

УДК 506.1

**РАСЧЕТЫ МИНИМАЛЬНОГО СТОКА РЕК КЫРГЫЗСТАНА ПРИ
ОТСУТСТВИИ МАТЕРИАЛОВ НАБЛЮДЕНИЙ**

Канд. геогр. наук Ж.Ж. Карамолдоев

Рассматривается методика расчетов минимального стока горных рек Средней Азии при отсутствии материалов наблюдений на примере Кыргызской Республики.

Общий облик территории Кыргызстана, ее природные особенности определяют мощные горные системы, замкнутые и полузамкнутые межгорные впадины, различающиеся по характеру ландшафтов и хозяйственному использованию. Особенностью территории также является ее глубокое внутриматериковое положение, большая удаленность от океанов, что обуславливает сильное влияние на природу района континентальных факторов, а также относительно низкое широтное положение. В связи с этим до настоящего времени расчеты по прогнозам стока рек Кыргызстана составлялись в основном для вегетационного периода, что соответствовало интересам, прежде всего, орошаемого земледелия. Однако в связи с увеличением числа промышленных предприятий, населенных пунктов, животноводческих комплексов требуется планирование (прогнозирование) водохозяйственных мероприятий, связанных с гарантированным стоком. Особую значимость исследования гарантированного стока приобретают в связи с восстановлением и дальнейшим увеличением числа высокорентабельных и экологически безопасных малых ГЭС, работающих без регулирования стока.

Для значительной части рек исследуемого района не имеется гидрометеорологической информации, достаточной для определения расчетных характеристик минимального стока. Нами проведены обоснования разработанных методик их расчета при отсутствии материалов наблюдений. Эти методики предназначены для рек, у которых площади водосборов, так же как и у исследованных рек, колеблются в диапазоне от 40 до 1500 км².

Большинство существующих методик расчета основано на выявлении региональных эмпирических зависимостей минимального 30-суточного или месячного стока с показателями, отражающими влияние физико-географических, в первую очередь морфологических, характери-

стик водосборов рек. Основными факторами, влияющими на минимальный сток, являются водность и климатические условия предшествующего года, подчиняющиеся высотной поясности в горных областях. В условиях Центральной Азии рядом исследователей предложено несколько расчетных зависимостей [1, 2, 3, 4].

Выделение районов и построение соответствующих им линейных зависимостей слоя среднемесячного минимального стока h (мм) от средней высоты водосбора H_{cp} (м) $h = aH_{cp} + b$ осуществлялось следующим образом. Прежде всего, были выделены наиболее отличающиеся друг от друга районы 1 - 11. Эти районы включают наибольшее число точек. Каждый из них является достаточно однородным в климатическом, физико-географическом и гидрогеологическом отношении. Границы районов достаточно надежно определяется орографией. Характеристики полученных зависимостей (число пунктов, параметры регрессии a и b и коэффициенты корреляции r между h и H_{cp}) помещены в табл.

Таблица

Параметры линейных зависимостей минимального месячного стока от средней высоты водосбора в различных районах Кыргызстана

Район	Число пунктов	Параметры уравнений		
		a	b	r
1 - Восточно-Иссык - Кульский	10	0,004	1,20	0,90
2 - Юго-Западного Иссык-Куля	10	0,008	-18,7	0,90
3 - Чуйский	11	0,016	-36,4	0,95
4 - Таласский	6	0,0028	-1,42	0,80
5 - Верхний Нарын	7	0,0022	-5,37	0,80
6 - Бассейн р. Кокомерен	6	0,0041	-7,65	0,85
7 - Кетментюбинский	5	0,0002	2,92	0,80
8 - Южного склона Чаткальского хребта	6	0,0103	-23,7	0,80
9 - Северного склона Туркестанского хребта	5	0,0012	-0,66	0,85
10 - Северо-зап. склона Ферганского хребта	7	0,0024	0,98	0,90
11 - Юго-зап. склона Ферганского хребта	8	0,1946	3,31	0,90

Район Восточного Иссык-Куля, наиболее увлажненная часть Иссык-кульского бассейна, занимает междуречье Чон-Аксуу и Джетыгуз. Годовое количество осадков изменяется в пределах 500 . . . 1000 мм (М. Сан-Таш). Реки этого района, имеющие средние высоты водосборов от 2800 до 3520 м,

