

УДК 556.167.6.

**ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ПЕРЕСЫХАНИЯ МАЛЫХ
НИЗКОГОРНЫХ РЕК**Доктор геогр. наук Г.Е. Глазырин
Н.З. Сагдеев

Главными источниками собственной воды в Узбекистане являются небольшие, низко расположенные реки, гидрологический режим которых плохо изучен. Летняя межень – критическая фаза гидрологического цикла малых рек, наступающая в период, когда потребность в воде для сельского хозяйства особенно велика. Тем более важными являются факт и период пересыхания рек. В работе рассмотрен этот вопрос на довольно обширных материалах многолетних гидрологических наблюдений на малых реках, несущих воду в р. Ахангаран (Западный Тянь-Шань). Предлагается простой метод определения вероятности пересыхания таких рек. Он может быть использован и в других районах, где имеется достаточно тесная зависимость модуля стока от высоты бассейна.

Будучи в значительной степени аграрной страной, Узбекистан обладает незначительными собственными водными ресурсами. Они составляют лишь около 10 % от поступающих на территорию республики вод [7]. Остальные формируются в горах, расположенных на территории соседних государств – Киргизии, Таджикистана, Казахстана, Афганистана. Главными же источниками собственной воды являются небольшие, низко расположенные реки, гидрологический режим которых наименее изучен. Отсюда следует важность исследования особенностей режима таких рек. Это – многогранная проблема, и мы остановимся лишь на одной ее стороне – пересыхании рек (саев) во время межени.

Летняя межень – критическая фаза гидрологического цикла малых рек, наступающая в период, когда потребность воды для сельского хозяйства особенно велика. Тем более важными являются факт и период пересыхания рек. К сожалению, этому вопросу гидрологи Средней Азии уделяли явно недостаточно внимания. Мы попытались рассмотреть этот вопрос на довольно обширных материалах многолетних гидрологических наблюдений на малых реках, несущих воду в р. Ахангаран.

Исходные данные. Всего имеются данные по 38 гидрологическим постам в бассейне этой реки, действовавшим в разное время и в течение разных периодов [5]. Режим р. Ахангаран и ее составляющих весьма хорошо изучен. Для малых рек восстановлены ряды данных о стоке на ряде постов за достаточно длинный период, найдены зависимости модулей стока от высоты местности [5]. По разным причинам (очень короткие ряды, большие площади водосборов, интенсивный водозабор выше гидрометрических постов и др.) многие реки не были использованы для анализа. В частности, пришлось отбросить р. Бургалик, так как не удалось определить площадь ее водосбора и среднюю высоту последнего. Мы не включили в список реки Кутырбулак и Джиблан, потому что данные наблюдений на них выпадали из всех зависимостей, построенных нами. Очевидно, по той же причине эти данные не были использованы и в работе [5].

Список тех рек и постов на них, которые были включены в выборку (20 постов), приведен в табл. 1.

Таблица 1

Сведения о реках, материалы наблюдений на которых были использованы в работе. F – площадь водосбора, H_m – средняя высота водосбора, N – число лет наблюдений

| Река | Пост | F , км ² | H_m , км | Период наблюдений | N |
|--------------|-------------------|-----------------------|------------|-------------------|-----|
| Кызылча | Верховье | 24,6 | 2,79 | 1966...1970 | 5 |
| Кызылча | к. Иерташ | 51,6 | 2,34 | 1951...2006 | 56 |
| Головная | Устье | 10,3 | 2,37 | 1959...1970 | 12 |
| Давансай | Устье | 10,6 | 2,93 | 1959...1970 | 12 |
| Безымянная | Устье | 3,3 | 2,41 | 1959...1970 | 12 |
| Четыксай | Устье | 8,7 | 1,88 | 1959...1969 | 11 |
| Таганбашисай | 5,8 км выше устья | 16,8 | 2,31 | 1954...1959 | 5 |
| Наугарзан | 5 км выше устья | 84,4 | 1,89 | 1961...1965 | 5 |
| Наугарзан | с. Турк | 92,8 | 1,85 | 1963...1970 | 8 |
| Нишбаш | к. Нишбаш | 141 | 2,05 | 1963...2007 | 45 |
| Дукантсай | г. Янгибад | 69,8 | 2,10 | 1967...1970 | 4 |
| Дукантсай | п. Дукант | 201 | 2,21 | 1971...2007 | 37 |
| Карабау | с. Самарчук | 166 | 2,03 | 1963...2007 | 45 |
| Гушсай | к. Кочбулак | 128 | 1,88 | 1979...1987 | 9 |
| Абджазсай | к. Абджаз | 70,5 | 1,59 | 1978...2007 | 30 |
| Акча | к. Акча | 125 | 1,56 | 1951...1982 | 32 |
| Шаугаз | ур. Караташ | 65,8 | 1,66 | 1951...2007 | 57 |
| Шавазсай | к. Каракия | 137 | 1,72 | 1950...1954 | 5 |
| Шавазсай | к. Джувасхана | 161 | 1,62 | 1954...1965 | 13 |
| Алмалыксай | к. Карамазар | 56,5 | 1,45 | 1951...1959 | 9 |

Как видим, мы взяли для анализа также реки с короткими рядами наблюдений. Это определило в какой-то мере и методику исследования.

