

И.М.Филиппович, ст. науч. сотр.,
Л.И.Шехурдина, ст. инж. (ЦНИИКИВР)

К РАСЧЕТУ МИНИМАЛЬНОГО СРЕДНЕМЕСЯЧНОГО СТОКА РЕК БССР

Одним из аспектов проблемы минимального стока рек является установление так называемого минимально допустимого расхода, оставляемого в реках для охраны природы.

Для рек БССР был рекомендован минимальный среднесуточный или $1,0 - 0,75$ минимального среднемесячного расхода 95%-ной обеспеченности в зависимости от категории рек по величине среднегодового расхода [1].

Как показали дальнейшие исследования по рекам равнинных районов нечерноземной и других зон ЕТС, среднесуточные расходы 95%-ной обеспеченности не всегда удовлетворяют требованиям охраны природы. Оставляя в реке для охраны природы минимальный среднемесячный расход 95%-ной обеспеченности, следует оговорить, что если этот расход менее $1 \text{ м}^3/\text{с}$, то сток таких рек уменьшать нельзя. Отборы воды из них допускаются в исключительных случаях и только для питьевого водоснабжения.

Для рек с минимальным среднемесячным расходом более $1 \text{ м}^3/\text{с}$ можно рекомендовать минимально допустимые расходы в размере $1 - 0,75$ минимального среднемесячного расхода 95%-ной обеспеченности.

В данной работе для шести районов территории БССР выведены зависимости для определения среднемесячных модулей стока нижней зоны кривой распределения по их норме для изученных и неизученных рек. Кроме того, выведены порайонные зависимости для определения среднемесячного расхода 95%-ной обеспеченности по площади водосбора. Как указано выше, величина этого расхода принимается минимально допустимой для охраны природы и является расчетной при определении разбавляющей способности рек [2] и других водохозяйственных расчетах.

Исходным материалом для расчетов послужили данные о нормах минимальных среднемесячных модулей стока, приведенные в справочной монографии "Ресурсы поверхностных вод СССР" [3] по районам территории БССР с одинаковыми условиями формирования стока.

Выделение районов в пределах территории проводилось с учетом гидрогеологического строения районов, геоморфологического районирования. Использовались гипсометрические карты и карты отдельных физико-географических факторов [4]. Схема гидрологических районов приведена в работе [3].

По норме минимального среднемесячного стока и коэффициентам вариации и асимметрии для рек всех районов БССР были определены среднемесячные модули обеспеченности 75-99% и построены графики связи их с нормой стока и графики связи расходов обеспеченности 95% с площадью водосбора.

При построении графиков и расчетах порайонных зависимостей не принимались во внимание водпосты с восстановленными нормами, а также были исключены данные по крупным