в связи с высоким увлажнением характеризуются высокими показателями слоя среднемесячного минимального стока $h = 12 \dots 17$ мм. Наибольшее значение $h = 17$ мм имеет р. Джергалан со средней высотой водосбора $H_{cp} = 2970$ м, тогда как на реках этого района, имеющих большие высоты (более 3500 м), величина среднемесячного минимального стока составляет 15,1... 16,4 мм. Слой минимального стока р. Тюп, высота водосбора которой составляет 2800 м равен, 12,1 мм. Величина слоя стока незначительно отличается от ее районного показателя. На повышение значения стока большое влияние оказывают широко распространенные в средних и нижних частях водосборов покровные отложения, представленные моренами с хорошо задернованными выровненными поверхностями. Реки, находящиеся к западу от них и имеющие большие средние высоты, характеризуются широким распространением скальных и полускальных слабо задернованных пород с маломощным почвенным покровом. Они характеризуются низкой водоотдачей. Покровные отложения, широко распространенные в нижних частях водосборов, в средних и верхних частях представлены спорадически. Подземные воды трещинно-жильного типа, являющиеся основным источником питания рек этой части района, приурочены к региональным разломам, сопровождающимся многочисленными разрывными нарушениями. Они отличаются высокой стабильностью, т к минимальный сток формируется преимущественно за счет подземных вод глубокой циркуляции.

Район Юго-Западного Иссык-Куля характеризуется меньшими показателями минимального среднемесячного стока - от 8,2 до 12,2 мм при средних высотах 2930... 3520 м Этот район приурочен к засушливой южной части бассейна Иссык-Куля и протягивается с востока от р. Чон-Жаргылчак на запад, включая водосборы рек Каракуджур и Тюлек Кочкорской части Чуйского бассейна и реки Иссык-Кульского бассейна. Засушливость климата определяет и большой градиент минимального стока в районе. Годовое количество осадков составляет около 250 мм (М. Кочкор, Каракуджур). Небольшая амплитуда величины минимального стока (4 мм) связана с тем, что реки, расположенные в наиболее засушливых частях Иссык-Кульской впадины (Аксай, Тон), имеют внутригорные впадины, днища которых заполнены рыхлыми (до 200 м) отложениями, увеличивающими величину минимального стока рек и приближающими их к районным показателям. В этом районе из общей закономерности увеличения h с ростом H_{cp} выпадают реки Барскаун и Аксай. Они не использовались при построении районной зависимости $h = f(H_{cp})$.

Река Барскаун отличается своеобразными геоморфологическими условиями, распределением различных типов подземных вод и конфигурацией водосбора. Большая часть бассейна находится на высоте более 3500 м, расширяясь к приводораздельным наиболее приподнятым частям южного склона хребта Терской Ала-Тоо. Площади, находящиеся ниже 3500 м, представляют собой узкую полосу водосбора. Покровные отложения, широко распространенные в верхних частях, слабо участвуют в зимнем стоке. Минимальный сток формируется преимущественно за счет трещинно-жильных вод палеозоя, характеризующихся малой водоотдачей. Величина среднего минимального месячного стока ниже, чем для районной зависимости $h (H_{cp})$, и составляет 4,93 мм, что является минимумом для всей территории Северного Кыргызстана. Из общей зависимости так же выпадает р. Аксай с величиной $h = 10,8$ мм, при $H_{cp} = 3170$ м, тогда как для рек с такими высотами $h = 9,0 \dots 9,6$ мм. Это связано с тем, что сток реки зарегулирован Конуреленской внутригорной впадиной, которая при большой мощности (до 300 м) может выступать аккумулятором грунтовых вод, что и приводит к аномально большой величине h .

