PN-ACB-087
94738

Environmental Policy and Technology Project

Contract No. CCN-0003-Q-00-3165

NEW INDEPENDENT STATES

FINAL PROJECT REPORT SUMMARY

Assessment of Water Management's Impact on the Syr Darya's Tributaries (Within Kazakstan) Applied Demonstration Project No. 4

Nekipelova L.K., November 1996
Delivery Order 08, Task B

Prepared for:
Central Asia Mission
U.S. Agency for International Development

Prepared by:
Central Asia Regional Office in Almaty, Kazakstan
Environment Policy and Technology Project
For the New and Independent States of the Former Soviet Union
A USAID Project Consortium of CH2M HILL

1

This is the English translation of the summary from an applied demonstration project report. The original full-length report is in Russian and follows the English report.

Summary Report

Project Purpose and Scope

The purpose of this project was to assess the water management impact on the flow the Syr Darya River's tributaries, within the territory of Kazakstan, and to restore natural flow values by different methods.

Project Results and Findings

Based on the assessment of human impact on the Syr Darya River's tributaries within the Kazakstan territory, the following conclusions could be made:

- The highest decline in flow, caused by man as opposed to a natural decline, occurred on the Arys River after the introduction of the Arys Channel, with an average decrease of 55% (80% in dry years and 35% in wet ones).

- In the Keles and Bugun' river basins there were no significant anthropogenic changes found within the observation period resulting from an unchanged level of human activity.

- In the Shayan River basin human impact is not significant.

- The results of the three applied methods for assessing anthropogenic changes in river flow and flow restoration to those under natural conditions (statistical, water balance and mathematical modeling methods) were similar. This confirms the validity of the results obtained and the possibility of using the restored rows in hydrologic estimates.

- Given the decline in the quality of hydrologic observations, the KazNIGMI mathematical flow model should be considered as the most acceptable and promising method for natural river flow restoration and assessment of human activity impact on water resources.

The main tributaries of the Syr Darya River are the Arys, Keles, Bugun and Shayan rivers, located on the right bank part of the basin on the south-western slope of the Karatau range and the western part of the Talassian Alatau. The rivers are mainly fed by melted snow waters. The share of rainfall, ground and glacier input is considerably lower. The largest part of the annual precipitation occurs in winter and spring. Snow cover used to be unstable and is retained mainly on northern exposure slopes. The major volume of the flows occurs during the period from February to May. Agriculture is known to be the main water user in the area.

The Arys River is the second place for the catchment area in the examined region. The catchment area of the basin is 14900 km^2 with a prevailing western orientation. There are about 300 main and on-farm channels within the Arys River basin. The major part of the water consumed is used for regular and estuary irrigation. The area of irrigated farmlands makes up about 50 thousand hectares, and the area supplied with water, about 435 thousand ha. In 1965, the Arys Main Channel was put into operation with a release capacity of 45 m^3/s.

The Keles River basin down to the Akdjar node (catchment area of 1960 km^2) is comprised of 80 main channels. The Bugun River basin, down to the Krasny Most village (catchment area 2160 km^2), is comprised of 20 main channels. The irrigated territory is 50 thousand ha and the water supply area, 420 thousand ha. Within the Shayan River basin, down to the node 3.3 km below the Akbet River estuary (catchment area about 485 km^2), water related activity is low with only one channel being operated.

For southern Kazakstan, with a typically dry climate and water restraints, assessment of the water management activity impact on river flows is extremely topical. The problem is complicated by the fact that most rivers of the region are subject to intensive human impact. Under these circumstances, the task of river flow forecasting and the development of hydroengineering facilities and irrigation systems become even more complicated. In order to overcome these difficulties, it is necessary to restore the natural river flow, making it available for hydrological forecasts, estimation of construction parameters and more substantiated water planning and management.

Project Methodology

As a methodological foundation for the assessment of water management impact on water availability in the rivers and river flow restoration, one of the standard statistical assessment methods, the linear trend method, was used, as well as a simplified channel balance equation method. We also used an improved conceptual mathematical model of mountainous river flow formation, developed by the Kazak Hydro-meteorology Scientific Research Institute (KazNIGMI, which is presently known as KazNIIMOSK) under the guidance of V. V. Golubtsev. The model was successfully adapted to a number of mountainous rivers of Kazakstan. The model was also used for water resource vulnerability assessment under the possible impact of anthropogenic changes of climate, implemented under the joint Kazak-American Country Studies Project.

In the KazNIGMI model, a river basin is represented as three sequentially connected reservoirs, located one above another and identified as surface water, deep and shallow groundwater sources, and another reservoir, characterizing flow formation within the hydrographic network. The model includes a description of some elementary water balance processes such as snow stock formation and water inflow to basin surface, changes in water stock, freezing and thawing of soil and grounds, total evaporation, surface water, and deep

and shallow groundwater flow formation, formation of water inflow to river network, and flow hydrograph at the rear node (*i.e.* a range of models describing elementary watershed process). The basic principles of the model were elaborated in works by A. N. Vazhnov, V. D. Komarov, Yu. M. Denisov, and Yu. B. Vinogradov.

A specific feature of the KazNIGMI model is that even with limited information available, it is possible to simulate river flow from each of the altitude zones, various landscape parts of the basin and mountain slopes of different exposition. Model parameters could be changed, depending on the elevation of the area, angle and exposure of the mountain slopes, and the profile of the underlying surface (bare, forested, glacier covered, *etc.*).

The main input data used for flow hydrograph modeling were daily precipitation totals and average daily air temperatures. The data were obtained through observations at meteorological stations, located within or in proximity of the basin. The KazNIGMI flow model makes it possible to estimate water inflow to the watershed area, flow amounts during different calendar periods (10 day period, month, year), and flow hydrograph at the rear node of the basin.

During the adaptation of the model to the conditions in the basins concerned, the characteristics of the processes of the freezing and thawing of soils and grounds, snow stock formation, precipitation gradient and air temperature were assessed, depending on area elevation, dynamics of parameters throughout the year, and hydrographic and gypsographic characteristics of the basin with due consideration to the different slope exposures.

Initiation of significant flow changes was identified by plotting integral curves of the type:

$$\Sigma(Q)=\varphi(\Sigma\prod) \qquad (1)$$

$$\Sigma(Q)=\varphi(t) \qquad (2)$$

where $\Sigma(Q)$ is the incremental total of flow values from the beginning of the observation period, and $(\Sigma\prod)$ is the incremental total of simulated values of the water inflow to the surface of the basin, and t - time moment.

The statistical significance of the water management activity impact on the flows of the rivers was determined on the basis of the results of the studies of observation rows for the presence of trends and homogeneity. Homogeneity was assessed according to the criteria of Wilckokson, Fischer, Student and Z-criterion. Independence (incidence) of the initial aggregates was determined by the calculation of the autocorrelation coefficient and the Neiman criterion.

Based on the assessment of the Arys River it may be assumed, that the homogeneity and independence of measured flow data are rejected according to all the criteria of the hypothesis. To this end, significant homogeneity disturbance in the series of integral curves became visible in 1965. The disturbance was caused by the introduction of the Arys Channel into operation.

There was no trend observed in the Shayan River's flow, and the homogeneity hypothesis was acceptable according to almost all criteria, meaning that water management activity did not have a significant impact on the flow.

Integral curves plotted for the Keles and Bugun' rivers did not allow us to identify the period of distinct flow disturbance, despite a long history of water withdrawal from the rivers. A series of analogous tests offlow for the observation period revealed their homogeneity and absence of trends. Hence, it can be assumed that the anthropogenic load on Keles and Bugun' flow is of a continuous character, without pointed changes during the observation period. These conclusions are confirmed by dual integral curves plotted for the water inflow to the watershed surface of the Keles (down to the Akdjar node) and the Bugun' (down to Krasny Most village node) rivers, estimated by means of the flow model and the measured flow.

As it was indicated above, natural river flow's restoration was made by means of three principally different methods:

- A statistical method, based on linear trend method for the Arys, Keles, Bugun and Shayan rivers
- A simplified channel balance equation for the Arys, Keles, and Bugun rivers
- Modeling, carried out on the Arys River, the largest tributary of Syr Darya River within Kazakstan, and the Shayan River, the flow of which according to preliminary estimates, did not experience any significant man-made impact

Calculations based on the linear trend method has shown that the estimated flow of the Arys River has been declining since 1951, for an average value of 1.79 m^3/s annually. By 1990, it had declined by 35.4 m^3/s, or by 43% of the initial estimated flow of 84.5 m^3/s. The annual decline for the Bugun' River for the period of 1966-1990 was 0.12 m^3/s; for the Shayan for the period of 1951-1990, 0.016 m^3/s; and for the Keles for the period of 1960-1990, - 0.08 m^3/s. In relation to the initial estimated flows, the decline is 14%, 4% and 5%, respectively, remaining within flow measurement accuracy limits. Hence, statistic assessment of water management activity impact on the flows of the rivers revealed significant changes only for the Arys River flow.