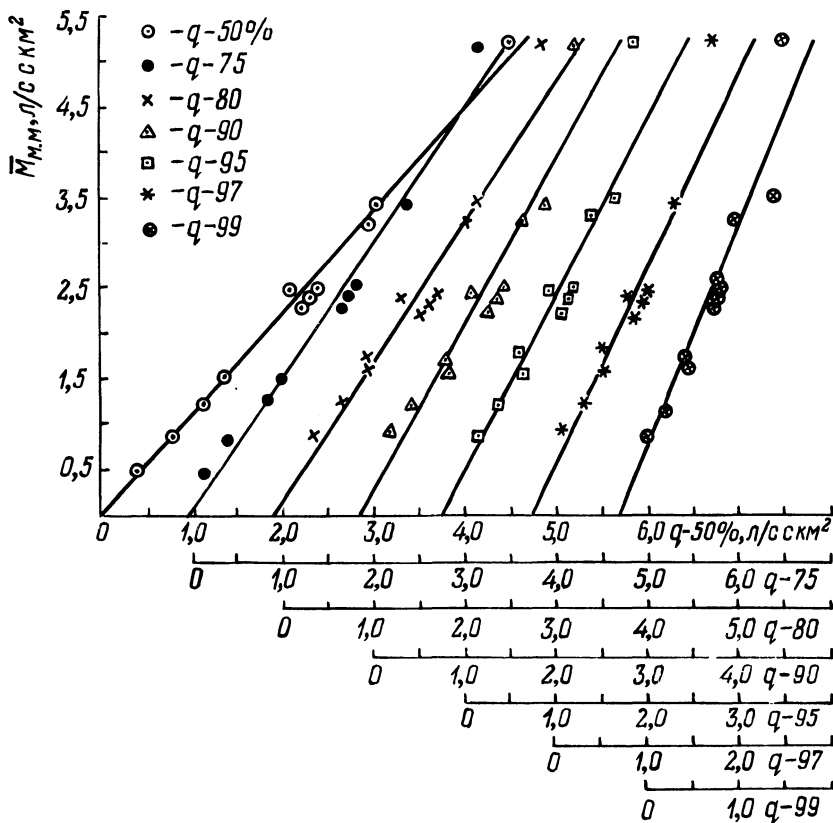


Рис. 1. Зависимость $\bar{M}_{m.m} = f(q_p\%)$. Западно-Двинский район, летне-осенняя межень.

рекам, пересекающим несколько районов. Эти реки, а также некоторые реки по районам с наблюдаемым стоком использовались для проверки полученных зависимостей.

На рис. 1 приводится график связи между нормой среднемесячного стока и модулями 75 - 99%-ной обеспеченности по Западно-Двинскому району БССР. Уравнение связи $\bar{M}_{M.M} = aq_{p\%} + b \text{ л/с с км}^2$ представлено прямой линией. Зная норму стока, можно определить среднемесячный расход любой обеспеченности. Для неизученных рек определение нормы среднемесячного стока производят по методу аналогии или по формулам [3]. Большого разброса точек не наблюдается по всем районам. Хорошая связь между нормой среднемесячного стока и обеспеченными модулями говорит об устойчивости соотношений между этими величинами. Минимальный сток рек территории БССР, изменяясь количественно с северо-запада на юго-восток, сохраняет устойчивость соотношений между различными категориями низкого стока, на что уже указывалось и в других работах [5].

Расчеты производились отдельно для летне-осенней (VI - XI) и зимней (XII - II) межени.

Параметры уравнений связи определялись методом наименьших квадратов с применением ЭВМ (табл. 1). Анализ таблицы указывает на то, что параметр a по всем районам с единой обеспеченностью изменяется в небольших пределах. Это подтверждает возможность дальнейшего построения таких связей по всей территории БССР.

Проверка выведенных уравнений связи производилась для среднемесячного модуля стока 95%-ной обеспеченности как наиболее часто употребляемого в расчетах и довольно удаленного от средней части кривой распределения. Результаты проверки показали, что 95%-ный модуль стока, определенный по выведенным уравнениям, отличается от расчетного по данным наблюдений в пределах до 20% для большинства средних и крупных рек. Для рек с площадью водосбора 100 - 500 км² ошибки достигают значительных размеров (40% и более). Наибольшие расхождения отмечаются для малых рек Припятского района, где выявлено наибольшее количество водосборов с аномальным стоком. Поэтому эти уравнения можно использовать только для ориентировочных расчетов. Определенные по уравнениям модули стока необходимо сопоставлять с данными близкорасположенных изученных рек.

Изучение степени влияния отдельных физико-географических факторов на характер минимального стока в пределах одно-

Таблица 1. Параметры уравнения связи $M_{\text{М.М}} = aq_{\text{р\%}} + b$, л/с с км² между минимальными среднемесячными модулями стока различной обеспеченности и их нормой

