

УДК 556.167

Канд. геогр. наук  
Канд. геогр. наук

М.М. Молдахметов<sup>1</sup>  
Л.К. Махмудова<sup>2</sup>  
Е. Құрманғазы<sup>3</sup>

### МИНИМАЛЬНЫЙ СТОК РЕК ЕСИЛЬСКОГО ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО БАССЕЙНА

**Ключевые слова:** водохозяйственный бассейн (ВХБ), опасные гидрологические явления, минимальный сток, минимальные среднемесячные расходы воды, минимальные суточные расходы воды, абсолютный минимум.

*Работа посвящена оценке минимального стока бассейна р. Есиль. Рассматриваются пространственно-временные закономерности формирования минимального стока в Есильском водохозяйственном бассейне. Проведена оценка изменений летне-осеннего и зимнего минимального стока рек рассматриваемой территории в современных природно-антропогенных условиях. С помощью статистических параметров и разностных интегральных кривых произведена оценка репрезентативности временных рядов 30-дневных летне-осенних и зимних минимальных расходов воды за период инструментальных наблюдений. Оценены значения минимального месячного и суточного стока обеспеченностью 50, 75, 80, 90, 95 и 97 %: для летне-осеннего периода по 42 створам, для зимнего периода по 13 створам. По ряду створов значения оценены с учетом возможного прекращения стока в межень в течение некоторого количества лет. Полученные статистические материалы послужат основой для научных обобщений исследований по рассматриваемой территории, а также могут быть использованы для практических целей при гидротехническом*

<sup>1</sup>Таразский инновационно-гуманитарный университет, г. Тараз, Казахстан

<sup>2</sup>Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

<sup>3</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан

*проектировании, оценке природных угроз и принятия соответствующих превентивных решений.*

**Введение.** Оценка водных ресурсов, оценка различных стоковых характеристик, выполненные по всей территории бывшего СНГ в 50...70-х годах прошлого столетия, базировалась на концепции стационарности стока и климата, соответственно точность оценки определялась только длиной исходного ряда. Необходимая длина исходного ряда для оценки стока с погрешностью, не превышающей допустимую, зависела лишь от статистической характеристики изменчивости рассматриваемой величины. Состав исходного ряда при этом фактически был безразличен. Правда, приводилась оговорка о необходимой репрезентативности периода, за который имелись фактические данные. Репрезентативность рекомендовалось оценивать сравнением со стоком створа-аналога с длительным рядом. Таким образом, главным критерием оставалась длина ряда наблюдений.

Чем длиннее ряд, тем надежней оценка нормы – обычный статистический канон для ряда случайной величины. В части стока такая практика означает принятие концепции стационарности климата и стока. Эта концепция сейчас не является приоритетной, поскольку большинство ученых признают направленные изменения климата, причем, есть основания полагать, что сегодня тенденция этих изменений сохранится и в обозреваемом будущем [3, 7, 18]. Однако, в отношении стока, на климатические изменения накладываются и антропогенные. Они фактически необратимы и, к сожалению, работают в одном направлении – в направлении уменьшения поверхностных водных ресурсов. В бассейне р. Есиль оба фактора действуют параллельно, и ведут к отрицательным приращениям стока во времени.

**Методические основы современной оценки опасных гидрологических явлений (минимальный сток).** В России в последние 10-летия – беспрецедентный за период наблюдений рост минимальных расходов воды [2]. Минимальный зимний сток увеличился практически на всей территории страны. За период 1978...2000 гг. местами он возрос на 50...120 %. Тренды значимы. Одна из причин роста – учатившиеся оттепели. Минимумы летне-осенней межени увеличились на Европейской территории России (ЕТР); в Азиатской части России картина не столь

однозначна. В отдельных случаях рост значений минимального как зимнего, так и летне-осеннего стока произошел в 2...4 раза.

В отношении минимальных расходов воды рек Казахстана, их многолетнего хода и состояния, именно в современный период – пока полная неопределенность [15]. В годовом цикле изменения водности рек отчетливо выделяются две фазы – многоводная и маловодная.

