у с. Ульба Перевалочная и Левая Березовка – с. Средигорное. Статистические критерии правильности выбора аналогов: коэффициент множественной корреляции $R=0,76$, отношение коэффициента регрессии к его погрешности $k_1/\sigma_{k1}=3,35>2,0$, $k_2/\sigma_{k2}=1,1<2,0$. Для второй реки в качестве аналогов приняты р. Большая Буконь – с. Джумба и р. Чар – с. Николаевка. Критерии правильности выбора аналогов для этой реки составляют $R=0,76$, $k_1/\sigma_{k1}=6,89>2,0$, $k_2/\sigma_{k2}=2,69>2,0$. Для третьей реки критерии качества: $R=0,71$, $k_1/\sigma_{k1}=1,01<2,0$ и $k_2/\sigma_{k2}=2,21>2,0$ (аналоги р. Левая Березовка – с. Средигорное и р.Черновая – с. Черновое).

Как видно из этих данных всем статистическим критериям строго отвечают аналоги, выбранные для р. Мал. Буконь, для остальных рек одно

из отношений k_1/σ_{K1} или k_2/σ_{K2} - меньше 2,0. Поскольку основным критерием правильности выбора аналогов является коэффициент корреляции и одно из двух отношений $k/\sigma_K > 2,0$, то использование указанных аналогов для удлинения рядов годового стока считаем возможным.

Поскольку не все аналоги имели длинный ряд фактических данных наблюдений величины стока р. М. Буконь приведены лишь к периоду 1958-1999 гг., а ряд стока р. Пихтовка – 1954-97 гг.

На реках Большая и Малая Таловка, Таинты - с.Таинты, Сарымсакты – с. Катон-Карагай и Хамир – с. Масляха число совместных лет наблюдений с аналогами составляет $n = 6...9$ лет, что на 1-4 года меньше необходимого числа лет ($n = 10$) согласно [2, 3], хотя теснота связей считается достоверной ($r > 0,70$, $k/\sigma_k > 2$) полученным результатам следует относиться с некоторой осторожностью. Данные р. Таинты – с. Огневка ввиду зарегулированностью стока не приведены к многолетнему периоду.

Графики связи между среднегодовыми величинами расходов воды в расчетном пункте и пункте-аналоге для четырех рек приведены на рис.1.

Для р. Тебезге – в 150 км выше мельницы аналог для восстановления стока не найден. Расчет стока за 1953-1954, 1956-1962 гг. и 1965 г. произведен по графической зависимости годового стока от стока за вегетационный период (рис.2 а) На р. Калгуты – с. Енбек данные о годовом стоке имеются лишь за 5 лет, а о вегетационном стоке – за 10 лет, поэтому сток этой реки за 1971,1973-78,1980,1982-83,1986 гг. также получен по графической зависимости $Q_z = f(Q_B)$ (рис.2б). Как видно на рис.2б, зависимость $Q_z = f(Q_B)$ довольно тесная, и определенное по этой зависимости значение стока существенно не будет отличаться от фактического. Поэтому, приняв восстановленные величины стока за фактические, можно установить связь между стоком р. Калгуты и р. Левая Березовка – с. Средигорное ($r = 0,76$) и по установленному уравнению регрессии вычислить величины стока за другие периоды; в общей сложности получен непрерывный ряд за 1949-2001 гг. Аналогичным образом удлинен сток р. Женишке – с. Женишке сначала по зависимости $Q_z = f(Q_B)$. (рис.2 в), затем по уравнению регрессии (аналог р. Курчум – с. Вознесенское, $r = 0,70$).

По рекам Уйдене и Кендерлык имеются данные наблюдений лишь за вегетационный период. Поэтому годовые величины стока за периоды

наблюдений определены по среднему значению переводного коэффициента от вегетационного стока к годовому $K_g = 0,60$, установленного для бассейнов рек Верхнего Иртыша (табл. 2). Далее, полученные величины годового стока использованы для установления связей с рекой-аналогом (р. Черный Иртыш – с. Буран).