Чуйский район расположен в междуречье Кызылсуу на востоке и Чон-Каинды на западе, в пределах южного склона Кыргызского хребта. Его восточная граница проходит по водоразделу р. Кызылсуу. Значения h составляют здесь от 6,9 до 14,2 мм. Большие различия в величинах h обусловлены крайне неравномерным распределением осадков по территории. На западе годовая сумма осадков составляет 300 мм (М. Калининское), тогда как на востоке она достигает 800 мм (М. Новороссийска). Годовая сумма осадков также имеет большой перепад по высоте и равна 400 мм в предгорье (М. Джанги-Джер) и 900 мм в горной части (М. Альплагерь). Наименьшие районные показатели у р. Карабалта, расположенной в западной засушливой части и имеющей среднюю высоту водосбора 2910 м. Питание реки происходит преимущественно за счет трещинных вод. Наибольшее значение $h = 14,2$ мм у р. Ала-Арча, имеющей среднюю высоту 3290 м.

Из общей районной закономерности увеличения h с ростом H_{cp} , выпадают реки Иссык-Ата, Желамыш и Кегеты, поэтому расчетная зависимость $h (H_{cp})$ строилась только по 8 точкам. Река Иссык-Ата отличается повышенными значениями $h = 14,9$ мм при средней высоте 3030 м. Это, на наш взгляд, связано прежде всего с тем, что бассейн реки располагается в одной из наиболее увлажненных частей Чуйского района и имеет мощ-

ные регуляторы, активно участвующие в формировании минимального стока. Водосбор в средней и нижней частях заполнен продуктами сноса с окружающих хребтов, формирующих пологоволнистый рельеф, повсеместно хорошо задернованный. У р. Желамыш при малой высоте (2650 м) величина $h = 13,4$ мм значительно отклоняется от районной зависимости. Водосбор частично имеет северо-западную экспозицию и лежит на пути западных влагонасыщенных воздушных масс. Наряду с этим, в средней части имеется значительное расширение с полого-холмистым рельефом, поверхность которого хорошо задернована. Этот участок водосбора, активно участвующий в формировании минимального стока, сложен рыхлыми четвертичными отложениями и продуктами сноса, регулирующими сток, что и обуславливает повышенное значение h .

Река Кегеты, при средней высоте 2900 м, расположена в районе с достаточным увлажнением, но характеризуется самым малым минимальным стоком, равным 5,9 мм, что обусловлено широким распространением в водосборе палеозойских пород, обладающих низкой водопроницаемостью и, соответственно, водоотдачей. Покровные отложения, представленные небольшими прерывистыми участками, в основном в пойме реки, не обладают стокорегулирующей способностью, что определяет малое значение h .

Таласский район характеризуется средними значениями минимального модуля стока ($M_{мин}$), составляющими $3,33$ л/(с км²). Наименьшее значение характерно для р. Нелды (ур. Джурга) и равно $1,79$ л/(с км²). Это связано, в первую очередь, с относительно небольшой высоты водосбора (наивысшая точка 8211; г. Манас, 3820 м), малым накоплением влаги в естественных подземных емкостях за предшествующий летне-осенний период и южной экспозицией Кыргызского хребта. Наибольшие величины наблюдаются у р. Куркуреу-Суу-ур. Чон-Курчак $M_{мин} = 6,82$ л/(с км²), что обусловлено северной экспозицией, расположением водосбора в наиболее приподнятой части Таласского хребта (пик Манас, 4482 м), что предполагает накопление влаги в предшествующий летне-осенний период.

Если рассмотреть модуль $M_{мин}$ порайонно, наименьшие их значения приходятся на реки южного склона Кыргызского хребта $M_{мин} = 1,79 \dots 2,46$ л/(с км²). Наибольшим модулем $M_{мин} = 4,30 \dots 6,82$ л/(с км²) характеризуются реки северного склона Таласского хребта. Среднее значение имеет сток рек с высоким увлажнением, но небольшой высотой водосбора; малой высотой, но при большом увлажнении. Несмотря на значительное количество осадков (до 900 мм/год), реки

восточной части Таласской впадины из-за небольших абсолютных высот модули $M_{мин}$ ненамного превышают средние значения и составляют 3,34 . . . 3,86 л/(с·км²). На основе вышеотмеченных факторов и пространственного распределения значений $M_{мин}$ выделяются реки трех районов. Это реки южного склона Кыргызского хребта, восточной части Таласской впадины и северного склона Таласского хребта.