Маловодная фаза наступает на реках в результате резкого сокращения притока поверхностных вод в речную сеть. В период маловодной фазы реки питаются лишь подземными водами. Влияние осадков на минимальный сток проявляется незначительно. Маловодная фаза на реках наблюдается в летне-осенние и зимние периоды. Её общая продолжительность может достигать 200...300 дней и более.

В практике водохозяйственного проектирования основными расчетными характеристиками минимального стока являются: – минимальные 30-дневные или среднемесячные расходы за летне-осенний и зимний периоды; – минимальные суточные расходы за летне-осенний и зимний периоды; – абсолютный минимум, являющийся самым наименьшим месячным и суточным расходом воды за весь период наблюдений; – минимальные месячные (30-дневные) и суточные расходы воды расчетной вероятности превышения (обеспеченности) в диапазоне 75...97 %.

Минимальный сток – одна из важнейших гидрологических характеристик, учитываемых при водохозяйственных мероприятиях и в конкретных проектах. Минимальный сток лимитирует использование водных ресурсов, особенно при их дефиците. Маловодье относят к опасным гидрологическим явлениям.

Характеристики минимального стока рек Казахстана приведены в монографиях по поверхностным водным ресурсам Казахстана с учетом данных наблюдений по 1965...1970 гг. Естественно, эти материалы устарели и нуждаются в уточнении с учетом данных наблюдений последних 40...45 лет и изменений климатических, антропогенных факторов.

Применительно к расчетам минимального стока за основную характеристику принимается величина минимального 30-суточного стока – среднее значение минимального стока, определенное за 30 суток с наименьшим стоком в летне-осеннюю или зимнюю межени. Порядок определения минимального 30-суточного расхода воды следующий: на гидрографе стока или по таблицам ежедневных расходов воды

устанавливаются сутки с наименьшим стоком в данном сезоне и, двигаясь от этого расхода влево и вправо, устанавливается период в 30 суток с наименьшим стоком, т. е. 30-суточный период является непрерывным.

Принципиальным методическим вопросом является содержание пунктов по оценке минимального стока. Во многих случаях используется минимальный 30-дневный расход воды. Но если межень продолжительная, то эту характеристику можно заменить именно минимальным среднемесячным расходом воды. Классиком в области минимального стока – А.М. Владимировым [1] в качестве одного из критериев минимального стока для данной территории допускается принимать не 30-дневные минимумы, а средние месячные.

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 и суточному стоку. При этом в качестве исходной информации использованы данные наблюдений, приведенные к многолетнему периоду.

Нормы, коэффициенты вариации и асимметрии 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. При наличии в ряду наблюдений нулевых значений ежегодные вероятности превышения определены по формуле:

$$P = \frac{n_1 P_1}{(n_1 + n_2)}, \quad (1)$$

где  $n_1$  – число лет наблюдений с расходами воды больше нуля;  $n_2$  – число лет наблюдений с нулевыми значениями расхода воды;  $P_1$  – обеспеченности расхода воды по кривой, построенной по данным лет, со стоком больше нуля.

При несоответствии аналитической кривой наблюдаемым значениям, расходы воды различной обеспеченности определялись по эмпирической кривой. В большинстве случаев подходящим типом кривой

распределения для описания минимального летнего месячного и зимнего стока оказалась кривая распределения Крицкого-Менкеля при  $C_s = 2C_v$ .

**Условия формирования минимального стока.** Основными определяющими факторами минимального стока являются климатические и гидрогеологические условия. Территория водохозяйственного бассейна р. Есиль, характеризуется резко засушливым климатом и глубоким залеганием подземных вод. Вследствие крайне ограниченных запасов грунтовых вод в речных бассейнах значительная часть водотоков летом пересыхает, и сток на них возобновляется лишь в весенний сезон следующего года. Сток рек, в питании которых заметное участие принимают грунтовые воды, также периодически прекращается, но главным образом, только в зимний период из-за промерзания перекатных участков, а иногда и плесов.

На территории водохозяйственного бассейна р. Есиль пересыхающими являются не только малые водотоки, но и сравнительно крупные реки с водосборной площадью порядка 5000...10000 км<sup>2</sup>. Повторяемость пересыхания водотоков существенно зависит от гидрогеологических особенностей речных бассейнов и их размеров.