Flow restoration in natural conditions by means of channel balance equation was made through summing up the difference between water intake and discharge values, based on monitoring data, and river discharge values during the flood period.

Model flow hydrographs for the Arys and Shayan rivers for the period of 1951-1990, were produced as a result of numerous experiments on the flow model, and estimations of the spring flood volume values.

Flow rows, restored by two or three methods, were subject to statistical analysis. They were examined for homogeneity, independence and presence of trend. It was revealed, that there was no trend in the rows, and all statistical evaluations (except the Fischer criterion) were within the imposed limits with a 5% significance. The values of spring flood volumes of the Arys River during the period of 1966-1985, restored by means of a simplified channel balance equation (Q_b), flow model (Q_m) and linear trend equation (Q_t) were found to be in proximity to each other. Correlation coefficients between Q_b and Q_mr = 0.95 +/- 0.02, and between Q_b and Q_tr = 0.94+/- 0.02. Hence, we may assume that natural flow restoration was made with sufficient reliability, and the flow rows could be used for estimation of the various hydrologic characteristics and water availability forecast.

Assessment of flow changes, caused by human impact, has shown that the highest changes were found in the Arys River flow. According to the data obtained through the flow model, the average decline amounted to 37%. At the same time, water withdrawal during the period of 1951-1964 was substantially lower at only 5%. After the Arys Channel was put into operation, the volume was increased up to 55%. Flow changes assessment through channel balance equation, decline thereof amounted to 38% in average, and for the indicated periods - 8 and 54%, respectively. Measured flow values as compared to the ones calculated by linear trend equation, were on average lower by 40%, and for the periods of 1951-1964 and 1965-1990 by 13 and 56%, respectively.

The restored and measured Shayan river discharge values have good similarity. The average water discharge for the period of 1951-1990, calculated through the flow model was 5.36 m^3/s, linear trend equation, 5.58 m^3/s, and according to the hydrometric monitoring, 5.30 m^3/s, confirming insignificant water management impact on the Shayan River flow.

Anthropogenic changes in the Keles and Bugun' rivers' flow were relatively low. Calculated by two methods, the average decline was 5-6% for the Keles River (20% in dry years, 1-2% in wet years) and 11-15% for the Bugun' River (50% in dry years, 1-2% - in wet years). There were no trends found in these changes.

Taking into consideration the substantial man-made changes in the Arys River flow, a method was developed for the calculation of water intake volumes, depending on the water availability of the year.

Practical Recommendations and Applications

The following recommendations can be made:

- With the current massive consumption of water in the southern regions of Kazakstan, surface water evaluation should begin with the identification of river flow, which is subject to anthropogenic impact, as it was made under the project. This would avoid significant errors

being made during water management planning and forecasting, as well as in the construction design process.

- The restored flow rows could be used in the development of water availability forecast methods, based on regression schemes, where the stationary character of the rows is of fundamental importance.

In general, the results of the study could be used for and by:

- solution of water and water quality management tasks for the establishment of optimal water use and consumption regimes in the basin of right-bank tributaries of the Syr Darya River within the territory of Kazakstan

- planning for the agricultural lands used for grain and technical crops, the dimensions of irrigated areas, and the water use regimes in years with different water availability

- hydrologic and environmental scientific-research institutes, ministries and committees responsible for water quantity and quality monitoring, water allocation and use (i.e. Ministry of Ecology and Bioresources, State Committee for Water Resources, Kazak Hydrometeorological Survey), as well as design institutes, for carrying out engineering and hydrological calculations for construction design of hydroengineering facilities in the area

- implementation of multipurpose optimization model for water allocation in the Aral Sea region (RIMDESS)

Policy Recommendations:

Project results could be used on:

- the national level for substantiation of population numbers and the elaboration of a concept for employment of manpower which is required for the development of industrial capacities of the region

- the regional level for the development of interstate agreements between Kazakstan and Uzbekistan on water sharing in the Syr Darya River basin

Potential Project Impacts and Regional Cooperation

Results of the work were used by KazNIIMOSK for the development of water availability forecast methods for the Arys, Keles, Bugun' and Shayan rivers, and are currently being used by the Kazak Hydromet Survey in their water availability forecasts, both monthly and during flood periods. The introduction of corrections on the anthropogenic impact into the prognostic values, allowed the State Committee for Water Resources to correct water management activity accordingly.

The main conclusions of the research were reported at the Third Joint Conference on hydrologic and hydrogeologic problems of environment protection, named "Water as Critical Resource: Problems of Conservation, Use and Management" (September 22-26, 1996, Tashkent) and were recommended for publication in the Proceedings of the Conference. Practical orientation of the studies and the obtained results could assist water management experts in other countries to take them into consideration and make appropriate adjustments.

The mathematical model for river flow's formation made by KazNIGMI and used for the assessment of the impact of human activity on the water availability in the rivers and flow restoration in natural conditions, is a universal one and could be successfully applied for the same purpose on other water bodies of the Aral Sea basin.

The project is closely linked with ADP on "Probability Forecast for Aral Sea Levels" since data on the flow of the Syr Darya tributaries below the Chardara Reservoir, is used for the forecasts of water inflow to the Aral Sea and the level of its separate parts

Acknowledgements

The authors would like to express their appreciation to:

The United States Agency for International Development for their support in carrying out the research, in particular Nina Kavetskaya, program specialist. They also are thankful to Paul Dreyer, regional director of the Environmental Policy and Technology Project, Dr. Gregory Lassitor, operations coordinator; Barbara Britton, policy advisor; Bryan Bushley and Alexandra Terninko, program specialists; and Timothy Bondelid and Peter Iliev, authors of RIMDESS, for their help with the organization of this project.

A. Shamen, head of Kazgidromet, and P.Zh. Kozhakhmetov, head of Weather Bureau of Kazgidromet, for providing us with the necessary information.

The State Hydrological Institute (Russia, Saint-Petersburg), for its consultations, reports and discussions during the international conference organized by the USAID in 1996, which were important in the work of the project .

About the Authors

Dr. L.K. Nekipelova (Geography) - Applied Demonstration Project leader, main researcher for the project, chief specialist of the State Emergency Committee of the Republic of Kazakstan, author of publications on methods of water regimes elements forecasting and evaluation of economical activity influence on river flow.

Dr. V.V. Golubtsov (Geography) - lead researcher of KazNIIMOSK, co-developer of the model of mountain river flow hydrograph and working-out of evaluation of climate changes influence on water resources of Kazakstan.

Dr. V.I. Li (Engineering) - lead researcher of KazNIIMOSK, co-developer of the model of mountain river flow hydrograph and author of working-out of evaluation of climate changes influence on water resources of Kazakstan.

V.P. Popova - Researcher of KazNIIMOSK, the developer of methods of forecasting of natural and consumer flow of Arys, Keles, Bugun, Shayan.

T.P. Stroeva - researcher of KazNIIMOSK, co-developer the model of mountain river flow.