На рис. 1 показана зависимость средних многолетних годовых модулей стока выбранных рек от средних высот их водосборов. Связь оказалась весьма тесной: коэффициент корреляции равен 0,93. Это в какой-то мере может свидетельствовать о том, что все выбранные реки принадлежат одному гидрологическому району, что, правда, несколько отличается от выводов, сделанных в работе [5]. Таким образом, мы считаем, что статистические зависимости можно искать для всей совокупности бассейнов, не разбивая ее по подрайонам.

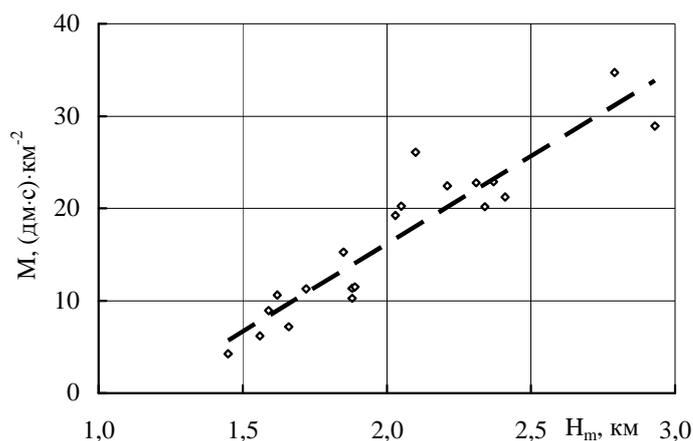


Рис. 1. Зависимость средних многолетних годовых модулей стока выбранных рек от средней высоты водосборных бассейнов.

Гидрологи давно установили, что при изучении минимальных или межениных расходов воды следует использовать осредненные данные – среднемесячные, в лучшем случае – среднедекадные расходы воды [2, 4, 8]. По этой причине мы работали только со среднемесячными величинами.

Время наступления минимальных месячных расходов на горных реках Средней Азии зависит от высоты, на которой расположены водосборы [6]: высоко в горах они приходятся на январь – февраль, а в предгорьях – на август – октябрь. Причина в том, что низко расположенные реки в осенне-зимнее время подпитываются осадками, которые здесь выпадают часто в жидком виде, в то время как в горах – в твердом и не поступают сразу в сток. А так как нас будет интересовать лишь пересыхание низкоречных рек, то мы ограничимся рассмотрением летне-осенних месяцев.

Методика. Эта методика проста: строились зависимости модулей стока бассейнов M от некоторых определяющих факторов. Экстраполяция

этих зависимостей на $M = 0$, если она возможна, дает то соотношение этих факторов, при котором возможно пересыхание. Поиск этих сочетаний и является целью работы.

Для каждой реки и рассматриваемых месяцев были рассчитаны модули стока с повторяемостью раз в два года ($M_{0,5}$) и раз в 5 лет ($M_{0,2}$). Мы взяли только эти значения обеспеченности, чтобы, во-первых, не выходить за пределы эмпирических распределений и не привлекать какие-либо теоретические распределения, а во-вторых, довольно короткие ряды на некоторых реках (табл. 1) не позволяли достаточно надежно рассчитать значения величин даже такой повторяемости. В первую очередь, это касается повторяемости $M_{0,2}$. В дальнейшем зависимости строились лишь для величин расходов указанных выше повторяемостей.

Какие факторы должны влиять на величину минимальных месячных расходов и, в частном случае, на пересыхание рек? В первую очередь, это должны быть высота бассейна, его площадь, геологическое строение [2, 4, 8]. Первый из этих показателей сказывается в горах всегда, так как поступление воды на водосборы сильно от него зависит. Об этом свидетельствует и рис. 1.

Целым рядом исследователей [1, 6, 9 и др.] обнаружено, что, как ни странно, площадь водосбора не очень сильно влияет на меженные расходы, а соответственно, и на пересыхание, так как они в существенной мере зависят от геологического строения водосборов, в свою очередь, влияющего на величину и скорость накопления подземных вод и их поступление в речную сеть.