Отдельные реки районов мелкосопочника, несмотря на свои малые размеры, имеют постоянное грунтовое питание вследствие особо благоприятных гидрогеологических условий их бассейнов (наличие водоносных горизонтов, прорезаемых речным руслом, или сравнительно мощных выходов трещинных вод). К непересыхающим малым водотокам относится ряд небольших притоков рек Есиль, Силеты, Жабай.

Реки более увлажненных частей территории водохозяйственного бассейна р. Есиль обладают небольшим, но постоянным грунтовым питанием. Здесь имеют место многочисленные участки местной разгрузки подземных вод по склонам мелкосопочника и наклонным равнинам к многочисленным западинам, озерным котловинам и долинам рек. Хорошо развитая гидрографическая сеть получает здесь регулярное питание за счет подземных вод. К рекам, имеющим сток в период межени, относятся р. Есиль, р. Шаггалалы (Шаглинка).

Прекращение стока в летний меженный период типично для водотоков южной части ВХБ. Все водотоки, расположенные к югу от р. Есиль, в той или иной степени являются пересыхающими. На территории северной части ВХБ, где условия увлажнения более благоприятны, наряду с временными водотоками имеются также непересыхающие реки. Отсутствие стока в летний

период большей частью наблюдается на реках со сравнительно небольшой водосборной площадью ( $F < 3000 \text{ км}^2$ ). Пересыхание более крупных рек наблюдается лишь в отдельные годы. В частности, река Есиль за 80-летний период наблюдения пересыхала непродолжительное время 8 раз, а более месяца – всего 1 раз. Река Жабай у г. Атбасар за период с 1937 по 2014 гг. пересыхала всего дважды.

Прекращение стока вследствие промерзания типично для всех водотоков территории, сохраняющих сток до начала зимнего сезона. Малые непересыхающие водотоки промерзают ежегодно во второй половине ноября (р. Есиль – с. Приишимское и др.). Отсутствие стока на них наблюдается в течение 120...140 дней. На относительно крупных реках (р. Есиль – г. Нур-Султан и р. Жабай – г. Атбасар) продолжительность промерзания снижается до 80...100 дней. За период с естественным режимом стока (до 1973 г.) в отдельные редкие годы сток на этих реках один раз в 5...10 лет и реже наблюдался в течение всего года. После 1980 г. в результате попусков из водохранилищ сток на этих реках наблюдается в течение всего года.

Минимальный суточный расход воды р. Есиль – г. Нур-Султан за зимний период не имел нулевых значений (после 1980 г.) и изменялся от 0,018 до 1,73 м<sup>3</sup>/с, в среднем сток составлял 0,54 м<sup>3</sup>/с.

На р. Жабай – г. Атбасар минимальный суточный расход воды изменялся (после 1980 г.) в пределах от 0,094 до 0,80 м<sup>3</sup>/с и в среднем составлял 0,45 м<sup>3</sup>/с.

Меженный период на р. Есиль по всей ее длине длится в среднем девять месяцев (с июля по март). В летний период минимальные расходы воды наблюдались в июле-августе, в зимний период – январе-марте. Наименьшие из минимальных расходов приходятся на зимнюю межень.

В конце шестидесятых годов естественный гидрологический режим р. Есиль был нарушен водохранилищами, осуществляющими многолетнее регулирование стока (Астанинское (Вячеславское) 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 увеличились, главным образом, в зимнюю межень, и значительно сократилось число лет с отсутствием стока.

В нижерасположенных створах в связи с созданием Астанинского и Сергеевского водохранилищ значительно возросли зимние расходы воды при снижении летних вследствие возросших водозаборов.

**Исходные данные.** Исходные материалы – данные наблюдений на сети РГП «Казгидромет» (ранее – Гидрометслужба КазССР), опубликованные в Гидрологических ежегодниках, Государственном водном кадастре (ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши) [4...6, 16, 17]. Для выполнения поставленных задач требовалась информация по минимальному стоку – минимальные и среднемесячные суточные величины расходов воды.

Анализ исходной информации, показал, что изученность территории недостаточна для всесторонней адекватной оценки исследуемых экстремальных характеристик. Имеющиеся ряды, как правило, недостаточной длительности, или содержат значительные пропуски.