Проект по природоохранной политике и технологии

Контракт No. CCN – 0003 – Q – 00 – 3165

НОВЫЕ
НЕЗАВИСИМЫЕ ГОСУДАРСТВА

ОТЧЁТ

Оценка воздействия хозяйственной деятельности на сток притоков реки Сырьдарьи (в пределах Казахстана)
Прикладной демонстрационный проект № 4

Л.К. Некипелова– Ноябрь 1996 г.
Delivery Order 08, Task B

Подготовлен для
Миссии в Центральной Азии
Агентство США по международному развитию

Подготовлен:
Региональным офисом в Центральной Азии проекта ППТ,
г. Алматы, Казахстан
Проект по природоохранной политике и технологии
для независимых государств бывшего Советского Союза

11

Содержание

Раздел		Страница
Слова признательности		**iii**
Об авторах		**iii**
Перечень акронимов и сокращений		**iv**
Краткий отчёт		**v**
Полный отчёт		**1–1**
1	**Введение**	**1–1**
	Предыстория	1–1
	Цель проекта	1–3
	Объём работы	1–3
	Методологическая основа проекта	1–3
	Связь с другими проектами	1–5
2	**Результаты и выводы**	**2–1**
3	**Рекомендации**	**3–1**
	Рекомендации по использованию результатов проекта	3–1
	Рекомендации политической направленности	3–2
	Потенциальное влияние проекта и региональное сотрудничество	3–2

Приложения А Список литературы

Список таблиц

Номер		Страница
1	Изменение стока рек, обусловенное хозяйственной деятельностью	2–7

12

Список рисунков

Номер		Страница
1	Схема бассейнов притоков р. Сырдарьи в пределах	1–2
2	Связь интегральных характеристик бытового стока р. Арысь и поступления воды на поверхность бассейна за период весеннего половодья	2–3
3	Связь интегральных характеристик восстановленного стока р. Арысь по данным экспидиционных исследований и поступления воды на поверхность бассейна за период весеннего половодья	2–5
4	Связь относительной величины водозаборов из р. Арысь до ж.–д. ст. Арысь с восстановленным (естественный) стоком за период половодья	2–8

13

Слова признательности

Авторы выражают благодарность:

Агентству США по международному развитию за поддержку выполненных исследований, а также выражают признательность Полу Драйеру — Региональному директору проекта по природоохранной политике и технологии, Нине Кавецкой — Советнику, Грегори Ласситору — Оперативному координатору работ, Барбаре Бриттон — Координатору по вопросам региональной политики, Брайану Бушли и Александре Тернинко — Специалистам программы, Тимоти Бонделиду и Питеру Иллиеву — авторам модели РИМДЕСС за помощь в организационных вопросах в процессе работы над проектом.

Шамену А. — начальнику Казгидромета и Кожахметову П. Ж. — начальнику Бюро Погоды Казгидромета за предоставление необходимой информации.

Государственному Гидрологическому Институту (Россия, Санкт—Петербург) за полученные консультации, а также прослушивание докладов, дискуссий, проходившие на международных семинарах, организованных USAID в течение 1996 года.

Об авторах

Некипелова Л. К. — руководитель проекта, главный специалист Государственного Комитета Республики Казахстан по чрезвычайным ситуациям, кандидат географических наук, автор ряда публикаций по вопросам методов прогноза элементов водного режима и оценки влияния хозяйственной деятельности на сток рек.

Голубцов В. В. — ведущий научный сотрудник КазНИИМОСК, кандидат географических наук, автор модели формирования гидрографа стока горных рек и автор разработок по оценке влияния изменения климата на водные ресурсы Республики Казахстан.

Ли В.И. — ведущий научный сотрудник КазНИИМОСК, кандидат технических наук, автор модели формирования гидрографа стока горных рек и автор разработок по оценке влияния изменения климата на водные ресурсы Республики Казахстан.

Попова В. П. — научный сотрудник КазНИИМОСК, автор методик прогноза естественного и бытового стока рек Арысь, Келес, Бугунь, Шаян.

Строева Т. П. — научный сотрудник КазНИИМОСК, разработчик модели формирования стока горных рек.

Перечень акронимов и сокращений

г.	год
г.	город
га	гектар
гг.	годы
ж.–д. ст.	железнодорожная станция
р.	река
рр.	реки
с.	село
стр.	страница
тыс.	тысяча
хр.	горный хребет

Комводресурсы	Комитет по водным ресурсам
Казгидромет	Главное управление по гидрометеорологии республики Казахстан
КазНИИМОСК	Казахский научно – исследовательский институт мониторинга окружающей среды и климата
РИМДЕСС	Система управления и контроля за речным бассейном для принятия технико – экономических решений
САНИГМИ	Научно – исследовательский гидромелиоративный институт
США	Соединённые Штаты Америки
USAID	Агентство США по международному развитию

15

Краткий отчет

Цель проекта и объём работы

Целью проекта является оценка влияния хозяйственной деятельности на сток притоков р. Сырдарьи в пределах Республики Казахстан и восстановление его естественных значений различными методами.

Результаты и выводы проекта

Выполненная оценка влияния хозяйственной деятельности на сток притоков р.Сырдарьи, в пределах Казахстана, 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%, а в многоводные годы —35%.

- В бассейнах рек Келес и Бугунь резких антропогенных изменений стока за рассматриваемый период не обнаружено, что является следствием одного и того же уровня хозяйственной деятельности.

- В бассейне р. Шаян влияние хозяйственной деятельности не существенно.

- Примененные в процессе исследований три способа оценки антропогенных изменений речного стока (статистический, воднобалансовый и математический) и его восстановление в естественных условиях показали хорошую сходимость, что дает основание положительно оценить полученные результаты и использовать восстановленные ряды для выполнения различных гидрологических расчетов.

- В условиях снижения качества гидрологических наблюдений наиболее приемлемым и перспективным способом восстановления естественного стока рек и оценки влияния хозяйственной деятельности на водные ресурсы следует считать использование математической модели формирования стока рек КазНИГМИ.

Основные притоки р. Сырдарьи — реки Арысь, Келес, Бугунь и Шаян расположены в правобережной части ее бассейна на юго—западном склоне хр. Каратау и западных отрогах Таласского Алатау. Главным источником

16

питания их являются талые снеговые воды. Доля дождевого, подземного и ледникового питания значительно меньше. Большая часть годовой суммы осадков выпадает в зимне — весенний период. Снежный покров бывает неустойчивым и сохраняется, в основном, на склонах северной экспозиции. Основной объем стока рек приходится на период с февраля по май. Главным потребителем водных ресурсов этого региона является сельское хозяйство.

Река Арысь по площади водосбора занимает в исследуемом районе второе место после Сырдарьи, имеет площадь водосбора 14900 км^2 и общее западное направление течения. В пределах бассейна р. Арысь насчитывается до 300 магистральных и внутрихозяйственных каналов. Основная часть потребляемой воды расходуется на регулярное и лиманное орошение. Площадь орошаемых земель составляет около 50 тыс. га, обводняемых —435 тыс. га. В 1965 году начал эксплуатироваться Арысский магистральный канал с пропускной способностью 45 м^3/с.

Бассейн реки Келес до створа Акжар (площадь водосбора 1960 км ^{2}) имеет 80 магистральных каналов. В пределах бассейна р. Бугунь до с. Красный мост (площадь водосбора 2160 км^2) насчитывается 20 магистральных каналов. Площадь орошаемых земель составляет 50 тыс. га, обводняемых —420 тыс. га. В пределах бассейна р. Шаян до гидроствора в 3,3 км ниже устья р. Акбет (площадь водосбора 485 км^2) водохозяйственная деятельность развита слабо, эксплуатируется только один канал.

В условиях Южного Казахстана, для которого характерна засушливость климата и ограниченность водных ресурсов, оценка влияния хозяйственной деятельности на сток рек является чрезвычайно актуальной. Сложность проблемы состоит в том, что в настоящее время большинство рек данного района подвержено интенсивному антропогенному воздействию. Это в значительной степени затрудняет прогнозирование речного стока, а также проектирование гидротехнических сооружений и оросительных систем. Для преодоления этих трудностей необходимо восстановить естественный сток рек с целью его использования для разработки методов гидрологических прогнозов, оценки строительных параметров и более обоснованного планирования и управления водными ресурсами.

Методологическая основа Проекта

В качестве методической основы для оценки влияния хозяйственной деятельности на водность этих рек и восстановления естественного стока использован один из стандартных статистических способов оценки — метод линейного тренда, а также упрощенное уравнение руслового баланса и усовершенствованная концептуальная математическая модель формирования стока горных рек, разработанная в Казахском научно—исследовательском гидрометеорологическом институте (КазНИГМИ ныне КазНИИМОСК) под руководством В. В. Голубцова, которая успешно

17

Расчеты по уравнению линейного тренда показали, что расчетный сток для р. Арысь с 1951 г. уменьшался в среднем на 1,79 $м^3/с$ за год. К 1990 году он понизился на 36,4 $м^3/с$, т. е. на 43% исходного расчетного расхода воды, равного 84,5 $м^3/с$. Для р. Бугунь ежегодное уменьшение стока с 1966 по 1990 гг. составило 0,12$м^3/с$; для р. Шаян за период с 1951 по 1990 гг. — 0,016$м^3/с$; для р. Келес за период с 1960 по 1990 гг. — 0,08 $м^3/с$, что по отношению к исходным расчетным расходам составляет соответственно 14%, 4%, 5%, т. е. в пределах точности измерения расходов воды. Таким образом, оценка влияния хозяйственной деятельности на сток этих рек статистическим методом выявила достаточно значимые изменения только в бытовом стоке р. Арысь. Восстановление стока в естественных условиях по уравнению руслового баланса выполнялось путем суммирования разности между водозаборами и сбросами по данным наблюдений на сети оросительных каналов с величинами расходов воды рек за период половодья .