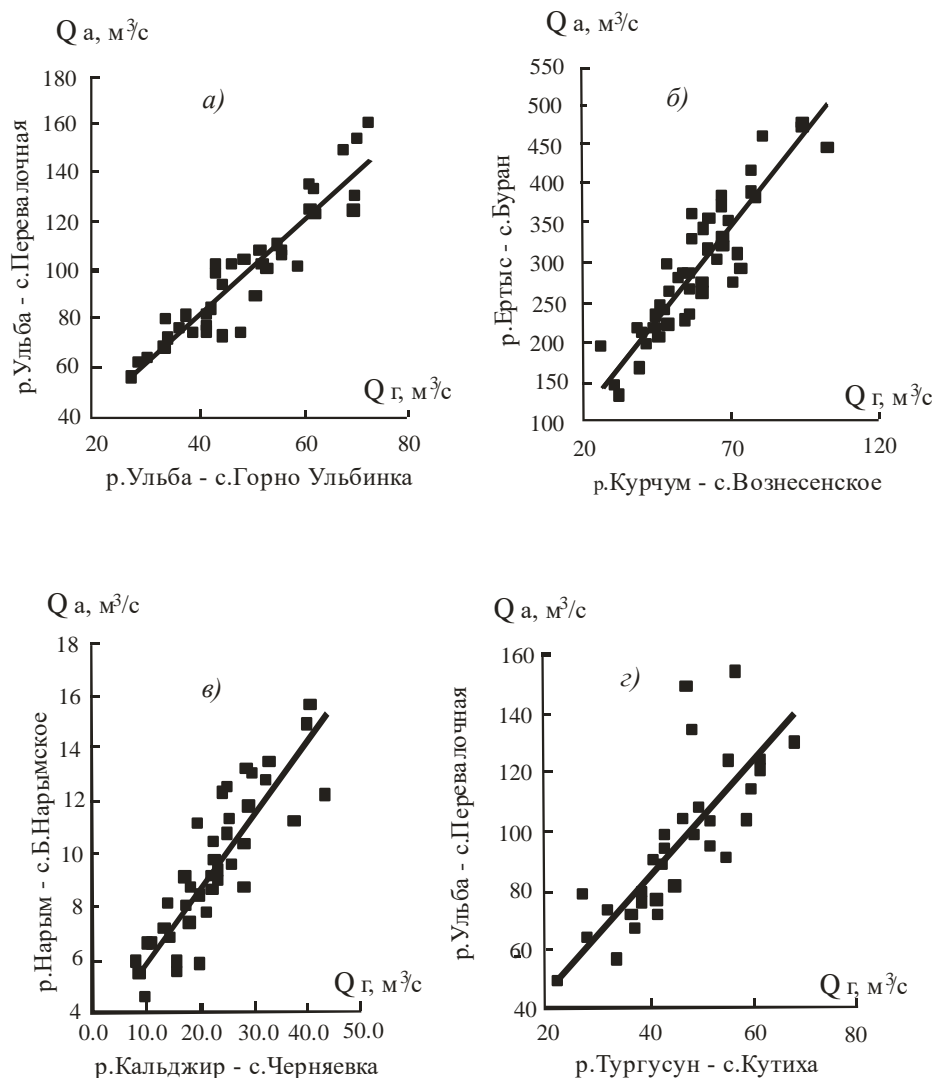


Рис. 1. Графики связи между среднегодовыми величинами расходов воды в расчетном пункте (Q_g) и пункте-аналоге (Q_a).

Восстановленные значения годового стока всех рек откорректированы по формуле (12). Восстановление рядов стока произведено по 70-ти рекам и пунктам бассейна Верхнего Иртыша.

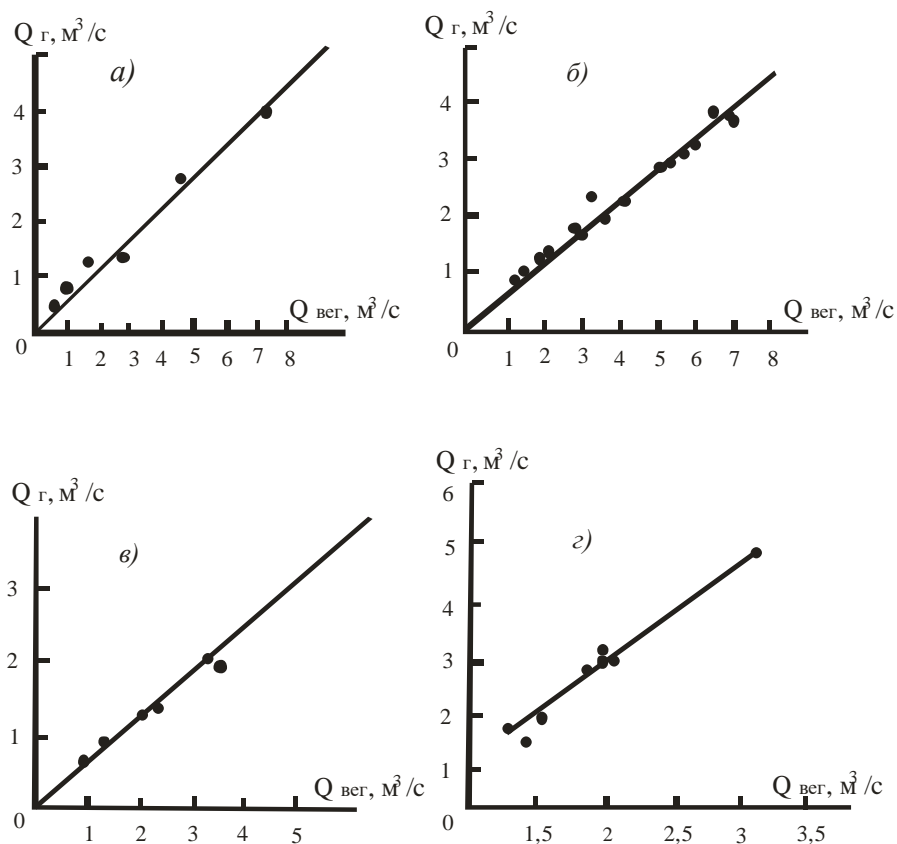


Рис. 2 Связь годового стока со стоком за вегетационный период.
 а – р. Калгуты – с. Енбек; б – р. Тебезге – в 150 м выше мельницы;
 в – р. Женишке – с. Женишке; г – р. Шабакты – с. Зайсан.