Следует признать, что и после этой подготовительной работы при данном состоянии гидрологической изученности всестороннее освещение такой большой и сложной в гидрологическом отношении территории – дело очень непростое, а в отдельных деталях просто невыполнимое. Следует также учесть, что минимальные расходы на постах оцениваются с очень малой точностью. Расчетные данные касаются преимущественно основных рек рассматриваемой территории. Итак, расчеты по минимальному стоку произведены отдельно за периоды летне-осенней и зимней межени: минимальные среднемесячные и минимальные суточные расходы воды.

**Расчетные параметры распределения.** Характеристики минимальных расходов воды рассчитываются отдельно для двух меженных периодов: зимнего и весенне-летнего. Расчетные характеристики: минимальный 30-суточный расход воды и минимальный суточный расход воды. При этом, согласно российским нормативам [11...14] и данным Владимирова А.М. [1] для зимнего стока рек восточнее среднего течения Дона и устья Волги, а также для летне-осеннего стока рек южнее границы Тюмень – Новосибирск – Барнаул – Семипалатинск, допустимо использование вместо минимального 30-суточного стока минимального среднемесячного. Собственно, это положение относится почти ко всей исследуемой территории. Оно учтено в настоящем исследовании. Расчетные параметры и значения минимальных расходов воды по основным гидрологическим постам приведены в таблице 1 и таблице 2.

Таблица 1

Параметры и расчетные значения минимальных 30-суточных расходов воды летне-осеннего периода

Код поста	Река-пост	F, км <sup>2</sup>	Параметры стока за период, приведенный к многолетнему периоду						Минимальный 30-суточный расход воды за летне-осенний период (м <sup>3</sup> /с) различной обеспеченности (%)				
			средние значения за многолетний период			принятые значения			50	75	80	95	97
			расчетный период	расход, м <sup>3</sup> /с	модуль, л/сек×км <sup>2</sup>	Cv	Cs/Cv	R					
11272	Силеты-с. Приречное	1670	1932-2014	<u>0,027</u> 0,005	<u>0,016</u> 0,003	<u>1,10</u> 0,12	2	0,14	0,008	0	0	0	0
11273	Силеты-с. Ильинское	12500	1932-2014	<u>0,47</u> 0,060	<u>0,038</u> 0,005	<u>1,10</u> 0,12	2	0,14	0,30	0,11	0,082	0,035	0,014
11275	Силеты-с. Изобильное	14600	1959-2014	<u>0,52</u> 0,061	<u>0,036</u> 0,004	<u>0,90</u> 0,13	2	0,12	0,44	0,25	0,21	0,13	0,083
11276	Карасу-с. Павловка	627	1940-2014	<u>0,029</u> 0,004	<u>0,046</u> 0,006	<u>0,76</u> 0,095	2	0,39	0,023	0,011	0,009	0,003	0
11291	Шагалалы – с. Павловка	1750	1940-2014	<u>0,15</u> 0,003	<u>0,086</u> 0,002	<u>1,10</u> 0,10	2	0,27	0,096	0,036	0,026	0,011	0,005
11293	Шагалалы - пос. Северный	<u>5040</u> 8360	1940-2014	<u>0,22</u> 0,051	<u>0,044</u> 0,010	<u>0,84</u> 0,086	2	0,48	0,17	0,087	0,074	0,031	0,023
11395	Есиль-с. Пришимское	202	1932-2014	<u>0,026</u> 0,002	<u>0,13</u> 0,01	<u>0,60</u> 0,13	2	0,28	0,023	0,014	0,013	0,009	0,007
11397	Есиль-с. Турген	3240	1974-2014	<u>0,22</u> 0,024	<u>0,068</u> 0,007	<u>0,70</u> 0,11	2	0,33	0,18	0,086	0,066	0	0
11159	Есиль-с. Волгодоновка	5400	1932-2014	<u>0,87</u> 0,16	<u>0,16</u> 0,029	<u>0,90</u> 0,15	2	0,42	0,61	0,33	0,28	0,21	0,18
11398	Есиль-г. Нур-Султан	7400	1932-2014	<u>0,65</u> 0,18	<u>0,088</u> 0,024	<u>1,20</u> 0,14	2	0,41	0,38	0,12	0,085	0,032	0,010
11402	Есиль-с. Державинское	76000	1932-2014	<u>3,68</u> 0,51	<u>0,048</u> 0,007	<u>0,70</u> 0,12	2	0,58	3,11	1,80	1,54	1,00	0,67