В результате численных экспериментов с использованием модели формирования стока были получены моделированные гидрографы стока для рек Арысь и Шаян за период 1951—1990 гг., а также рассчитаны значения объемов весеннего половодья.

Восстановленные двумя—тремя способами стоковые ряды в свою очередь подвергались статистической обработке — проверке на однородность, независимость, наличие тренда. Эта оценка показала, что в рассчитанных рядах тренд отсутствует, а все статистики (за исключением критерия Фишера) укладываются в заданные пределы при 5% уровне значимости. Объемы весеннего половодья р. Арысь с 1966 по 1985 гг., восстановленные по упрощенному уравнению руслового баланса (Q_b), модели формирования стока (Q_m) и уравнению линейного тренда (Q_t) близки между собой. Коэффициенты корреляции

между Q_b и Q_m $r = 0.95 \pm 0.02$,
между Q_b и Q_t $r = 0.94 \pm 0.02$.

Это дает основание полагать, что восстановление естественного стока проведено достаточно надежно, а его ряды могут быть использованы для расчета различных гидрологических характеристик и разработке прогнозов водности.

Проведенная оценка изменений стока, обусловленных влиянием хозяйственной деятельности, показала, что большие изменения наблюдаются в стоке р. Арысь. По данным, полученным с использованием модели формирования стока, он уменьшился в среднем на 37%. При этом за период 1951—1964 гг. водозаборы были на порядок ниже и составляли всего 5%. После ввода в эксплуатацию в 1965 г. Арысского канала они возросли до 55%. При проведении оценки изменений стока с использованием уравнения руслового баланса его уменьшение в среднем составило 38%, а за указанные отдельные периоды —соответственно 8 и

18

54%. Величины измеренного стока в сравнении с рассчитанными и по уравнению тренда оказались в среднем меньше на 40%, за периоды 1951 – 1964 гг. и 1965 – 1990 гг. соответственно на 13% и 56%.

Восстановленные и измеренные расходы воды р. Шаян имеют хорошую сходимость, средний расход воды за период 1951 – 1990 гг., рассчитанный по модели формирования стока, составляет 5,36 $м^3/с$, по уравнению тренда – 5,58 $м^3/с$, по гидрометрическим наблюдениям – 5,30 $м^3/с$. Таким образом, подтверждается незначительное влияние на сток р. Шаян хозяйственной деятельности человека.

Антропогенные изменения стока рек Келес и Бугунь сравнительно невелики. Рассчитанные двумя способами для р. Келес они составляют, в среднем 5 – 6%, в маловодные годы – 20%, в многоводные – 1 – 2%, а для р. Бугунь в среднем – 11 – 15%, в маловодные годы – 50%, в многоводные – 1 – 2%. Какой либо тенденции в этих изменениях не обнаружено.

Учитывая значительное изменение стока р. Арысь под влиянием хозяйственной деятельности, разработан способ расчета водозаборов из реки в зависимости от водности года.

Практические рекомендации и их применение

Рекомендации по использованию результатов проекта состоят в следующем.

- В условиях большого современного водопотребления в южных регионах Казахстана оценка ресурсов поверхностных вод состоит, в первую очередь, в уточнении речного стока, подверженного влиянию антропогенных факторов, подобно тому, как это было сделано в рамках данного проекта. Это позволит избежать значительных ошибок при водохозяйственном планировании и прогнозировании, а также строительном проектировании.

- Восстановленные ряды стока могут быть использованы при разработке методов прогноза водности, основанных на регрессионных схемах, где стационарность рядов является основополагающей.

В целом результаты исследований могут быть использованы:

- для решения задач управления водными ресурсами и качеством воды с целью создания оптимального режима водопользования и водопотребления в бассейнах правобережных притоков р. Сырдарьи в пределах Республики Казахстан ;

- для планирования в рассматриваемых бассейнах посевных площадей, занимаемых зерновыми и техническими культурами, размеров орошаемых массивов и режима использования воды в различные по водности годы;

- научно—исследовательскими институтами гидрологического и эколо—гического профиля, министерствами и комитетами, осуществляющими мониторинг водных ресурсов, качества воды, а также ее распределение и использование (Министерство экологии и биоресурсов, Комводресурсы, Казгидромет), проектными институтами, выполняющими инженерно—гидрологические расчеты для строительного проектирования гидротехнических сооружений в пределах рассматриваемых объектов.

- при реализации многоцелевой оптимизированной модели для распределения воды в регионе Аральского моря (РИМДЕСС).

Рекомендации политической направленности

Результаты Проекта могут быть использованы:

- на республиканском уровне результаты проекта могут быть учтены при обосновании численности населения и разработке концепции использования трудовых ресурсов, необходимых для развития производительных сил региона.

- на региональном уровне — при разработке межгосударственных соглашений о вододелении в бассейне р. Сырдарьи между Казахстаном и Узбекистаном.

Потенциальное влияние проекта и региональное сотрудничество

Результаты выполненной работы использованы КазНИИМОСК при разработке методов прогноза водности рек Арысь, Келес, Бугунь, Шаян и в настоящее время используются Казгидрометом в оперативной практике при выпуске прогнозов водности за период половодья и месяцев внутри него. При этом внесение поправок в прогностические величины на хозяйственную деятельность позволяет Комводресурсам вносить соответствующие коррективы в управлении водными ресурсами. Основные выводы научных исследований доложены на третьей совместной Конференции по гидрологическим и гидрогеологическим проблемам охраны

20

окружающей среды "Вода критический ресурс: проблема сохранения, использования и управления" (22—26 сентября 1996 года г. Ташкент) и рекомендованы к опубликованию в сборнике трудов Конференции. Практическая направленность исследований и полученные результаты помогут специалистам в области управления водными ресурсами других государств учитывать их и вносить соответствующие коррективы.

Математическая модель формирования стока рек КАЗНИГМИ, использованная для оценки влияния хозяйственной деятельности на водность рек и восстановления стока в естественных условиях, является универсальной и может быть с успехом применена в тех же целях для других водных объектов бассейна Аральского моря.

Выполненный проект имеет тесную связь с Прикладным демонстрационным проектом "Вероятностный прогноз уровня Аральского моря и его частей", так как сведения о стоке притоков р. Сырдарьи ниже Чардарьинского водохранилища используются в схеме прогноза притока воды к Аральскому морю и уровня отдельных его частей.

21

ПОЛНЫЙ ОТЧЁТ

22

Раздел 1
Введение

1.1 Предыстория

Основные притоки р. Сырдарьи —реки Арысь, Келес, Бугунь и Шаян расположены в правобережной части ее бассейна и стекают с юго—западного склона хр. Каратау и западных отрогов Таласского Алатау (рис. 1). Главным источником их 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 бывает неустойчивым и сохраняется, в основном, на склонах северной экспозиции. Основной объем стока рек приходится на период февраль—май. Главным потребителем водных ресурсов этого региона является сельское хозяйство.

Река Арысь по площади водосбора (14900 км2) занимает в исследуемом районе второе место после р. Сырдарьи и имеет общее западное направление течения. В пределах бассейна р. Арысь насчитывается до 300 магистральных и внутрихозяйственных каналов. Основная часть потребляемой воды расходуется на регулярное и лиманное орошение. Площадь орошаемых земель составляет около 50 тыс. га, а обводняемых 435 тыс.га. В 1965 году начал эксплуатироваться Арысский магистральный канал с пропускной способностью 45 $м^3/с$.

Бассейн реки Келес до створа Акжар (площадь водосбора 1960 $км^2$) имеет 80 магистральных каналов. В пределах бассейна р. Бугунь до с. Красный мост (площадь водосбора 2160 $км^2$) насчитывается 20 магистральных каналов. Площадь орошаемых земель составляет 50 тыс.га, обводняемых—420 тыс.га. В пределах р. Шаян до гидроствора, расположенного в 3,3 км ниже устья р. Акбет (площадь водосбора 485 $км^2$), водохозяйственная деятельность развита слабо, эксплуатируется только один канал.

