

УДК 556

Канд. тех. Наук

Н.Т. Серикбай<sup>1</sup>К.К. Дускаев<sup>1</sup>С.Т. Ахметова<sup>1</sup>М. Оспанова<sup>1</sup>

## ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК МИНИМАЛЬНОГО СТОКА В БАСЕЙНЕ РЕКИ ЕСИЛЬ

**Ключевые слова:** годовой сток, годовой минимальный сток, коэффициент вариации, коэффициент асимметрии, коэффициент корреляции, слой стока, кривая обеспеченности

*В статье представлены результаты расчета основных характеристик рек бассейна р. Есиль с учетом восстановленных величин и использованием кадастровых материалов по 2016 г. включительно.*

*По результатам исследований выявлена территориальная согласованность многолетнего хода минимального среднемесячного летне-осеннего стока рек бассейна р.Есиль, получены уточненные и новые данные о его параметрах.*

*Выявлено, что среднее многолетнее значение летне-осенних минимальных среднемесячных расходов воды за период с нарушенным стоком по сравнению с нормой за условно-естественный период в створе р. Есиль – г. Астана увеличилось в 3,3 раза, а на отдельных постах (Каменный Карьер, г. Петропавловск) уменьшилось в 1,6 и 1,2 раза соответственно.*

**Введение.** На территории Казахстана насчитывается более 85 тыс. рек, временных водотоков и логов, по которым осуществляется поверхностный сток воды, в том числе 228 рек длиной более 100 км и 6 – более 1000 км. Густота речной сети на территории республики в бассейнах пустынных и равнинных зон колеблется от 0 до 0,05 км/км<sup>2</sup>, в горных районах до 0,4 км/км<sup>2</sup> и более; средний показатель по республике равен 0,08 км/км<sup>2</sup>, что меньше чем в среднем по СНГ [4].

Как показывают исследования П.Ф. Лаврентьева [9], суммарные ресурсы поверхностных вод Казахстана в 60-70 годы прошлого столетия со-

<sup>1</sup> КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

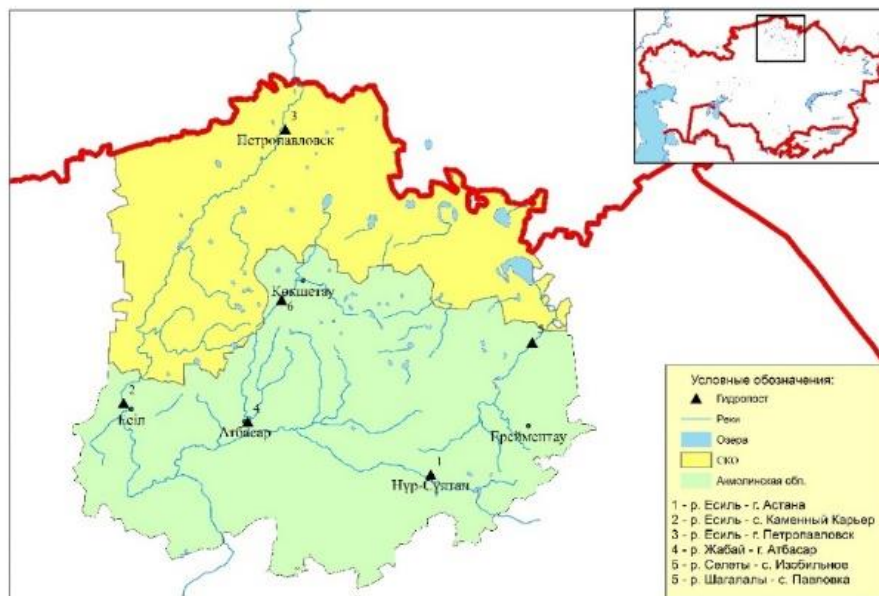
ставляли 115,33 км<sup>3</sup>/год, из которых лишь 60,37 км<sup>3</sup> или 52,3 %, формировались в пределах республики, а 47,7% поступали с сопредельных территорий; из КНР (рр . Ертис, Иле) – 34,8% , из Узбекистана (р. Сырдария) – 39,70 %; из России (р. Жайык) –19,30 % ; из Кыргызстана (рр. Шу, Талас, Аса) – 6,20%. Средняя водообеспеченность территории за счет стока, формирующегося в его пределах, составляла 22,2 тыс.м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup> в средний по водности год. То есть, водообеспеченность Казахстана за счет собственных ресурсов является самой низкой, после Туркменистана, по этому показателю среди республик постсоветского пространства, а с учетом транзитного стока объемом 42,5 тыс.м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup> занимает последнее место среди них. Крайне неравномерное распределение водных ресурсов обуславливает и неравномерную водообеспеченность различных районов.