Код поста	Река-пост	F, км <sup>2</sup>	Параметры стока за период, приведенный к многолетнему периоду						Минимальный 30-суточный расход воды за летне-осенний период (м <sup>3</sup> /с) различной обеспеченности (%)				
			средние значения за многолетний период			принятые значения							
			расчетный период	расход, м <sup>3</sup> /с	модуль, л/сек×км <sup>2</sup>	Cv	Cs/Cv	R	50	75	80	95	97
11404	Есиль-с. Каменный Карьер	86200	1932-2014	<u>4.05</u> 0,46	<u>0.047</u> 0,005	<u>0.75</u> 0,13	2	0,32	3,33	1,83	1,56	0,97	0,61
11405	Есиль-с. Западное	90000	1974-2014	<u>7.44</u> 0,55	<u>0.082</u> 0,006	<u>0.60</u> 0,097	2	0,32	4,32	1,44	0,97	0,36	0,12
11406	Есиль-с. Марьевка	<u>100000</u> 108000	1932-2014	<u>5.11</u> 0,52	<u>0.051</u> 0,005	<u>0.60</u> 0,11	2	0,47	4,53	2,84	2,53	1,80	
11410	Есиль-г. Петропавловск	<u>106000</u> 118000	1932-2014	<u>9.4</u> 1,74	<u>0.080</u> 0,015	<u>0.60</u> 0,03	2	0,55	8,33	5,23	4,66	3,31	2,41
11432	Жабай-с. Балкашино	922	1932-2014	<u>0.27</u> 0,032	<u>0.29</u> 0,035	<u>0.55</u> 0,13	2	0,33	0,25	0,17	0,15	0,12	0,092
11433	Жабай-г. Атбасар	8530	1932-2014	<u>0.62</u> 0,087	<u>0.073</u> 0,010	<u>1.10</u> 0,21	2	0,17	0,40	0,15	0,11	0,046	0,019
11454	Акканбурлык-с. Привольное	910	1933-2014	<u>0.14</u> 0,018	<u>0.15</u> 0,020	<u>0.95</u> 0,14	2	0,36	0,10	0,055	0,044	0,035	0,010
11455	Акканбурлык-с. Возвышенка	<u>5820</u> 6520	1933-2014	<u>0.48</u> 0,072	<u>0.082</u> 0,012	<u>0.80</u> 0,10	2	0,53	0,38	0,20	0,17	0,10	0,058
11456	Бабьибурлык-с. Рухловка	1320	1933-2014	<u>0.16</u> 0,014	<u>0.12</u> 0,011	<u>0.60</u> 0,088	2	0,45	0,14	0,089	0,079	0,056	0,041
11461	Иманбурлык-с. Соколовка	<u>3870</u> 4070	1933-2014	<u>0.27</u> 0,019	<u>0.070</u> 0,005	<u>1.20</u> 0,19	2,25	0,39	0,15	0,059	0,050	0,035	0,032

Примечание: во второй строке для каждого пункта даны средние квадратические погрешности расчетных значений стока.

Таблица 2

Параметры и расчетные значения минимальных 30-суточных расходов воды за зимний период