В условиях Южного Казахстана, для которого характерна засушливость климата и ограниченность водных ресурсов, оценка влияния хозяйственной деятельности на сток рек является чрезвычайно актуальной. Сложность проблемы состоит в том, что в настоящее время большинство рек данного района подвержено интенсивному антропогенному воздействию. Это в значительной степени затрудняет прогнозирование речного стока, а также проектирование гидротехнических сооружений и оросительных систем. Для преодоления этих трудностей необходимо восстановить естественный сток рек с целью его использования для разработки методов гидрологических прогнозов, оценки строительных параметров и более обоснованного планирования и управления водными ресурсами.

СХЕМА БАССЕЙНОВ ПРИТОКОВ Р.СЫРДАРЬИ
В ПРЕДЕЛАХ КАЗАХСТАНА

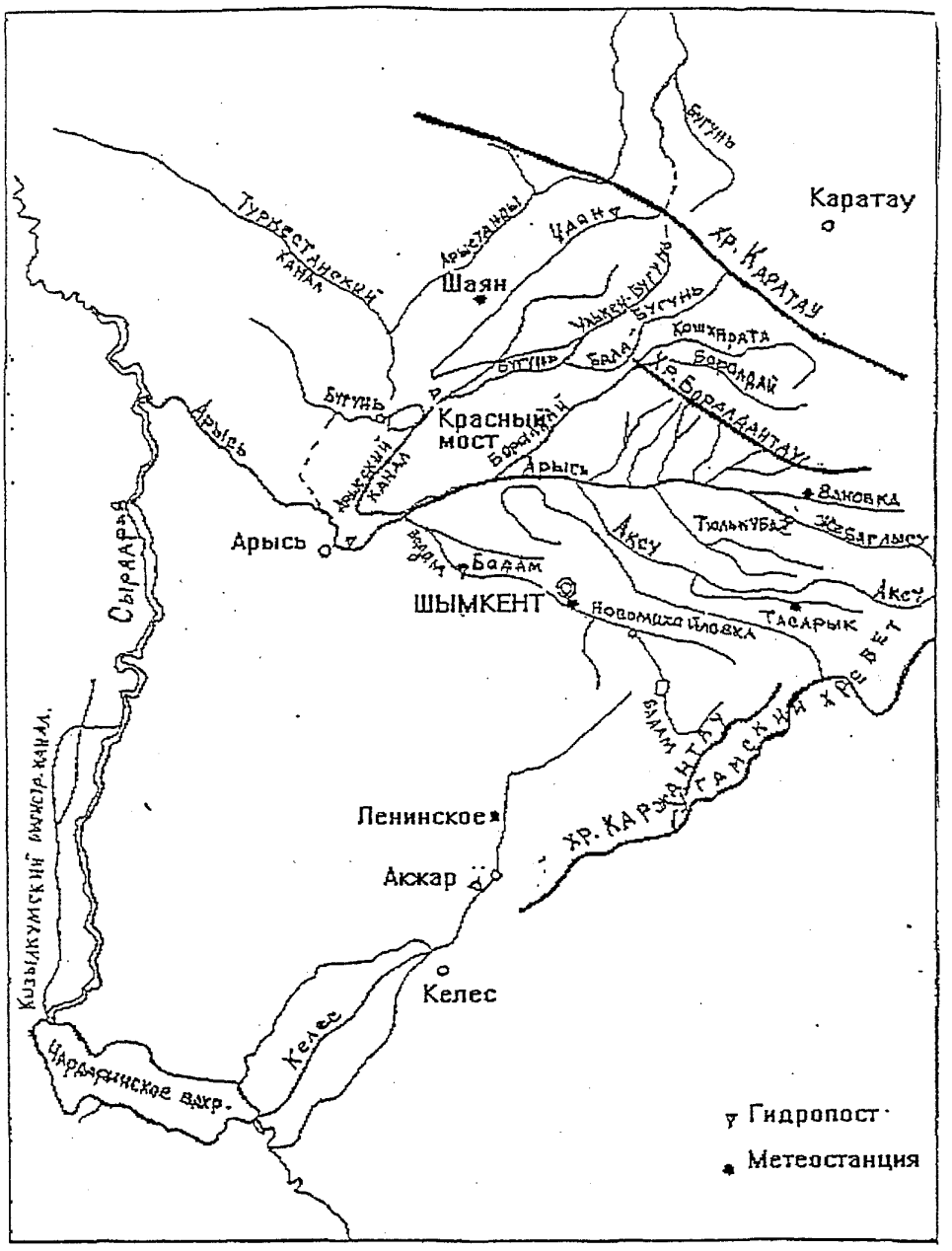

Рис. 1

24

1.2 Цель Проекта

Целью проекта является оценка влияния хозяйственной деятельности на сток притоков р. Сырдарья в пределах Республики Казахстан и восстановление их естественного стока различными методами.

1.3 Объём работы

Проект выполнялся с апреля 1996 г. по ноябрь 1996 г. в лаборатории гидрологии КазНИИМОСК.

В процессе выполнения первого этапа исследований была проведена подготовка исходной гидрометеорологической информации по основным притокам р. Сырдарья в пределах Казахстана: рр. Арысь, Келес, Бугунь и Шаян, изучен уровень хозяйственной деятельности в их бассейнах, выявлено начало существенных изменений в стоке исследуемых рек. Создан пакет программ под управлением MS DOS в программой среде FOX. Base, включающий в себя непосредственно файл базы данных и ряд командных файлов, осуществляющих статистическую обработку гидрологических рядов наблюдений. Проведены статистические испытания рядов наблюдений за стоком на однородность, независимость, наличие тренда. Определена статистическая значимость влияния хозяйственной деятельности.

В течение второго этапа осуществлялось моделирование поступления воды на поверхность бассейнов исследуемых рек, а также стока рек Арысь и Шаян с использованием модели формирования гидрографа стока горных рек. Проведен совместный анализ моделированных значений поступления воды на поверхность речных бассейнов и измеренного стока путем построения двойных интегральных кривых.

Во время выполнения третьего этапа проведен сбор и анализ данных о водозаборах в бассейнах притоков р. Сырдарья. Восстановлен естественный сток по упрощенному уравнению руслового баланса, уравнению тренда для всех исследуемых рек и модели формирования стока на примере рр. Арысь и Шаян. Произведена количественная оценка влияния хозяйственной деятельности на сток этих рек.

1.4 Методологическая основа Проекта

В качестве методической основы для оценки влияния хозяйственной деятельности на водность исследуемых рек и восстановления естественного стока использованы три принципиально различных метода:

- стандартный статистический метод — метод извлечения линейного тренда [8];

- упрощенное уравнение руслового баланса [9];

- усовершенствованная концептуальная математическая модель формирования стока горных рек, разработанная в Казахском научно—исследовательском гидрометеорологическом институте (КазНИГМИ, ныне КазНИИМОСК) под руководством В. Голубцова [4], которая успешно адаптирована для ряда горных рек Казахстана. Она также использовалась для оценки уязвимости водных ресурсов при антропогенном изменении климата, осуществлявшейся в рамках Казахстано—Американского проекта "Country Studies"[5] .

Статистический метод основан на уравнении линейного тренда

$$Q_t = Q + \alpha_t(t - t_s), \qquad (1)$$

где Q_t — сток в момент времени t, Q — средний сток за рассматриваемый период наблюдений, t_s — момент времени, соответствующий среднему стоку Q, α_t — угловой коэффициент, отражающий наклон линии тренда, который рассчитывается методом наименьших квадратов.

При этом естественный (восстановленный) сток рассчитывается по уравнению:

$$Q_v = Q_n + (Q_b - Q_t), \qquad (2)$$

где Q_n — начальное значение стока в уравнении 1, Q_b и Q_t — соответственно бытовой (измеренный) и рассчитанный сток за каждый год по уравнению 1.

Воднобалансовый метод основан на учете непосредственных водозаборов и сбросов и на изучении процессов на участках водосборов, где происходят антропогенные изменения составляющих водного баланса. При этом количественно роль хозяйственной деятельности оценивается по разности элементов водного баланса рассматриваемых участков в естественных условиях и при антропогенном воздействии. В связи с большой трудоемкостью и, зачастую, низкой точностью расчетов отдельных элементов водного баланса на практике чаще всего используют упрощенное уравнение руслового баланса, где расчетными характеристиками являются только расходы воды в русле, ирригационной и коллекторно—дренажных сетях.