**Объект исследования.** Рассматриваемая территория занимает западную окраину Казахского мелкосопочника, являющегося остатком древней горной страны, выровненной процессами денудации и выветривания и в значительной мере погребенной под рыхлыми продуктами разрушения коренных пород. Река Есиль отличается исключительно малой водностью (ее сток составляет всего 0,5% стока р. Оби). Она занимает 13-е место среди рек СНГ по длине и 38-е место по размерам площади водосбора [8].

**Исходные данные и методы исследования.** Водохранилища, регулирующие естественный водный режим, привели к изменению характеристик минимального стока. Для оценки расчётных величин минимального стока в современных условиях выполнен анализ гидрологических материалов и рядов наблюдений за расходами воды в пунктах гидрологической сети Казгидромета. В качестве характеристик минимального стока рассматривались средние месячные минимальные летне-осенние расходы воды в пунктах на реках бассейна р. Есиль, имеющих наиболее длительные периоды наблюдений: р. Есиль – г. Астана (1933...2016 гг.), р. Есиль – с. Каменный Карьер (1947...2016 гг.), р. Есиль – г. Петропавловск (1893...2016 гг.), р. Жабай – г. Атбасар (1936...2016 гг.), р. Селети – с. Изобильное (1957...2016 гг.), р. Шагалалы – с. Павловка (1940...2016 гг.). Схема расположения расчётных створов на реке приведена на рис. 1.

Минимальный сток рек является одной из важнейших гидрологических характеристик, которая имеет большое значение при исследованиях источников питания, внутригодового распределения стока рек и др. Данные о минимальном стоке, как лимитирующем факторе, имеют практическое

применение при проектировании питьевого, хозяйственно-бытового и промышленного водоснабжения, ГЭС, развитии орошения и т.д. Усиление антропогенной нагрузки на реки требует надежных данных о минимальном стоке рек.



*Рис. 1 Схема расположения пунктов гидрологических наблюдений за стоком в бассейне р. Есиль.*

Под минимальным стоком понимают наименьший сток рек, наблюдающийся в межень, когда реки переходят на грунтовое питание. В этот период может быть также незначительный поверхностный сток.

Особенности формирования меженного стока отдельных районов рассматриваемой территории обусловлены значительным разнообразием, как климатических, так и гидрогеологических условий водосборов. Главным фактором, определяющим величины меженного стока, является степень увлажнения территории водосборов [6].

На рассматриваемой территории при сравнительно одинаковых климатических условиях величина минимального стока зависит от местных физико-географических особенностей территории: рельефа, геологического строения бассейна, глубины врезанности русла и инфильтрационных свойств почво-грунтов.

Меженный период на р. Есиль длится в среднем девять месяцев (с июля по март). В летний период минимальные расходы воды наблюдаются

в июле-августе, а в зимний период – январе-марте. Наименьшие из минимальных расходов приходится на зимнюю межень. В конце шестидесятых годов естественный гидрологический режим р. Есиль был нарушен водохранилищами, осуществляющими многолетнее регулирование стока (Астанинское с полезной емкостью 378 млн.м<sup>3</sup> и Сергеевское с полезной емкостью 635 млн.м<sup>3</sup>). После строительства Астанинского и Сергеевского водохранилищ минимальные расходы воды возросли, главным образом, в зимнюю межень, значительно сократилось число лет с отсутствием стока [2].

**Расчетные величины минимального стока рек.** Минимальные расходы формируются за счет грунтового питания после прохождения весеннего или весенне-летнего половодья. Зимние минимумы меньше летних в связи с уменьшением подземного питания. Периоды летне-осенней и зимней межени за конкретные годы выделены по гидрографам стока.

В горных районах и зоне избыточного увлажнения минимальный сток обычно наблюдается зимой, в зоне недостаточного увлажнения – летом, а в переходных зонах – и летом, и зимой.