Район	Обеспеченность, %											
	75		80		90		95		97		99	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Верхне-Днепровский	<u>1,12</u> 1,22	<u>0,35</u> 0,18	<u>1,19</u> 1,15	<u>0,36</u> 0,23	<u>1,21</u> 1,34	<u>0,53</u> 0,38	<u>1,20</u> 0,35	<u>0,66</u> 0,53	<u>1,17</u> 0,32	<u>0,76</u> 1,07	-	-
Западно-Двинский	<u>1,38</u> 1,31	<u>0,17</u> 0,43	<u>1,46</u> 1,40	<u>0,20</u> 0,50	<u>1,69</u> 1,71	<u>0,36</u> 0,68	<u>1,91</u> 2,05	<u>0,48</u> 0,84	<u>2,08</u> 2,33	<u>0,55</u> 0,94	<u>2,36</u> 1,22	<u>0,74</u> 4,00
Центрально-Бере- зинский	<u>1,10</u> 1,05	<u>0,36</u> 0,43	<u>1,12</u> 1,08	<u>0,41</u> 0,48	<u>1,20</u> 1,12	<u>0,49</u> 0,66	<u>1,24</u> 1,15	<u>0,55</u> 0,79	<u>1,27</u> 1,17	<u>0,59</u> 0,87	<u>1,31</u> 1,25	<u>0,62</u> 0,95
Припятский	<u>1,22</u> 1,00	<u>0,30</u> 0,68	<u>1,25</u> 1,01	<u>0,35</u> 0,73	<u>1,26</u> 1,15	<u>0,46</u> 0,85	<u>1,26</u> 1,25	<u>0,52</u> 0,94	<u>1,23</u> 1,30	<u>0,56</u> 1,02	<u>1,20</u> 1,33	<u>0,60</u> 1,10
Неманский	<u>1,11</u> 1,21	<u>0,28</u> 0,22	<u>1,13</u> 1,25	<u>0,35</u> 0,31	<u>1,17</u> 1,32	<u>0,60</u> 0,62	<u>1,21</u> 1,35	<u>0,81</u> 0,92	<u>1,22</u> 1,29	<u>0,96</u> 1,24	<u>1,22</u> 1,15	<u>1,25</u> 1,80
Вилейский	<u>0,96</u> 0,97	<u>0,73</u> 0,78	<u>0,98</u> 0,95	<u>0,78</u> 0,96	<u>0,98</u> 0,89	<u>1,05</u> 1,46	<u>0,98</u> 0,78	<u>1,24</u> 1,87	<u>0,93</u> 0,78	<u>1,47</u> 2,02	<u>0,87</u> 0,69	<u>1,74</u> 2,38

Примечание. В числителе данные за летне-осеннюю, в знаменателе - за зимнюю межень.

родных по условиям формирования стока районов показал, что одной из определяющих величин минимальных расходов является площадь водосбора, влияние которой хорошо прослеживается на графических связях [3] по суточному стоку. На рис.2 представлен график зависимости среднемесячного расхода 95%-ной обеспеченности от площади водосбора.

Поскольку в одном и том же районе модули с малых и больших водосборов не всегда согласуются между собой, уравнения выведены отдельно для водосборов с площадью менее и более 1000 км² для летне-осенней и зимней межени. Кроме того, исключены реки с аномально-минимальным стоком, список которых приведен в [3]. Уравнения связи по нескольким районам представлены в табл.2.

Определение среднемесячных минимальных расходов 95%-ной обеспеченности по выведенным уравнениям и сравнение их с наблюдаемым стоком показало для большинства рек Неманского и Вилейского районов отклонение в пределах до 20%. Для рек с площадью водосбора 1000 - 2000 км² (Вилейский район, лето) уравнение следует использовать без второго чле-

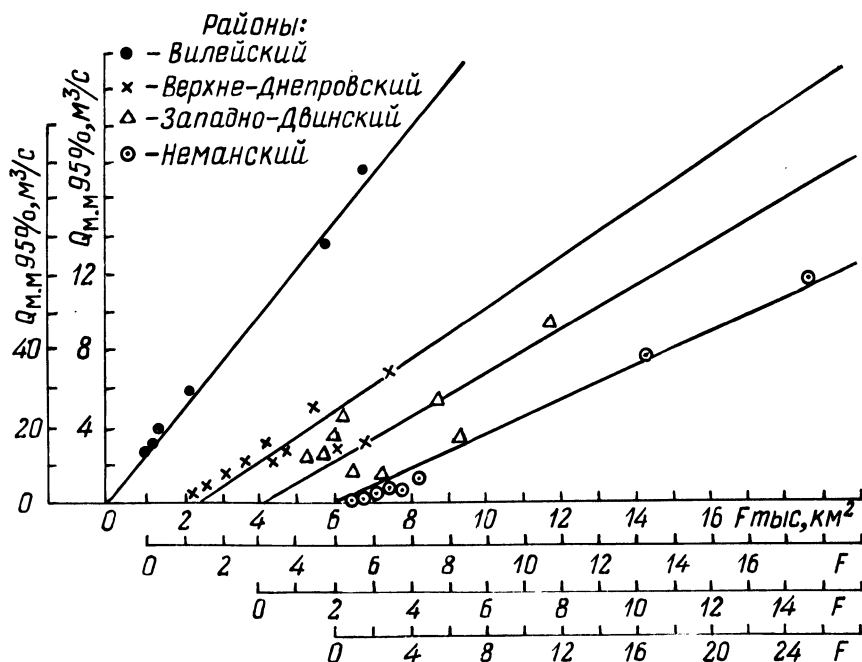


Рис. 2. Зависимость $Q_{м.м. 95\%} = f(F)$ для рек с $F > 1000 км^2$. Летне-осенняя межень