Модель формирования стока КазНИГМИ позволяет рассчитывать поступление воды на поверхность водосбора, объемы стока за различные календарные периоды (декады, месяцы, год) и гидрограф стока в

замыкающем створе бассейна. Основными входными данными для моделирования гидрографа стока являются суточные суммы осадков и средние суточные температуры воздуха, полученные в результате наблюдений на метеорологических станциях, расположенных в пределах бассейна или вблизи от него.

В модели КазНИГМИ речной бассейн представлен в виде трех последовательно соединенных регулирующих ёмкостей, расположенных одна над другой и отождествляемых с поверхностным, почвенно—грунтовым и грунтовым стокообразованием, а также ёмкости, характеризующей стокообразование в пределах гидрографической сети. Модель включает описание отдельных элементарных воднобалансовых процессов формирования снегозапасов и поступления воды на поверхность бассейна, изменения влагозапасов, промерзания и оттаивания почвогрунтов, суммарного испарения, поверхностного, почвенно—грунтового и грунтового стокообразования, формирования притока к русловой сети и гидрографа стока в замыкающем створе), т.е. состоит из нескольких частных моделей. В её основу положены принципы, изложенные в работах: А. Н. Важнова [2], В. Д. Комарова [7], Ю. М. Денисова [1], Ю. Б. Виноградова [3].

Особенностью модели КазНИГМИ является то, что она позволяет даже при наличии ограниченной исходной информации моделировать сток с каждой высотной зоны, в том числе с различных ландшафтных частей бассейна и склонов различной экспозиции. Параметры модели принимаются изменяющимися в зависимости от высоты местности , уклона и экспозиции горных склонов, характера подстилающей поверхности (открытой, залесенной, ледниковой и т.д.).

При адаптации модели формирования стока к условиям рассматриваемых бассейнов оценивались параметры описания элементарных процессов промерзания и оттаивания почвогрунтов, формирования снегозапасов, градиентов осадков и температур воздуха в зависимости от высоты местности, их динамики внутри года, а также определялись гидрографические и гипсографические характеристики бассейнов с учетом экспозиции склонов, поскольку снегонакопление в условиях Южного Казахстана существенно отличается на склонах разных экспозиций.

1.5 Связь с другими проектами

Выполненный проект имеет тесную связь с Прикладным демонстрационным проектом "Вероятностный прогноз уровня Аральского моря и его частей", так как сведения о стоке притоков р. Сырдарьи, ниже Чардарьинского водохранилища, используются в схеме прогноза притока воды к Аральскому морю и уровня отдельных его частей. Результаты исследований могут быть использованы при реализации многоцелевой оптимизированной модели для распределения воды в регионе Аральского моря (РИМДЕСС).

Раздел 2
Результаты и выводы

Выполненные исследования позволили осуществить восстановление естественного стока рек Арысь, Келес, Бугунь и Шаян. Для решения этой задачи были использованы три принципиально различных способа:

- статистический метод, основанный на определении стока по уравнению линейного тренда;
- по упрощенному уравнению руслового баланса;
- метод моделирования стока по известным значениям температуры воздуха и осадков.

Начало существенных изменений в стоке исследуемых рек было установлено путем построения интегральных кривых вида [6]

$$\Sigma(Q) = \varphi\ (\Sigma П), \qquad (3)$$

$$\Sigma(Q) = \varphi\ (t), \qquad (4)$$

где $\Sigma(Q)$ нарастающая сумма значений стока от начала наблюдений, $\Sigma П$ — нарастающая сумма моделированных значений поступления воды на поверхность бассейна, t — момент времени.

Статистическая значимость влияния хозяйственной деятельности на сток определялась по результатам исследования его рядов наблюдений на наличие тренда и однородность. Для оценки однородности использованы критерии Вилкоксона, Фишера, Стьюдента, а также Z (критерий). Независимость (случайность) исходных совокупностей определялась путем расчета коэффициента автокорреляции и критерия Неймана.

Из проведенной оценки следует, что по всем критериям для р. Арысь гипотезы об однородности и независимости данных в измеренном (бытовом) стоке отвергаются. Причем значительное нарушение синхронности колебания поступления воды на поверхность водосбора и стока р. Арысь, выявленное по интегральной кривой (рис. 2), отмечается с 1965 г. Причиной его является ввод в эксплуатацию Арысского канала.

В стоке р. Шаян тренд отсутствует, практически по всем критериям гипотеза однородности принимается, иными словами, хозяйственная деятельность не оказывает существенного влияния на водность реки.

Интегральные кривые, построенные для рек Келес, Бугунь, не позволили определить период с резким нарушением стока, несмотря на то, что забор

воды из этих водотоков имеет место с давних пор. Аналогичные испытания стоковых рядов за период наблюдений выявили их однородность и отсутствие трендов. Таким образом, можно сделать вывод о том, что антропогенная нагрузка на сток рек Келес и Бугунь носит постоянный характер, без резких изменений за время регулярных наблюдений за стоком. Двойные интегральные кривые поступления воды на поверхность водосборов р. Келес до аула Акжар и Бугунь до с. Красный Мост, рассчитанного по модели формирования стока и бытового стока, подтверждают эти выводы.

Как указывалось выше, для восстановления естественного стока рек использовались три принципиально различных метода:

- статистический, по уравнению линейного тренда (для рек Арысь, Келес, Бугунь, Шаян);
- по упрощенному уравнению руслового баланса (для рек Арысь, Келес, Бугунь);
- путем моделирования, осуществленного на примере р. Арысь, являющейся самым многоводным притоком р. Сырдарьи в пределах Казахстана, и р. Шаян, сток которой, по предварительной оценке, не имеет существенного антропогенного влияния.

Расчеты по уравнению линейного тренда показали, что расчетный сток для р. Арысь с 1951 г. уменьшался в среднем на 1,79 $м^3/с$ за год, к 1990 году он понизился на 36,4 $м^3/с$, т.е. на 43% исходного расчетного расхода воды, равного 84,5 $м^3/с$. Для р. Бугунь ежегодное уменьшение стока с 1966 по 1990 гг. составило 0,12 $м^3/с$, для р. Шаян за период с 1951 по 1990 гг. −0,016 $м^3/с$, для р. Келес за период с 1960 по 1990 гг. −0,08 $м^3/с$, что по отношению к исходным расчетным расходам составляет соответственно 14%, 4%, 5%, это находится в пределах точности измерения расходов воды. Таким образом, оценка влияния хозяйственной деятельности на сток этих рек статистическим методом выявила достаточно значимые изменения только в бытовом стоке р. Арысь.

Восстановление стока в естественных условиях по уравнению руслового баланса выполнялось путем суммирования разности между водозаборами и сбросами по данным наблюдений на сети оросительных каналов с величинами наблюденных расходов воды за период половодья для р. Арысь у ж.−д.ст. Арысь, р. Келес у аула Акжар, р. Бугунь у с. Красный Мост.

При расчетах по модели формирования стока в качестве входных характеристик использованы наблюденные значения среднесуточных температур воздуха и суточных сумм осадков по метеорологическим станциям Шымкент, Тюлькубас, Тасарык и Шаян (рис. 1). В результате численных экспериментов получены моделированные гидрографы стока, а

Связь интегральных характеристик бытового стока р. Арысь и поступления воды на поверхность бассейна за период весеннего половодья

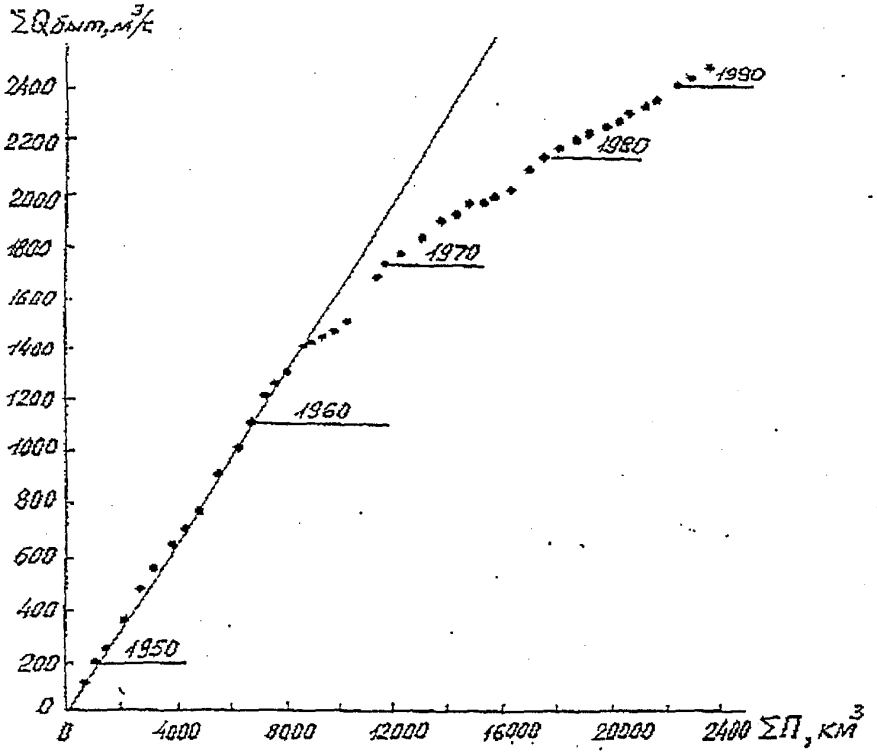

Рис. 2

30

также рассчитаны значения объемов весеннего половодья для рек Арысь и Шаян за период 1951 – 1990 гг.