В различных гидрологических и водохозяйственных расчетах используются следующие характеристики минимального стока:

- минимальный суточный расход за год;
- минимальный среднемесячный расход (за календарный месяц);
- средний расход воды за 30 сут. с наименьшим стоком (не календарный месяц);
- минимальный декадный расход воды;
- абсолютный минимум, который является наименьшим суточным расходом за весь период наблюдений и показывает максимально возможную естественную степень истощения речного стока [1].

Есть также предложения использовать средние расходы воды за другие периоды с наименьшим стоком (7,23, ..., 284 сут.) [1].

Минимальный 30-суточный (некалендарный) сток определяется следующим образом. За каждый год по гидрографу стока или по таблице ежедневных расходов воды определяется участок с наименьшими расходами воды продолжительностью 30 сут. и подсчитывается средний расход за выбранный период. Минимальные 30-суточные расходы меньше или равны средним месячным календарным расходам [7].

Для характеристики минимального расхода основных рек р. Есиль были использованы минимальные среднемесячные расходы воды летне-осенней межени. Это обусловлено тем, что, по исследованиям [5, 3], при

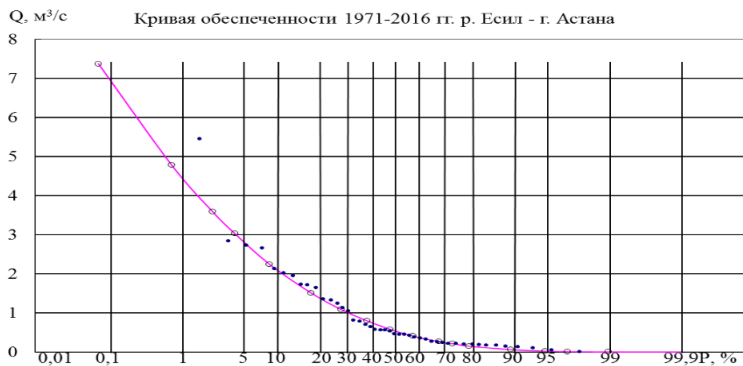
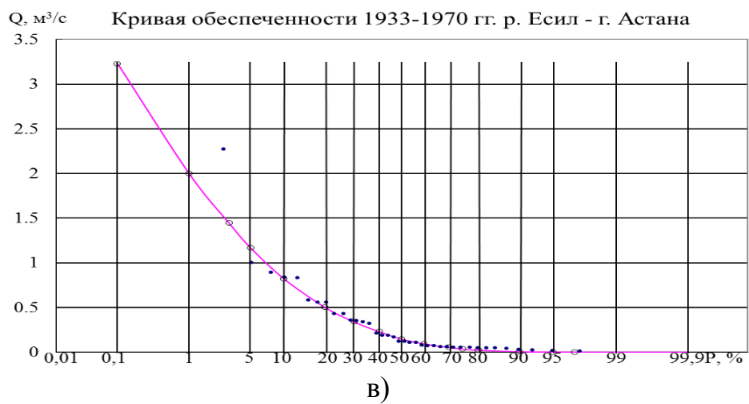
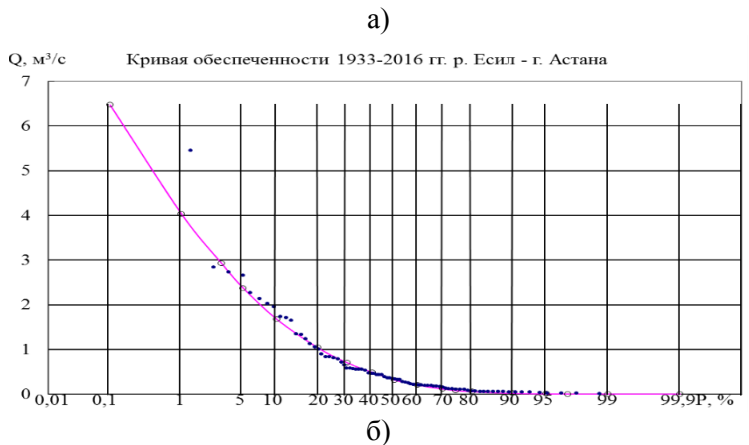
условии, если межень длится более 60 сут., минимальный среднемесячный сток достаточно четко характеризует меженный минимум стока. Минимальный месячный сток рассчитывался за период летне-осенней межени (IV...X) гидрологического года. Эти данные важны для хозяйственного использования стока, прежде всего для решения различных вопросов хозяйственно-бытового водоснабжения.