Геологическое строение бассейнов обычно трудно охарактеризовать численно, приходится пользоваться некоторыми косвенными признаками, например, показателями зарегулированности стока: чем более зарегулирован сток, тем больше емкость пород бассейна. В качестве такового мы приняли отношение среднего квадратического отклонения месячных расходов воды (Q_i) от среднегодовых (Q_{an}) к площади водосбора (F):

$$S = \frac{\sigma Q}{F},$$

$$\text{где } \sigma Q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{12} (Q_i - Q_{an})^2}{12}}.$$

Расчет был сделан по средним многолетним среднемесячным расходам. Мы не включили в число переменных модули паводков, как это сделано в работе [8], так как зависимости и меженных и паводковых рас-

ходов от высоты местности очень тесные, а потому можно использовать лишь один из показателей. Кроме того, для расчетов вероятности пересыхания рек, на которых не было наблюдений, можно пользоваться лишь морфометрическими показателями.

Следующий шаг – построение линейных зависимостей месячных модулей стока указанных повторяемостей ($M_{0,5}$ и $M_{0,2}$) от названных факторов. Параметры этих зависимостей a_0 , a_1 и a_2 были найдены методом наименьших квадратов:

$$M = a_0 + a_1 \cdot H_m, \quad (1)$$

$$M = a_0 + a_1 \cdot H_m + a_2 \cdot F, \quad (2)$$

$$M = a_0 + a_1 \cdot H_m + a_2 \cdot S. \quad (3)$$

Мы считали, что основным определяющим фактором является высота водосбора, а параметры F и S могут лишь несколько уточнить зависимости.

Результаты. Прежде всего, нужно было оценить вклад дополнительных показателей F и S в приведенные выше уравнения. Их влияние можно проследить в табл. 2. Все коэффициенты корреляции связей очень высоки и меняются на первые единицы лишь во втором знаке. Это означает, что можно ограничиться только зависимостью модулей стока от высоты водосборов.

Таблица 2

Коэффициент корреляции истинных и рассчитанных значений модуля стока с помощью уравнений (1) – (3)

| Месяц | $M_{0,5}$ | | | $M_{0,2}$ | | |
|----------|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| | уравнение | | | уравнение | | |
| | (1) | (2) | (3) | (1) | (2) | (3) |
| Август | 0,920 | 0,925 | 0,931 | 0,913 | 0,925 | 0,927 |
| Сентябрь | 0,933 | 0,933 | 0,933 | 0,934 | 0,949 | 0,951 |
| Октябрь | 0,924 | 0,929 | 0,925 | 0,926 | 0,943 | 0,941 |

Все шесть зависимостей вида (1) показаны на рис. 2.

Очевидно, что критические средние высоты бассейнов ($H_{кр.}$), ниже которых модули стока заданной обеспеченности становятся равными нулю в соответствующие месяцы, то есть происходит пересыхание, легко вычислить из уравнений вида (1), приравняв:

$$H_{кр.} = -\frac{a_0}{a_1}.$$

В табл. 3 приведены значения этих коэффициентов и $H_{кр.}$.