Восстановленные двумя – тремя способами стоковые ряды, в свою очередь, подвергались статистической обработке – проверке на однородность, независимость, наличие тренда. Эта оценка показала, что в рассчитанных рядах тренд отсутствует, а все статистики (за исключением критерия Фишера) укладываются в заданные пределы при 5% уровне значимости. Подтверждением однородности восстановленных рядов стока служат также графики интегральных кривых вида 3. В качестве примера приведен график связи интегральных характеристик восстановленного стока р. Арысь и поступления воды на поверхность ее водосбора (рис. 3), где наблюдается пропорциональность в изменении этих характеристик. Объемы весеннего половодья р. Арысь с 1966 по 1985 гг., восстановленные по упрощенному уравнению руслового баланса (Q_b), модели формирования стока (Q_m) и уравнению линейного тренда (Q_t) близки между собой. Коэффициенты корреляции между Q_b и Q_m r = 0.95± 0.02, между Q_b и Q_t r = 0.94 ± 0.02. Это дает основание полагать, что восстановление естественного стока проведено достаточно надежно, в связи с чем полученные его ряды могут использоваться при расчетах различных гидрологических характеристик, а также разработке методов прогнозов водности.

Проведенная оценка изменений стока, обусловленных влиянием хозяйственной деятельности, показала, что большие изменения наблюдаются в стоке р. Арысь (таблица 1). По данным, полученным с использованием модели формирования стока, он уменьшился в среднем на 37%. При этом за период 1951 – 1964 гг. водозаборы были на порядок ниже и составляли 5%. После ввода в эксплуатацию Арысского канала в (1965 г.) они возросли до 55%. При оценке изменений стока с использованием уравнения руслового баланса уменьшение его в среднем составило 38%, а за указанные отдельные периоды – соответственно 8% и 54%. Величины измеренного стока в сравнении с рассчитанным по уравнению тренда в среднем меньше на 40 %, за периоды 1951 – 1964 гг., 1965 – 1990 гг. – на 13 % и 56%.

Восстановленные и измеренные расходы воды р. Шаян имеют хорошую сходимость, средний расход воды за период 1951 – 1990 гг., рассчитанный по модели формирования стока, составляет 5,36 $м^3/с$, по уравнению тренда 5,58$м^3/с$, по гидрометрическим наблюдениям – 5,30 $м^3/с$. Таким образом, подтверждается незначительное влияние деятельности человека на сток р. Шаян.

Связь интегральных характеристик восстановленного стока р. Арысь по данным экспедиционных исследований и поступления воды на поверхность бассейна за период весеннего половодья

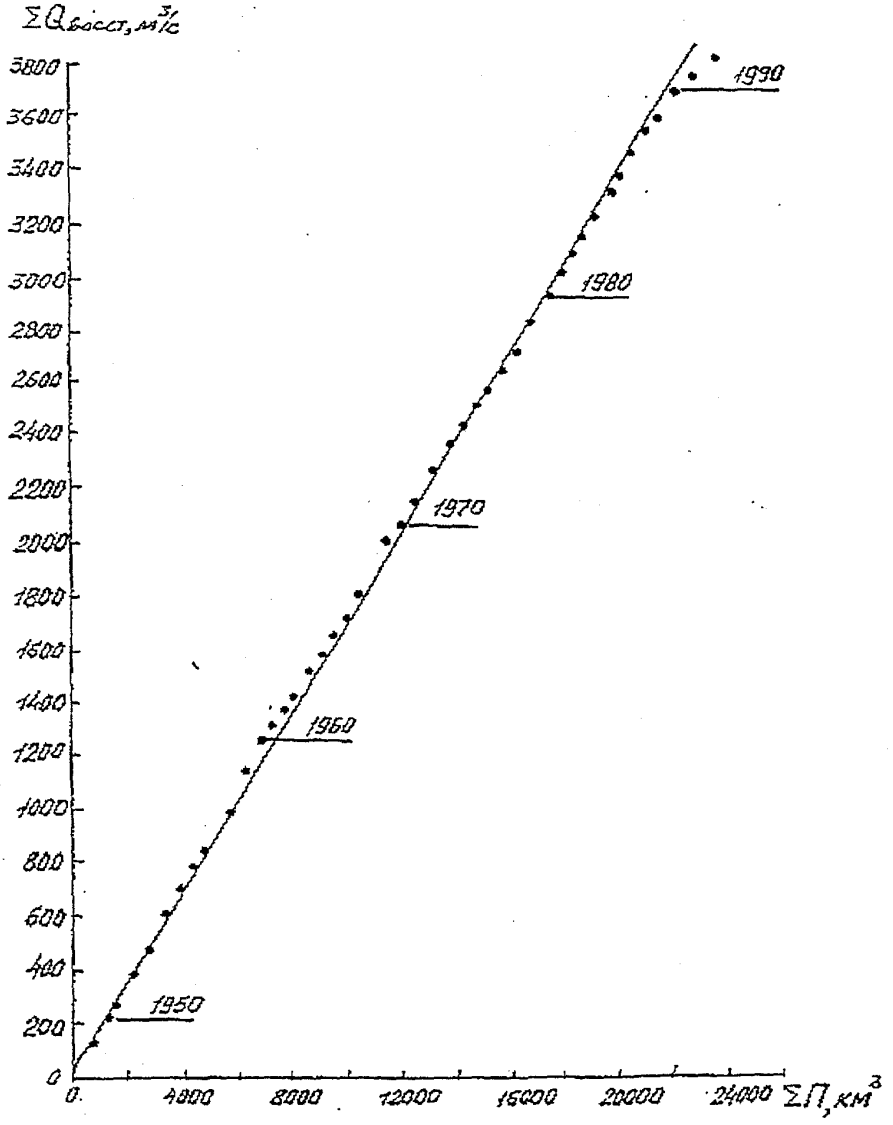

Рис. 3

32

Таблица 1

Изменение стока рек, обусловленное хозяйственной деятельностью

Характеристика стока	Река – пункт			
	Арысь – ж.–д.ст. Арысь	Келес – аул Акжар	Бугунь – с. Красный Мост	Шаян – в 3,3 км ниже устья р. Акбет
Расчетный период	1951 – 1990	1960 – 1990	1966 – 1990	1951 – 1990
Бытовой сток, $м^3/с$	55,3	9,65	9,23	5,30
Естественный сток:				
а) по тренду $м^3/с$	91,7	9,19	10,8	5,58
б) по русловому				
балансу, $м^3/с$	88,9	10,2	10,4	
в) по модели				
КазНИГМИ, $м^3/с$	87,4			5,36
Изменение стока:				
а) по тренду $м^3/с$	36,4	–0,46	1,57	0,28
То же, %	40	5	14	5
б) по русловому				
балансу, $м^3/с$	33,6	0,58	1,11	
То же, %	38	6	11	
в) по модели				
КазНИГМИ, $м^3/с$	32,1			0,06
То же, %	37			1

Антропогенные изменения стока рек Келес и Бугунь сравнительно невелики. Рассчитанные двумя способами для р. Келес они составляют, в среднем 5–6%, в маловодные годы –20%, в многоводные –1–2%, для р. Бугунь в среднем –11–14 %, в маловодные годы – 50%, в многоводные – 1–2%. Каких–либо тенденций в этих изменениях не обнаружено.