Основными параметрами распределения минимального стока рек являются норма, коэффициенты вариации и асимметрии и расходы воды различной обеспеченности. Эти характеристики стока определены применительно к минимальному месячному стоку.

Нормы, коэффициенты вариации ( $C_v$ ) и асимметрии ( $C_s$ ) минимального стока определены по общепринятым формулам с введением поправки на смещенность параметров  $C_v$  и  $C_s$ . Для определения расхода воды различной обеспеченности построены кривые обеспеченности. Построенные кривые обеспеченности по гидропосту р. Есил – г. Астана приведены на рис. 2.

При несоответствии аналитической кривой наблюдаемым значениям расходы воды различной обеспеченности определены по эмпирической кривой. В большинстве случаев подходящим типом кривой распределения для описания минимального летнего месячного и зимнего стока оказалась кривая распределения Крицкого-Менкеля при  $C_s=2C_v$ .

К рекам, имеющим сток в период межени, относятся р. Есиль с притоками и р. Шаггинка. Большая часть равнинной территории отличается маловодностью. На реках Карасу, Куздын-Карасу и других водотоках сток прекращается уже в начале лета, и вода сохраняется только в глубоких плесах. Параметры минимального месячного летнего стока основных рек бассейна р. Есиль, рассчитанные за период наблюдений, и расходы различной обеспеченности приведены в табл. 1.



*Рис. 2 Кривые обеспеченности минимальных летне-осенних расходов воды за вес период наблюдения (а), до построения водохранилища (б) и после построения водохранилища (в) по гидропосту р. Есиль – г. Астана.*

Таблица 1

Параметры минимального месячного летнего стока основных рек бассейна р. Есиль за период наблюдений и расходы различной обеспеченности.

Река-пункт	Период наблюдений	Число лет наблюдений	Q <sub>ср</sub> , м <sup>3</sup> /с	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	Расход различной обеспеченности			
						75%	80%	95%	97%
Для минимальных летних расходов									
р. Есиль – г. Астана	1933...2016	84	0,69	1,33	2,66	0,09	0,06	0,00	0,00
	1933...1970	38	0,31	1,37	2,74	0,04	0,02	0,00	0,00
	1971...2016	46	1,02	1,08	2,16	0,26	0,19	0,03	0,02
	разница		0,71	0,29	0,58	0,22	0,17	0,03	0,02
р. Есиль – с. Каменный Карьер	1947...2016	70	3,77	0,72	1,44	1,79	1,54	0,64	0,47
	1947...1970	24	5	0,72	1,44	2,37	2,04	0,85	0,63
	1971...2016	46	3,12	0,59	1,18	1,76	1,57	0,82	0,65
	разница		1,88	0,13	0,26	0,61	0,47	0,03	0,02
р. Есиль – г. Петропавловск	1893...2016	124	12,1	0,53	1,06	7,35	6,65	3,79	3,15
	1893...1968	76	12,8	0,54	1,51	7,75	7,13	5,00	4,62
	1969...2016	48	10,9	0,48	0,82	7,08	6,4	3,74	3,01
	разница		1,9	0,06	0,69	0,67	0,73	1,26	1,61
р. Жабай – г. Атбасар	1936...2016	81	0,66	0,89	1,78	0,24	0,19	0,06	0,03
р. Селеты – с. Изобильное	1957...2016	60	0,51	0,91	1,91	0,18	0,14	0,06	0,04
р. Шагалалы – с. Павловка	1940...2016	77	0,17	1,12	2,58	0,04	0,04	0,02	0,02

В результате расчетов с использованием новейших кадастровых материалов по 2016 г. включительно, выявлены территориальная согласованность многолетнего хода минимального среднемесячного летне-осеннего стока рек бассейна р.Есиль, получены уточненные и новые данные о параметрах минимального месячного меженного летне-осеннего стока с данными об обеспеченных величинах основных рек.