Реки Сары-Джазского бассейна характеризуются небольшими значениями $M_{мин}$ и находятся в пределах 1,5 . . . 2,5 л/(с·км²). Сток характеризуется данными всего трех рек, что полностью не отражает закономерности пространственного распределения значений $M_{мин}$ данного региона, климат резко континентальный, засушливый (осадки до 300 мм). Большое развитие получила многолетняя мерзлота, что отражается как на распределении, так и на величинах $M_{мин}$.

По природно-климатическим условиям бассейн реки Нарын подразделяется на несколько районов: Верхний Нарын, бассейн реки Кокомерен, Кетмень-Тюбинский, Нижнего Нарына, где река Нарын принимает притоки, стекающие с Чаткальского, Ферганского и Туркестанского хребтов. Распределение величины $M_{мин}$ крайне не равномерное и колеблется в пределах 0,95 л/(с·км²) - р. Кокджерты - хр.Актала до 1,10 л/(с·км²), р. Афлатун. В основном величины $M_{мин}$ колеблются в пределах 2,30 . . . 4,50 л/(с·км²). Наиболее низкие значения $M_{мин}$ на р. Кокджерты, по-видимому, связаны с резким уменьшением стока в эти месяцы в связи с перемерзанием высокогорного озера Сон-Куль. Максимальные значения $M_{мин}$ для реки Афлатун закономерны в связи с тем, что ее бассейн расположен на одной из наиболее увлажненных территорий Кыргызстана, осадков здесь выпадает более 1000 мм. Высоким значениям $M_{мин}$ здесь также способствует сильно расчлененный рельеф, в результате чего река дренирует весь комплекс подземных водоносных горизонтов. Анализ тектонической карты показывает, что водосбор находится на стыке крупных региональных разломов, где формируется устойчивый подземный сток.

В верхней части бассейна р. Нарын, куда мы включили данные по рекам Верхне- и Средненарынской впадины, значения $M_{мин}$ меняются от 0,95 до 3,99 л/(с·км²).

Распределение $M_{мин}$ по бассейну р. Кокомерен, являющейся одним из крупных притоков р. Нарын, проявляется следующим образом: наибольшие значения $M_{мин}$ наблюдается у р. Каракол (зап.) - 5,96 л/(с·км²), наименьшие у р. Кокомерен - 0,5 км ниже устья р. Джумгал -

3,59 л/(с·км²). Это связано с высотой водосборов этих рек (Каракол (зап.) - 3170 м, Кокомерен - 2810 м). В среднем для всего бассейна значения $M_{мин}$ находятся в пределах 3,0 . . . 4,0 л/(с·км²), что отражает единство условий формирования минимального стока всего бассейна.

Реки нижней части бассейна р. Нарын формируются в пределах Кетмен-Тобонской впадины, юго-западного склона Ферганского и южного склона Чаткальского хребтов. Для рек Кетмен-Тобонской впадины величины $M_{мин}$ колеблются в пределах 2,4 . . . 6,24 л/(с·км²), что указывает на однородность условий формирования с некоторой тенденцией увеличения $M_{мин}$ с западной части на восток.

По территории Южного Кыргызстана распределение $M_{мин}$ крайне не равномерное. Реки формируются на склонах хребтов, окружающих Чон-Алайскую, Ферганскую и Чаткальскую впадины. В целом по значениям минимального стока можно выделить гидрологические районы со сходными условиями его формирования.

Величины $M_{мин}$ изменяются от 1,42 до 7,28 л/(с·км²). Большие различия показывают на разнообразие комплекса физико-географических и гидрогеологических факторов, влияющих на формирование минимального стока рек исследуемого района. Наибольшие $M_{мин}$ характерны для рек Афлатун и Тентексай, равные 7,10 и 7,28 л/(с·км²). Водосбор р. Афлатун расположен в наиболее увлажненной (осадки более 1000 мм) восточной части южного склона Чаткальского хребта, что определяет повышенную водность реки. Здесь широко распространены карбонатные породы с трещиновато-карстовым типом водопроницаемости, составляющим 63% площади водосбора. Водосбор Тентексай расположен также в сильно увлажненной (осадки более 1000 мм) части Ферганского хребта, что определяют повышенную водность реки.

