

УДК 504.058:556.16.072 (574)

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
НА СТОК РЕК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ
МОДЕЛИ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ**Канд. техн. наук В.И.Ли
В.П.Попова

На примере ряда рек Южного Казахстана показана возможность применения математической модели формирования стока для оценки влияния на него хозяйственной деятельности. Установлено, что наибольшее антропогенное изменение стока произошло на р.Арысь.

Количественная оценка антропогенного воздействия на сток притоков Сырдарьи в пределах Казахстана является актуальной задачей. Это связано с тем, что для Южного Казахстана характерны засушливость климата и ограниченность водных ресурсов, интенсивность использования которых особенно резко возросла в последние 25-30 лет. Главным потребителем водных ресурсов является сельское хозяйство, в основном, орошаемое земледелие.

Основной рекой региона является Сырдарья, а ее важнейшими притоками в пределах Казахстана - Арысь, Келес, Бугунь и Шаян стекающие с юго-западного склона хр.Каратау и западных отрогов Таласского Алатау. Преобладающим источником питания являются талые снеговые воды. Доля дождевого, подземного и ледникового питания значительно меньше. Большая часть годовой суммы осадков выпадает в зимне - весенний период. Снежный покров часто неустойчивый. Иногда в течение зимнего сезона он сохраняется только на склонах северной экспозиции. Основной объем стока рек приходится на период февраль - май.

В качестве методической основы для оценки влияния хозяйственной деятельности на водность рек и восстановления естественного стока использованы упрощенное уравнение руслового баланса и концептуальная математическая модель формирования стока горных рек, разработанная в КазНИГМИ под руководством В.В.Голубцова [1]. Модель успешно использовалась ранее для разработки методов гидрологических прогнозов горных рек Казахстана [2, 3 и др.], а также для оценки уязвимости водных ресурсов вследствие возможного антропогенного изменения климата, проводившейся в рамках казахстанско-американского проекта Country Studies [4].

Особенностью модели КазНИГМИ является то, что она позволяет моделировать сток даже при наличии ограниченной исходной информации с отдельных высотных зон. Параметры модели принимаются изменяющимися в зависимости от высоты местности, уклона и экспозиции горных склонов, характера подстилающей поверхности (открытой, залесенной, ледниковой и т.д.). На выходе модели формирования стока получается гидрограф стока в замыкающем створе реки и объемы стока за различные календарные периоды (декады, месяцы, год). Основными входными данными для моделирования гидрографа стока являются суточные суммы осадков средние суточные температуры воздуха на метеорологических станциях, расположенных в пределах бассейна или вблизи от него.

При адаптации модели формирования стока к условиям рассматриваемых бассейнов оценивались параметры моделей промерзания и оттаивания почвогрунтов, формирования снегозапасов, определялись градиенты осадков и температур воздуха по высоте местности, их динамика внутри года, гидрографические и гипсографические характеристики бассейнов с учетом различных экспозиций склонов.

Для восстановления естественного стока рек Арысь, Келес, Бугунь использовалось упрощенное уравнение руслового баланса, в котором к величии-

нам наблюдаемых расходов воды за период весеннего половодья прибавлялась разность между водозаборами и сбросами на сети оросительных каналов. Второй способ восстановления, по модели формирования стока горных рек, был осуществлен на примере рек Арысь и Шаян.

В результате численных экспериментов с использованием модели формирования стока были получены гидрографы стока для рек Арысь и Шаян за период 1951-1990 гг., а также рассчитаны значения объемов весеннего половодья. Моделированные гидрографы сопоставлялись с восстановленными по русловому балансу. В большинстве случаев они достаточно хорошо совпадали, о чем, в частности, свидетельствуют гидрографы, показанные на рисунке. Объемы весеннего половодья р.Арысь с 1966 по 1985 гг., восстановленные по упрощенному уравнению руслового баланса и по модели формирования стока, также оказались близки между собой (коэффициент корреляции $r=0,95$, $b_r=0,02$). Поэтому восстановление естественного стока можно считать достаточно надежным, а полученные результаты пригодными для использования при расчетах различных гидрологических характеристик и разработках прогнозов водности.

В таблице приведена оценка изменений стока, обусловленных влиянием хозяйственной деятельности на сток. Антропогенные изменения водности рек были определены по разности восстановленного естественного и бытового стока. Особенно большие изменения произошли в стоке р.Арысь. По оценке с использованием модели сток реки уменьшился в среднем на 37 %. После ввода в эксплуатацию в 1965 г. Арысского канала водозаборы достигли 55 %. За период 1951-1964 гг. они были на порядок ниже, составляя 5 %. По оценке с использованием руслового баланса сток снизился в среднем на 38 %, а за указанные частные периоды - соответственно 54 и 8 %.