Код поста	Река-пост	F, км <sup>2</sup>	Параметры стока за период, приведенный к многолетнему периоду						Минимальный 30-суточный расход воды за зимний период (м <sup>3</sup> /с) различной обеспеченности (%)				
			средние значения за многолетний период			принятые значения			50	75	80	95	97
			расчетный период	расход, м <sup>3</sup> /с	модуль, л/сек×км <sup>2</sup>	Cv	Cs/Cv	R					
11275	Силеты-с. Изобильное	14600	1932-2014	<u>0,23</u> 0,030	<u>0,016</u> 0,002	<u>0,97</u> 0,20	2	0,57	0,16	0,058	0,047	0,011	0
11398	Есиль-г. Нур-Султан	7400	1932-2014	<u>0,41</u> 0,078	<u>0,055</u> 0,011	<u>1,10</u> 0,13	2	0,38	0,098	0	0	0	0
11402	Есиль-с. Державинское	76000	1932-2014	<u>0,90</u> 0,089	<u>0,012</u> 0,001	<u>0,80</u> 0,13	2	0,32	0,72	0,37	0,32	0,19	0,11
11404	Есиль-с. Каменный Карьер	86200	1932-2014	<u>1,74</u> 0,24	<u>0,020</u> 0,003	<u>0,80</u> 0,14	2	0,43	1,39	0,72	0,61	0,36	0,21
11405	Есиль-с. Западное	90000	1974-2014	<u>1,57</u> 0,19	<u>0,017</u> 0,002	<u>0,80</u> 0,14	2	0,60	1,26	0,65	0,55	0,33	0,19
11406	Есиль-с. Марьевка	<u>100000</u> 108000	1932-1973	<u>1,88</u> 0,41	<u>0,019</u> 0,004	<u>0,98</u> 0,18	2	0,48	1,32	0,57	0,44	0,28	0,11
11410	Есиль-г. Петропавловск	<u>106000</u> 118000	1932-2014	<u>5,66</u> 0,44	<u>0,048</u> 0,004	<u>0,80</u> 0,09	2	0,80	4,53	2,35	1,99	1,18	0,68
11432	Жабай-с. Балкашино	922	1974-2014	<u>0,071</u> 0,011	<u>0,077</u> 0,012	<u>1,32</u> 0,21	2	0,60	0,015	0	0	0	0
11433	Жабай-г. Атбасар	8530	1974-2014	<u>0,37</u> 0,048	<u>0,043</u> 0,006	<u>0,85</u> 0,12	2	0,51	0,33	0,11	0	0	0
11455	Акканбурлык-с. Возвышенка	<u>5820</u> 6520	1974-2014	<u>0,12</u> 0,040	<u>0,021</u> 0,007	<u>1,70</u> 0,29	2	0,09	0	0	0	0	0

Примечание: во второй строке для каждого пункта даны средние квадратические погрешности расчетных значений стока.

К рядам минимальных расходов воды применимы все те же нормативные требования, что и к другим стоковым характеристикам [8...14]. Однако точность оценок относительно низка, прежде всего, в связи с большой неточностью измерения минимумов, а кроме того, со специфичностью самой их оценки. Как указывает А.М. Владимиров, определение минимальных расходов на малых реках с использованием экстраполяции кривой может привести к ошибке 100 % и более. Может повлиять зарастание русла летом. Зимой влияет лед, потери воды на ледообразование.

На точность оценок минимальных зимних расходов воды влияет применение коэффициента перехода от летних расходов к зимним расходам. Поэтому для минимальных расходов воды, особенно в случае отклонения нижних точек от теоретической кривой обеспеченности, допускается использование эмпирических кривых [11, 12, 14].

Следующая особенность статистической обработки рядов минимальных расходов воды, построения и использования кривых обеспеченности – наличие в рядах нулевых значений – когда в отдельные годы река пересыхает или промерзает до дна. В этом случае при расчете обеспеченных величин используется специально разработанная методика.

**Заключение.** В заключении необходимо отметить, что результаты проведенного исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Создана информационная база по минимальным расходам воды. Составленная информационная база содержит максимум накопленной информации по минимальному стоку, позволяющей даже в условиях недостаточной гидрологической изученности территории выполнить поставленные задачи по исследованию основных гидрологических характеристик.

2. Произведена реконструкция рядов минимальных среднемесячных и суточных расходов воды по 42 гидрологическим постам бассейна р. Есиль. Реконструированные ряды характеристик минимального стока дают возможность для достаточно надежных статистических обобщений. Реконструированные длительные ряды экстремальных гидрологических характеристик рекомендуется использовать для научных обобщений, в конкретном проектировании, для оценки локальных водных опасностей.

3. Многолетние ряды данных были проанализированы на однородность и стационарность по статистическим критериям, адаптированным к гидрологической информации, с учетом асимметрии и внутрирядной связанности рядов (автокорреляции).

4. Выявлено, что ряды минимального зимнего и летне-осеннего стока на значительной части постов бассейна р. Есиль являются неоднородными. Неоднородность рядов характеристик стока бассейна реки Есиль обусловлена двумя факторами: климатическими изменениями и антропогенной нагрузкой. Итак, концепция стационарности стока при оценке водных ресурсов не может быть принята как единственная.