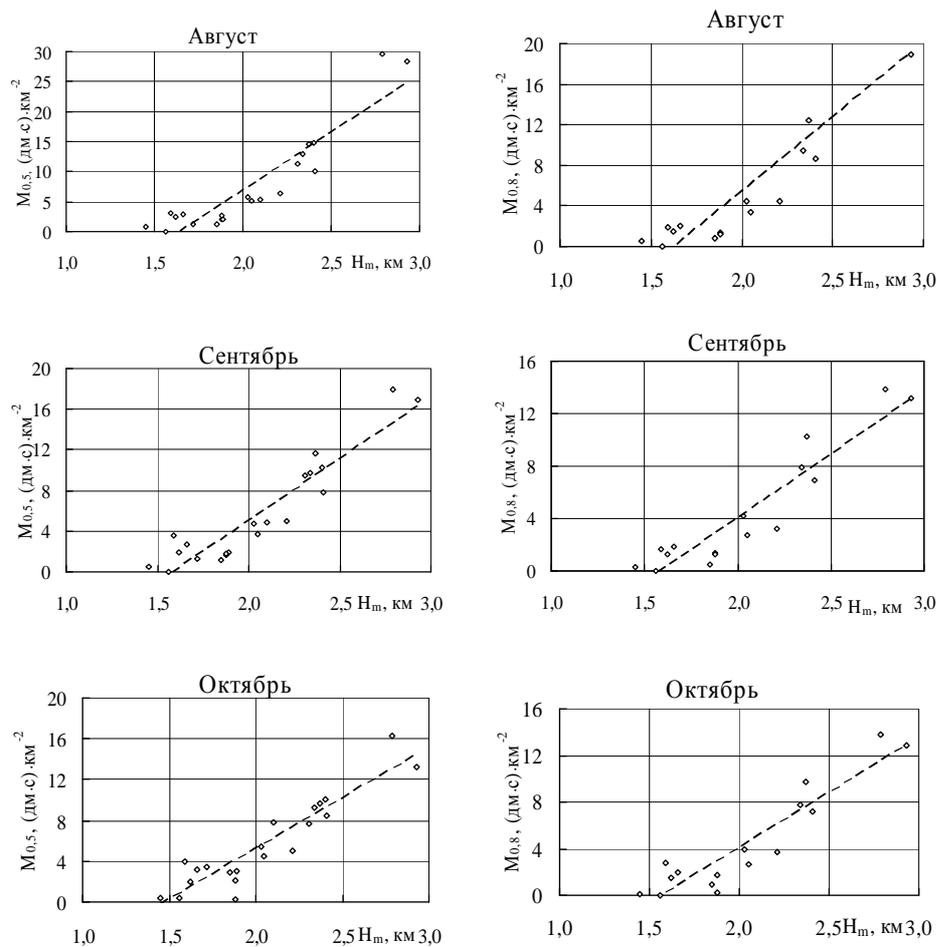


Рис. 2. Зависимости среднемесячных модулей стока от высоты местности. Левая колонка – модули 50 % обеспеченности, правая – 80 % обеспеченности.

Таблица 3
 Параметры зависимостей (1) и значения критической средней высоты водосборов

| Месяц | $M_{0,5}$ | | | $M_{0,2}$ | | |
|----------|-----------|-------|---------------|-----------|-------|---------------|
| | a_0 | a_1 | $H_{кр., км}$ | a_0 | a_1 | $H_{кр., км}$ |
| Август | -31,71 | 19,26 | 1,65 | -24,02 | 14,68 | 1,64 |
| Сентябрь | -19,21 | 12,13 | 1,58 | -15,49 | 9,75 | 1,59 |
| Октябрь | -14,75 | 9,97 | 1,48 | -14,80 | 9,43 | 1,57 |

Итак, мы пришли к интересному результату: для любого небольшого водосбора в бассейне р. Ахангаран достаточно определить по карте его среднюю высоту. Если последняя окажется менее $H_{кр.}$, то возможно

пересыхание с указанной повторяемостью. Заметим, что в нашей выборке присутствуют реки с площадями водосборов даже менее 10 км². Следовательно, такой расчет может быть сделан и для небольших ручьев. Следует, правда, обратить внимание на то, что значения $M_{0,5}$ и $M_{0,2}$ оказались близкими. Это несколько подозрительно, но может быть вызвано тем, что в нижней части наших зависимостей разброс точек вокруг кривых довольно велик. Очевидно, что значения $H_{кр.}$ получены для частных бассейнов р. Ахангаран, и в других районах должны быть иными.

Заключение. Итак, предлагается исключительно простой метод определения возможности пересыхания небольших рек в заданном районе. Необходимо иметь в виду, что зависимости, показанные на рис. 1 и 2, отражают гидрометеорологическую ситуацию во время действия гидрометрических постов, то есть конца 20 – начала 21 веков. При изменении климатических условий, которые наблюдаются в этом регионе [3], вид зависимостей, а, следовательно, и значения $H_{кр.}$ изменятся. При увеличении количества осадков должны уменьшиться, при уменьшении – увеличиться.

Этот простой метод может быть применен и для других низкогорных районов Средней Азии, в которых может быть получена тесная зависимость модулей стока от высоты.

Автор считает своим долгом поблагодарить проф. Г.Н. Трофимова за обсуждения и полезные советы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большаков М.Н. Водные ресурсы рек Советского Тянь-Шаня и методы их расчета. – Фрунзе: Илим, 1974. – 306 с.
2. Владимиров Л.А. Очерки горной гидрологии. – Тбилиси: Мицниереба, 1988. – 126 с.
3. Глазырин Г.Е., Группер С.Р., Глазырина М.Г. Изменение климата на разных высотах в Узбекистане. // Труды НИГМИ Узгидромета. – 2007. – Вып. 8(253). – С. 5-14.
4. Джорджио З.В. Межень на реках Средней Азии. // Труды ТГО. – 1954. – Вып. 10(11). – С. 112-130.
5. Иванов Ю.Н., Чулпанова И.А. Водные ресурсы бассейна р. Ахангаран. // Труды САНИГМИ. – 1999. – Вып. 153(234). – С. 57-88.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 14. Средняя Азия. Вып. 1. Бассейн р. Сыр-Дарья / Под ред. И.А. Ильина. Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 439 с.