Учитывая значительное изменение стока р. Арысь под влиянием хозяйственной деятельности, разработан способ расчета водозаборов из реки в зависимости от водности года. График, приведенный на рис. 4, позволяет определять относительную величину водозабора в зависимости от расчетных или прогностических величин расходов воды в каждом конкретном году.

Выполненная оценка влияния хозяйственной деятельности на сток притоков р. Сырдарьи, в пределах Казахстана, позволяет сделать следующие выводы:

- наибольшее антропогенное уменьшение стока по сравнению с естественными условиями произошло на р. Арысь после ввода

Связь относительной величины водозаборов из р.Арысь до ж.-д. ст.Арысь с восстановленным (естественный) стоком за период половодья

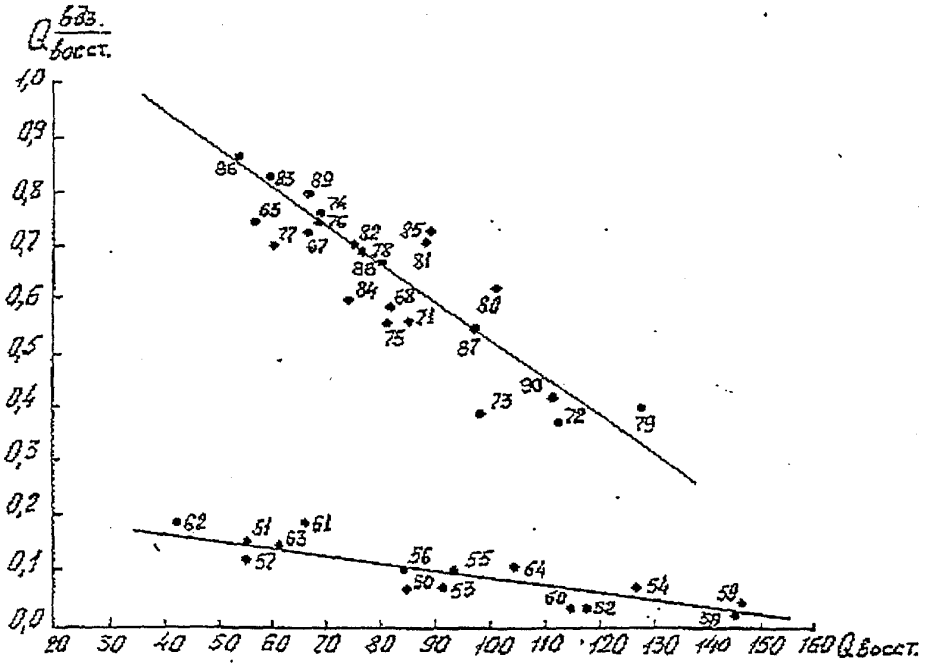

Рис. 4

34

в действие Арысского канала и составило в среднем 55%, в маловодные годы — 80%, в многоводные годы — 35%;

- в бассейнах рек Келес и Бугунь резких антропогенных изменений стока за рассматриваемый период не наблюдалось, что является следствием одного и того же уровня хозяйственной деятельности;

- в бассейне р. Шаян влияние хозяйственной деятельности не существенно;

- примененные в процессе исследований три способа оценки антропогенных изменений речного стока и его восстановление в естественных условиях (статистический, воднобалансовый, математического моделирования) показали хорошую сходимость, что дает основание положительно оценить полученные результаты и использовать восстановленные ряды для выполнения различных гидрологических расчетов;

- в условиях снижения качества гидрологических наблюдений, происходящего в настоящее время, наиболее приемлемым и перспективным способом восстановления естественного стока рек и оценки влияния хозяйственной деятельности на водные ресурсы следует считать использование математической модели формирования стока рек КазНИГМИ.

Раздел 3
Рекомендации

3.1 Рекомендации по использованию результатов проекта

Рекомендации по использованию результатов проекта состоят в следующем.

1. В современных условиях большого водопотребления в южных регионах Казахстана оценка ресурсов поверхностных вод состоит, в первую очередь, в уточнении речного стока, подверженного влиянию антропогенных факторов, подобно тому, как это было сделано в рамках данного проекта. Это позволит избежать значительных ошибок при водохозяйственном планировании и прогнозировании, а также строительном проектировании.

2. Восстановленные ряды стока могут быть использованы при разработке методов прогноза водности, основанных на регрессионных схемах, где стационарность рядов является основополагающей.

В целом результаты исследований могут быть использованы:

- для решения задач управления водными ресурсами и качеством воды с целью создания оптимального режима водопользования и водопотребления в бассейнах правобережных притоков Сырдарьи в пределах Республики Казахстан;

- для планирования в рассматриваемых бассейнах посевных площадей, занимаемых зерновыми и техничкскими культурами, размеров орошаемых массивов и режима использования воды в различные по водности годы;

- научно – исследовательскими институтами гидрологического и экологического профиля, министерствами и комитетами, осуществляющими мониторинг водных ресурсов, качества воды, а также ее распределение и использование (Министерство экологии и биоресурсов, Комводресурсы, Казгидромет) проектными институтами, выполняющими инженерно – гидрологические расчеты для строительного проектирования гидротехнических сооружений в пределах рассматриваемых объектов.

36

3.2 Рекомендации политической направленности

Результаты проекта могут быть использованы:

- на республиканском уровне результаты проекта могут быть учтены при обосновании численности населения и разработке концепции использования трудовых ресурсов, необходимых для развития производительных сил региона;

- на региональном уровне — при разработке межгосударственных соглашений о вододелении в бассейне р.Сырдарьи между Казахстаном и Узбекистаном.

3.3 Потенциальное влияние проекта и региональное сотрудничество

Результаты выполненной работы использованы КазНИИМОСК при разработке методов прогноза водности рек Арысь, Келес, Бугунь, Шаян и в настоящее время используются Казгидрометом в оперативной практике при выпуске прогнозов водности за период половодья и месяцев внутри него. При этом внесение поправок в прогностические величины на хозяйственную деятельность позволяет Комводресурсам вносить соответствующие коррективы в управление водными ресурсами.

Основные выводы научных исследований доложены на третьей совместной Конференции по гидрологическим и гидрогеологическим проблемам охраны окружающей среды "Вода критический ресурс: проблема сохранения, использования и управления" (22—26 сентября 1996 года г. Ташкент) и рекомендованы к опубликованию в сборнике трудов Конференции. Практическая направленность исследований и полученные результаты помогут специалистам в области управления водными ресурсами других государств учитывать их и вносить соответствующие коррективы.

Математическая модель формирования стока рек КАЗНИГМИ, использованная для оценки влияния хозяйственной деятельности на водность рек и восстановления стока в естественных условиях, является универсальной и может быть с успехом применена в тех же целях для других водных объектов бассейна Аральского моря.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение А
Список литературы

1. **Боровикова Л. Н., Денисов Ю. М.**
Модель поступления воды на поверхность горного бассейна и некоторые результаты ее проверки на бассейнах рек Западного Тянь – Шаня.
Труды САНИГМИ (1970). Вып. 52(67). Стр. 3 – 20.

2. **Важнов А. Н.**
Анализ и прогноз стока рек Кавказа.
Москва: Гидрометеоиздат (1966). Стр. 274.

3. **Виноградов Ю. Б.**
Вопросы гидрологии дождевых паводков на малых водосборах Средней Азии и Южного Казахстана.
Ленинград: Гидрометеоиздат (1967). Труды КазНИГМИ.
Вып. 28. Стр. 262.

4. **Голубцов В. В., Ли В. И., Строева Т.П.**
Математическое моделирование процессов формирования стока рек в условиях ограниченной информации.
Труды 5 – го Всесоюзного гидрологического съезда (1989).
Том 6. С. 374 – 382.

5. **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, in Adapting to Climate Change. Assessments and Issues: an International Perspective, Springer – Verlage (1996). New York: 225 – 231.

6. **Голубцов В. В., Некипелова Л. К.**
О необходимости оценки и учета влияния хозяйственной деятельности при разработке методов прогноза стока рек .
Труды КазНИИМОСК (1997, 1987). Стр. 12 – 18.

7. **Комаров В. Д.**
Весенний сток равнинных рек Европейской части СССР, условия его формирования и методы прогноза.
Ленинград: Гидрометеоиздат (1969). Стр. 295.

8. Международное руководство по методам расчета основных гидрологических характеристик.
Ленинград: Гидрометеоиздат (1984). Стр. 247.

9. **Шикломанов И. А.**
Влияние хозяйственной деятельности на речной сток.
Ленинград: Гидрометеоиздат (1989). Стр. 333 .