5. По рядам наблюдений для минимальных характеристик стока, приведенных к многолетнему периоду, рассчитаны статистические параметры: среднее значение, коэффициенты вариации, асимметрии и автокорреляции и расчетные значения стока заданной обеспеченности, их средние квадратические погрешности. Для однородных рядов при расчетах статистических параметров и значений стока различной обеспеченности использованы аналитические кривые обеспеченности (распределение Крицкого – Менкеля или распределение Пирсона III типа (биномиальное), а при неоднородных рядах расчет значений стока различной обеспеченности проводился по составным кривым распределения) [8...13].

6. Оценены значения минимального суточного стока обеспеченностью 50, 75, 80, 90, 95 и 97 %: для летне-осеннего периода по 42 створам, для зимнего периода по 13 створам. По ряду створов значения оценены с учетом возможного прекращения стока в межень в течение некоторого количества лет.

7. В условиях континентального климата и скудного грунтового питания многие реки – временно действующие, они пересыхают летом и промерзают до дна зимой. Общая продолжительность периода без стока может достигать 10...11 месяцев.

8. Полученные статистические материалы, во-первых, послужат основой для научных обобщений исследований по рассматриваемой территории, а во-вторых, могут быть использованы для практических целей при гидротехническом проектировании, оценке природных угроз и принятии соответствующих превентивных решений.

9. По мере накопления новой гидрологической информации, прохождения выдающихся гидрологических явлений, возможного изменения климатических факторов необходимо проводить уточнение расчетных параметров и карт основных гидрологических характеристик в соответствии с СП 33-101-2003 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Владимиров А.М. Минимальный сток СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 215 с.
2. Водные ресурсы России и их использование. – СПб.: ГГИ, 2008. – 600 с.
3. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Том VII. Ресурсы речного стока Казахстана. Книга 1. Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстана / Под ред. Гальперина Р.И. – АО «Национальный научно-технический холдинг "Парасат" Институт Географии. – Алматы, 2012. – 684 с.
4. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Бассейны Иртыша, Ишима, Тобола. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – Т.5, вып. 1. – 467 с.
5. Государственный водный кадастр Республики Казахстан. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши 1981–1990 гг. Бассейны рек Иртыш, Ишим, Тобол. – Алматы, 2002. – Книга 2, выпуск 1, часть 1. – 284 с.
6. Государственный водный кадастр Республики Казахстан. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши 1991–2000 гг. Бассейны рек Иртыш, Ишим, Тобол. – Алматы, 2004. – Книга 1, выпуск 1, часть 1. – 171 с.
7. Медеу А.Р., Мальковский И.М. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление (концепция). Том I. АО «Национальный научно-технический холдинг "Парасат" Институт Географии. – Алматы, 2012. – 94 с.
8. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений. Нижний Новгород, 2007. – 134 с.
9. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при недостаточности данных гидрометрических наблюдений. СПб: Ротопринт ГМЦ РФ ААНИИ, 2007. – 66 с.
10. Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным. СПб: Нестор-История, 2010. – 162 с.
11. Научно-прикладной справочник: Основные гидрологические характеристики рек бассейна Камы / Коллектив авторов: под редакцией Георгиевского В.Ю. – ФГБУ ГГИ Санкт-Петербург, 2015. [Электронный ресурс] – URL: <https://istina.msu.ru/publications/book/20304652/>
12. Научно-прикладной справочник: Основные гидрологические характеристики рек бассейна Верхней Волги / Коллектив авторов: под

редакцией Георгиевского В.Ю. – ФГБУ ГГИ Санкт-Петербург, 2015.  
[Электронный ресурс] – URL:  
<https://istina.msu.ru/publications/book/20305524/>

13. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. СП 33-101-2003. – М.: Госстрой России, 2004. – 71 с.
14. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 448 с.
15. Разработка географических основ водной безопасности Республики Казахстан в условиях климатических и антропогенных изменений речных вод (водохозяйственные бассейны Ертисский, Есильский, Тобыл-Торгайский, Нура-Сарысуский, Жайык-Каспийский): Отчет о НИР. – Алматы: ДГП на ПХВ «Научно-исследовательский институт проблем экологии» РГП на ПХВ «КазНУ имени аль-Фараби» фундаментальные исследования в области естественных наук, 2014. – 207 с.
16. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 15. Вып. 2. Основные гидрологические характеристики (за 1963–1970 гг. и весь период наблюдений). Бассейны Иртыша, Ишима, Тобола. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 383 с.
17. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 15. Вып. 2. Основные гидрологические характеристики (за 1971–1975 гг. и весь период наблюдений). Бассейны Иртыша, Ишима, Тобола. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 291 с.
18. Толеубаева Л.С. Водообеспеченность Республики Казахстан: состояние и перспективы. Том XXI. – АО «Национальный научно-технический холдинг "Парасат" Институт Географии. – Алматы, 2012. – 238 с.

Поступила 27.11.2019

Геогр. ғылымд. канд.  
Геогр. ғылымд. канд.

М.М. Молдахметов  
Л.К. Махмудова  
Е. Құрманғазы

## **ЕСІЛ СУШАРУАШЫЛЫҒЫ АЛАБЫНЫҢ ЕҢ АЗ АҒЫНДЫСЫ**

**Түйін сөздер:** су шаруашылығы алабы, апаттық гидрологиялық құбылыстар, ең аз ағынды, ең аз орташа айлық су өтнімдері, ең аз тәуліктік су өтімдері, абсолюттік минимум

*Зерттеу жұмысы Есіл алабы өзендерінің ең аз ағындысын бағалауға арналған. Есіл сушаруашылығы алабы өзендерінің ең аз ағындысының қалыптасуының кеңістіктік-уақыттық заңдылықтары қарастырылады. Қарастырылып отырған аумақтың қазіргі табиғи-антропогендік жағдайында өзендердің*

жазғы-күзгі және қысқы ең аз ағындысының өзгерісі бағаланды. Статистикалық параметрлер мен айырымдық интеграл қисықтарының көмегімен инструменталдық бақылау кезеңі үшін 30 күндік жазғы-күзгі және қысқы ең аз су өтімдері уақыттық қатарларының репрезентативтілігі анықталды. Қамтамасыздығы 50, 75, 80, 90, 95 и 97 % айлық және тәуліктік ең аз жазғы-күзгі ағынды бойынша 42 тұстама, қысқы кезең үшін 13 тұстама бойынша ең аз ағынды шамалары бағаланды. Бірқатар бекеттер бойынша бір қанша жылдар бойы сабалық уақыт кезеңінде ағындының жоқ болу мүмкіндігі есепке алына отырып бағаланды. Алынған статистикалық материалдар қарастырылып отырған аумақ бойынша ғылыми-зерттеу қорытындыларын жалпылауға негіз ретінде және практикалық мақсатта: гидротехникалық имараттарды жобалау, табиғи қауіп-қатерді бағалау және тиісті алдын алу шешімдерін қабылдау кезінде пайдалануға болады.

M.M. Moldakhmetov , L.K. Makhmudova, Yersin Kurmangazy

### MINIMUM FLOW OF RIVERS OF THE YESIL WATER-ECONOMIC BASIN

**Keywords:** water-economic basin, dangerous hydrological phenomena, minimum flow, minimum average monthly expenses, minimum daily expenses, absolute minimum.

*The article is devoted to the assessment of the minimum flow of the basin of the river Yesil. The spatial-temporal regularities of the formation of the minimum flow in the Yesil water-economic basin are considered. The estimation of changes of summer-autumn and winter minimum flow of rivers of the considered territory in modern natural - anthropogenic conditions is carried out. With the help of statistical parameters and difference integral curves, the time series representativeness of 30-days summer-autumn and winter minimum water flows over the period of instrumental observations is estimated. The values of the minimum monthly and daily flow of 50, 75, 80, 90, 95 and 97% security were estimated: for the summer-autumn period on 42 hydrological post, for the winter period on 13 hydrological post. For a number of hydrological posts the values are estimated taking into account the possible cessation of runoff in the low water period for a certain number of years. The obtained statistical materials will serve as a basis for scientific generalizations of studies on the territory under consideration, and can also be used for practical purposes in hydrotechnical design, assessment of natural threats and making appropriate preventive decisions.*