В табл. 1 приведены результаты расчетов лишь по 17-ти рекам. Для количественной оценки эффективности приведения средних значений к многолетнему периоду использована формула, приведенная в [5]:

$$K_{\bar{y}} = \left[\frac{1 - \sqrt{1 - R^2 + nR^2/N}}{1 - \sqrt{n/N}} \right] \times 100\% \quad (13)$$

где $K_{\bar{y}}$ – эффективность наблюдений средних значений; n – число лет наблюдения за короткий период; N – число лет наблюдений, приведенное к многолетнему периоду; R – коэффициент парной корреляции.

Таблица 2

Величины переходного коэффициента от вегетационного стока к годовому

№	Река-пункт	K_e	№	Река-пункт	K_e
1	р. Кендерлык - с. Кендерлык	0,60	10	р. Калгуты – с. Енбек	0,57
2	р. Шабакты – г. Зайсан	0,65	11	р. Бас-Теректы - с. Никколаевка	0,54
3	р. Шульбинка – с. Новая Шульба	0,52	12	р. Базарка – уроч. Базар	0,60
4	р. М.Буконь – с. М. Буконь	0,53	13	р. Женишке – с. Женишке	0,64
5	р. Тебезге – в 50 км выше мельницы	0,60	14	р. Ортатеректы – с. Никколаевка	0,63
6	р. Б. Буконь – с. Джумба	0,57	15	р. Курчум – с. Вознесенское	0,58
7	р. Бухтарма – с. Берель	0,56	16	р. Кальджир – с. Черняевка	0,62
8	р. Бухтарма – с. Печи	0,59	17	р. Шигилек – с. Шигилек	0,70
9	р. Бухтарма – с. Лесная Пристань	0,60	18	р. Нарым – с. Б. Нарымское	0,73

Показатель эффективности K характеризует процент уменьшения $y=b_1x+b_0$ погрешности среднего при приведении ряда к периоду N . Показатель эффективности приведения коэффициентов вариации и средних квадратических отклонений к многолетнему периоду определяется по формуле:

$$K_{Cv} = \left[\left(1 - \sqrt{1 - R^4 + nR^4 / N} \right) / \left(1 - \sqrt{n / N} \right) \right] \times 100\% \quad (14)$$

При вычислении количественной оценки эффективности K_y и K_{Cv} получились следующие значения: эффективность K_y колеблется в пределах от 40 % (р. Базарка – уроч. Базар и р. Хамир – с. Масляха) до 98 % (Ульба – с. Белый Луг, выше Кедровки), а значения $K_{Cv(S)}$ изменяется от 17 % (р. Базарка – уроч. Базар и р. Хамир – с. Масляха) до 94 % (Ульба – с. Белый Луг, выше Кедровки и р. Ульба – с. Белый Луг). Данные приведены в табл. 1.

Результаты расчетов являются основой для оценки водных ресур-

сов региона с учетом данных наблюдений последних лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 365 с.
2. Определение расчетных гидрологических характеристик. СНиП 2.01.14-83.- М.: Стройиздат, 1985. – 35 с.
3. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 444 с.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики (за 1963-70 гг.). Алтай, Западная Сибирь и Северный Казахстан. Верхний Иртыш, Верхний Ишим, Верхний Тобол. Л.: Гидрометеиздат, 1977. – Т.15. – Вып.2. – 384 с.
5. Рождественский А.В., Ежов А.В., Сахарюк А.В. Оценка точности гидрологических расчетов. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 275 с.

Казахский национальный университет им. Аль-Фараби

ЖОЛАРЖЫ ЕРТИС АЛАБЫ ҒЗЕНДЕРІНІҰ ЖЫЛДЫС АЖЫНДЫНЫҰ БАСЫЛАУ САТАРЫН САЙТА КЕЛТІРУІ

Геогр. Жыл. докторы

Геогр. Жыл. кандидаты

С.К. Дулетжалиев

Д.К. ЖТсіпбеков

С.Р. Жанпейсова

ЖоЛарЖы Ертіс алабы ғзендерініҰ жылдыј аЖындысын јайта келтіру аналитикалыј т,,сілді јолданумен аналогиялыј ,,діспен ғҰделді. АЖындыны есептеу кезінде 70 ғзендер мен тғстамалар алынды. Аналог-ғзендер, корреляция коэффициентініҰ м,,ндері ж,,не регрессия теҰдестіктерініҰ м,,ліметтері жеке ғзендер мен тғстамалар келтірілген.