Таблица 2. Уравнения связи между минимальными среднемесячными расходами 95%-ной обеспеченности и площадью водосбора

Район	Сезон	Уравнения связи для рек	
		F < 1000 км ²	F > 1000 км ²
Верхне-Днепровский	Лето	$Q_{M.M.,95\%} = 0,0007F - 0,03$	$Q_{M.M.,95\%} = 0,0011F - 1,6$
	Зима	$Q_{M.M.,95\%} = 0,0003F + 0,0003$	$Q_{M.M.,95\%} = 0,0007F - 0,23$
Западно-Двинский	Лето	$Q_{M.M.,95\%} = 0,001F - 0,2$	$Q_{M.M.,95\%} = 0,0014F - 1,32$
	Зима	$Q_{M.M.,95\%} = 0,001F - 0,25$	$Q_{M.M.,95\%} = 0,0007F - 0,3$
Неманский	Лето	$Q_{M.M.,95\%} = 0,001F + 0,05$	$Q_{M.M.,95\%} = 0,002F - 0,56$
	Зима	$Q_{M.M.,95\%} = 0,001F + 0,02$	$Q_{M.M.,95\%} = 0,002F - 2,24$
Вилейский	Лето	$Q_{M.M.,95\%} = 0,003F - 0,19$	$Q_{M.M.,95\%} = 0,003F - 1,85$
	Зима	$Q_{M.M.,95\%} = 0,0025F - 0,12$	$Q_{M.M.,95\%} = 0,002F - 0,41$

на. По рекам Сервиць и Улла сток получается завышенным, Гривда – заниженным. По Верхне-Днепровскому району при площади водосбора рек до 600 км² ошибки достигают 30%. По рекам Белая Натопа и Жадунька расходы получаются заниженными, поэтому уравнения лучше использовать без второго члена за зимний и летний периоды, Хмара и Поросица – за летний, Лобжанка – только за зимний период. По рекам этого района с площадью водосбора более 1000 км² сток по сравнению с наблюдаемым отличается на $\pm 20\%$, по всем рекам (исключение составляют Вопь, Ипуть, летний период – расходы завышены и Реста – расходы занижены).

По Западно-Двинскому району сток, определенный по уравнениям, получается завышенным по р.Межа, Каспля и заниженным по р.Обша. По р. Зап. Двина (для створов с площадью водосбора до 20000 км²), а также для р.Диска, Дрисса, Велеса, Свольна уравнения следует использовать без второго члена.

Для малых рек этого района расходы, определенные по уравнениям связи, получаются, как правило, завышенными, поэтому их можно применять только для ориентировочных расчетов. По Припятскому и Центрально-Березинскому районам уравнения не приводим, так как они дают большие погрешности.

Таким образом, переход от нормы минимального среднемесячного стока к модулям стока различной обеспеченности и от площади водосбора к расходу 95%-ной обеспеченности изученных и неизученных рек можно осуществлять по уравнениям связи, предложенным по районам территории БССР.

Л и т е р а т у р а

1. Указания по установлению минимально допустимых расходов воды в реках для охраны природы (временные). – Минск, 1977.
2. Черкинский С.Н. Санитарные нормы спуска сточных вод в водоемы. – М., 1962.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Белоруссия и Верхнее Поднепровье. – Л., 1966, т.5, ч.1, с.57, 222, 230.
4. Ключева К.А. Исследование условий формирования минимального стока рек БССР и практические рекомендации для расчета его величин. – В сб. работ Минской гидрометеорологической обсерватории. – Минск, 1961, вып. 3.
5. Филиппович И.М. О минимальных расходах рек, средних за маловодные периоды различной длины. – В сб.: Комплексное использование водных ресурсов. М., 1975, вып.3.