Выявлено, что среднее многолетнее значение летне-осенних минимальных среднемесячных расходов воды за период с нарушенным стоком (1971...2016 гг.) по сравнению с нормой за условно-естественный период (1931...1970 гг.) в створе р. Есиль у г. Астана увеличилось в 3,3 раза, за период с нарушенным стоком (1971...2016 гг.) по сравнению с нормой за условно-естественный период (1947...1970 гг.) в створе с. Каменный Карьер уменьшилось в 1,6 раза, за период с нарушенным стоком (1968...2016 гг.) по сравнению с нормой за условно-естественный период (1893...1968 гг.) в створе г. Петропавловск уменьшилось в 1,2 раза.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амусья А.З., Ратнер Н.С., Соколов Б.А. Минимальный сток: состояние и перспективы исследования // Тр. ГГИ. – 1991. – Вып. 355. – С. 3- 28.
2. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Т. VII - Ресурсы речного стока Казахстана. Кн.1 - Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстана.- Алматы: Институт географии, 2012. – 684 с.
3. Гальперин Р.И., Сайров С. Минимальный сток основных рек Казахстанского Алтая // Вестник КазНУ. Сер. геогр. – 2005. – № 2(21). – С. 207-215.
4. Голубцов В.В., Лаврентьев П.Ф., Соседов И.С., Проблемы гидрологии Казахстана // Тр.КазНИГМИ. – 1983 – Вып. 80.-С. 3-19.
5. Карамолдоев Ж.Ж. Формирование стока рек Кыргызстана в маловодный период и его рациональное использование. – Бишкек, 2002. – 162 с.
6. Клибашев К.П., Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 460 с.
7. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 444 с.
8. Ресурсы поверхностных вод районов. Акмолинской область. Под редакцией В.А. Урываева. Л.: Гидрометеиздат. 1959.– Т.2. – 684 с.
9. Тепляков И.Н., Лаврентьев П.Ф., Абдилдин С.А., Водные ресурсы Казахстана и их использование – Алма-Ата: КазНИИНТИ, 1978. – 78 с.

Поступила 26.03.2019

Тех. ғылымд. канд.

Н. Т. Серікбай  
К. К. Дускаев  
С. Т. Ахметова  
М. Оспанова

## ЕСІЛ ӨЗЕНІ АЛБЫНДАҒЫ ӨЗЕНДЕРДІҢ МИНИМАЛДЫ АҒЫНДЫСЫ СИПАТТАМАЛАРЫН БАҒАЛАУ

**Түйін сөздер:** жылдық ағынды, жылдық минималды ағынды, вариация коэффициенті, асимметрия коэффициенті, корреляция коэффициенті, ағынды қабаты.



*Мақалада Есіл өзені алабының негізгі өзендерінің басты сипаттамаларын 2016 жылдың мәліметтерін қоса жүргізген есептеулерінің нәтижелері көрсетілген.*

*Зерттеу нәтижелері бойынша көпжылдық минималды жазғы-күзгі ағынды жүрісінің аумақтық байланыстылығы және жаңа параметрлер мен ағындының әр түрлі қамтамасыздықтағы мәндері алынды.*

*Орташа көпжылдық жазғы-күзгі минималды ағынды мәні ағынды қатары бұзылған кезеңде шартты-табиғи кезеңмен салыстырғанда Есіл ө. – Астана қ. Бекетінде 3,3 есе ұлғайған, басқа бекеттерде (Каменный Карьер, Петропавловск қ.) 1,6 және 1,2 есе сәйкесінше кеміген.*

Serikbay N. T., Duskaev K. K., Akhmetova S. T., Ospanova M.

### **EVALUATION OF CHANGE OF MINIMUM DRAIN CHARACTERISTICS IN THE ESIL BASSIN**

**Keywords:** annual runoff, annual minimum runoff, coefficient of variation, asymmetry coefficient, correlation coefficient, runoff layer.

*The article presents the results of calculating the main characteristics of the rivers of the river basin. Yesil taking into account restored values using cadastral materials for 2016, inclusive.*

*Based on the research results, the territorial consistency of the long-term minimum monthly average summer-autumn runoff of the Esil River Basin was identified and updated, and new data on the parameters of the minimum monthly summer minimum runoff were obtained. autumn runoff with data on the given values of the main rivers.*

*It was revealed that the average long-term value of the summer-autumn minimum monthly average water discharge for the period with disturbed runoff increased 3.3 times as compared with the norm for the conditionally natural period on the Esil-Astana river section, and in individual positions (Kamennyi Karier, Petropavlovsk) decreased by 1.6 and 1.2 times, respectively.*