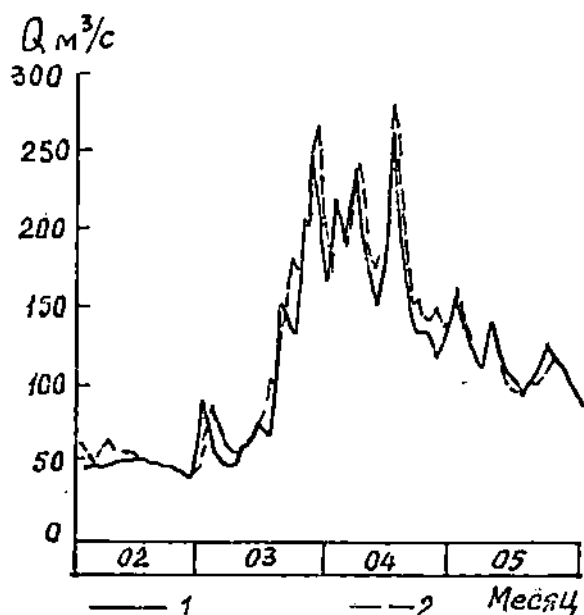


Рис. Рассчитанный (1) и фактический (2) гидрографы стока р.Арысь у ж.-д.ст.Арысь за 1972 год

Таблица
Изменение стока рек, обусловленное хозяйственной деятельностью

Расчетный период, годы	Бытовой сток, м ³ /с	Естественный сток, м ³ /с		Изменение стока			
		по русловому балансу	по модели	по русловому балансу		по модели	
				м ³ /с	%	м ³ /с	%
Арысь-ж.-д.ст.Арысь							
1951-1990	55,3	88,9	87,4	33,6	38	32,1	37
Келес-аул Акжар							
1960-1990	9,65	10,2		0,58	6		
Бугунь-с.Красный Мост							
1966-1990	9,23	10,4		1,11	11		
Шаян-в 3,3 км ниже устья р.Акбет							
1951-1990	5,30		5,36			0,06	1

Хорошая сходимость также между моделированными и фактическими расходами воды р.Шаян. Средний расход воды за период 1951-1990 гг., рассчитанный по модели, равен $5,36 \text{ м}^3/\text{с}$, по гидрометрическим наблюдениям - $5,30 \text{ м}^3/\text{с}$. Это свидетельствует о незначительном влиянии хозяйственной деятельности на сток р.Шаян. Антропогенные изменения стока рек Келес и Бугунь сравнительно невелики. Для р.Келес они составляют в среднем 6 %, в маловодные годы - 20 %, в многоводные - 1-2 %, а для р.Бугунь - в среднем 11 %, в маловодные годы - 50 %, в многоводные - 1-2 %. Какой либо динамики в этих изменениях не обнаружено.

Выполненная оценка влияния хозяйственной деятельности на сток притоков Сырдарьи позволяет сделать следующие выводы:

- наибольшее антропогенное уменьшение стока по сравнению с естественными условиями произошло на р.Арысь после ввода в действие Арысского канала и составило в среднем 55 %, в маловодные годы - 80 %, в многоводные годы - 35 %;

- в бассейнах рек Келес и Бугунь за последние 25-30 лет резких изменений стока не наблюдалось, что можно объяснить примерно одинаковым уровнем хозяйственной деятельности;

- в бассейне р.Шаян влияние хозяйственной деятельности несущественно;

- для восстановления естественного стока рек и оценки влияния хозяйственной деятельности на водные ресурсы может быть использована модель формирования стока КазНИГМИ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубцов В.В., Ли В.И., Строева Т.П. Математическое моделирование процессов формирования стока рек в условиях ограниченной информации // Тр. 5-го Всесоюзного гидрологического съезда. - 1989. - Т.6. - С.374-382.

2. Голубцов В.В., Ли В.В.; Строева Т.П. Использование модели формирования стока горных рек для разработки метода его долгосрочного прогноза // Тр. 5-го Всесоюзного гидрологического съезда. - 1989. - Т.7. - С.111-117.
3. Ли В.И., Попова В.П. Долгосрочное прогнозирование стока р.Черный Иртыш на основе линейных регрессионных моделей // Тр. КазНИИ Госкомгидромета. - 1987. - Вып.97. - С. 8-12.
4. Golubtsov V.V., Lee V.I., Skotselyas I.I. Anthropogenic Climate Change and Reduction of Water Resources : Adaptation Issues Related to the Economy in Kazakhstan // Adapting to Climate Change. Assessments and Issues. - New York: Springer-Verlag, 1996. - P.225-231.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

ӨЗЕН АҒЫСЫ ҚАЛЫПТАСУЫНЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ШАРУАШЫЛЫҚ ҚЫЗМЕТТІҢ ӘСЕРІН БАҒАЛАУ

Техн. ф. канд. В.И.Ли
В.П.Попова

Оңтүстік Қазақстан өзендерін мысалға ала отырып, өзен ағысың қалыптасуының математикалық әдісін қолдану арқылы шаруашылық қызметі әсерінің ықпалы көрсетілген. Арыс өзені ағысында ең үлкен антропогендік өзгерістің болғаны дәлелденді.