Наименьшее значение модуля $M_{мин} = 1,42$ л/(с·км²) характеризует р. Кассансай, расположенную в наименее увлажненной юго-западной части южного склона Чаткальского хребта. При этом основную (до 85%) часть ее водосбора слагают метаморфические и изверженные породы, имеющие трещинный тип водопроницаемости, формирующие устойчивый сток.

В южной части склона Ферганского хребта у притока р. Карадарья величина $M_{мин}$ находится в пределах 3,8 . . . 6,74 л/(с·км²). Наибольшие $M_{мин}$ равны 6,74 л/(с·км²) у р. Каракульджа - с. Акташ, что определяется высоким (3250 м) водосбором в совокупности с достаточным увлажнением (осадки 800-900 мм). Наименьшие $M_{мин}$, равное 3,87 л/(с·км²) у р. Кур-

шаб - с. Гульча, связано с формированием минимального стока в условиях недостаточного увлажнения (осадки 300-400 мм) и меньшими высотами (до 3000 м).

Минимальный сток у рек, стекающих с южных склонов Алайского и Туркестанского хребтов, в целом происходит при одинаковых природно-климатических и гидрогеологических условиях. Некоторое увеличение по территории наблюдается с запада на востока по высоте. Величины $M_{мин}$ изменяются от 2,37 у р. Ходжабакырган до 4,65 л/(с·км²) у р. Сох. Разница в показателях $M_{мин}$ закономерна, так как водосборы указанных рек сильно различаются по высотам, составляя 2420 и 3480 м соответственно.

Бассейн р. Чаткал и ее левый приток р. Терс характеризуют модули -5,35 и 5,12 л/(с·км²) соответственно. Формирование минимального стока происходит в условиях увлажненного (осадков более 900 мм) климата. Эти данные подтверждают, что при достаточном увлажнении возможны большие $M_{мин}$ даже при относительно низких (2700 – 2800 м) средневзвешенных высотах водосборов.

Бассейн р. Кызылсуу представлен данными гидропоста с. Дараут - Коргон, $M_{мин} = 4,51$ л/(с·км²). Следует отметить, что на фоне засушливого климата высокогорий большие значения $M_{мин}$ связаны с регулирующей способностью мощных (до 700 . . . 800 м) покровных отложений, заполняющих Алайскую впадину.

Анализ графиков районных зависимостей $h = f(H_{cp})$ показывает, что высотный градиент средней величины минимального стока уменьшается с запада на восток, т.е. по мере увеличения увлажнения территории. Это отвечает известному общему географическому положению об увеличении высотных градиентов и контрастности ландшафтов с ростом аридности. Для основных районов (1-11) полученные зависимости $h(H_{cp})$ можно применять для расчетов минимального стока при отсутствии материалов наблюдений, выявления антропогенного воздействия на сток маловодного периода, а также планирования водохозяйственных мероприятий по рациональному использованию водных ресурсов Кыргызстана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амусья А.З. Минимальный сток горных рек Средней Азии // Труды ГГИ. - 1972. - Вып. 188. - С. 283 - 304.

2. Богачинов Т.М. Минимальный сток рек Северного Тянь-Шаня (бассейны рек Чу, Талас и оз. Иссык-Куль): Автореф. дис...канд. геогр. наук: 11.00.07. / КазГУ им. С.М. Кирова. - Алма-Ата, 1973. - 21 с.
3. Карамолдоев Ж.Ж., Христофоров А.В. Сток горных рек в маловодный период, его расчеты и прогнозы. Бишкек, Илим, 1994. - 149 с.
4. Михайлов В.М. Анализ формирования меженного стока рек Памиро-Алая и Тянь-Шаня и способы его расчета: Автореф. дис. канд. геогр. наук: 11.00.07. / МГУ им. М.В. Ломоносова., 1975. 27 с.

Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры

БАҚЫЛАУ ДЕРЕКТЕРІ БОЛМАҒАН ЖАҒДАЙДА ҚЫРҒЫЗСТАН ӨЗЕНДЕРІНІҢ ТӨМЕН АҒЫНДЫСЫН ЕСЕПТЕУ

Геогр. ғылымд. канд. Ж.Ж.Қарамолдоев

Мақалада Орта Азияның таулы аймағы үшін бақылау материалдары болмаған жағдайдағы өзендердің төмен ағындысын есептеу әдістемесі қарастырылған.