

Гидрология и метеорология

Некоторые проблемы оценки ресурсов поверхностных вод

А. М. Комлев

Главным источником водопотребления людей являются реки, речной сток – звено постоянного глобального влагооборота. Весь речной сток считать ресурсами поверхностных вод можно только при решении вопросов водопользования (гидроэнергетика, речной транспорт и др.). Что же касается водопотребления, то, естественно, встает вопрос об оценке эксплуатационных ресурсов, т.е. той части речного стока, которая может изыматься из реки без нанесения ей ущерба как элементу ландшафта, как экологической системе. Следовательно, все более актуальной становится оценка экологического стока рек, т.е. комплектование ненарушаемых гидрографов. Работа эта чрезвычайно сложна, т.к. при ее выполнении должны учитываться особенности взаимодействия потока и русла, продуктивность сельхозугодий и естественной растительности в пределах поймы, транспортное, рыбопродуктивное значение водотока и другие виды его текущего и перспективного использования. Анализ методических подходов к комплектованию ненарушаемых гидрографов для удовлетворения различных потребностей, а также методика комплексного подхода к решению этой задачи приведены в монографии И. С. Шахова [15].

Тем не менее, в большинстве случаев и сейчас ресурсы поверхностных вод оцениваются общим объемом среднего годового стока реки, или его нормой. Норма годового стока рек является, кроме этого, одной из важных географических и гидрологических характеристик. По ней оценивают структуру водного баланса территории, она является одной из важнейших величин при косвенном определении многих параметров гидрологического режима неизученных рек, исходной величиной при оценке гидроэнергетических ресурсов.

Однако ресурсы поверхностных вод – это не только норма годового стока. В связи с большой динамичностью стока необходима оценка целого комплекса его параметров, с помощью которых определяется его внутригодовая и многолетняя изменчивость. Особое внимание уделяется оценке экстремальных значений стока. В данном случае остановимся на методах оценки нормы и многолетней изменчивости годового, максимального весеннего и минимального зимнего стока рек.

Определение параметров кривой распределения для вычисления значений стока с разной вероятностью их наступления при наличии материалов гидрометрических наблюдений не представляет особых затруднений. Главной проблемой является оценка этих параметров по неизученным рекам, к числу которых относится подавляющее число малых. Расчеты стока малых рек особенно сложны, т.к. во многих случаях он отклоняется от зональных значений. Поэтому к полученным зональным величинам, оцениваемым по изученным рекам, необходимо вводить те или иные поправки, учитываю-

щие влияние местных факторов. Критерием для отнесения реки, протекающей в конкретных природных условиях, к категории малых является критическая величина водосборной площади $F_{кр}$, размеры которой для разных природных зон и районов приведены в нормативных документах [1, 13]. В соответствии с этими нормативами зональные значения годового и минимального стока определяются по картам изолиний модулей стока q , л/(с*км²), а для малых рек умножаются на поправочные коэффициенты. Расчеты максимального стока талых вод производятся по более сложной схеме – через картографирование суммарного слоя весеннего стока [1, 13, 14].

Далее необходимо рассмотреть недостатки принятых схем расчета малых рек. Особенно важно эти недостатки отметить сейчас, когда ожидается введение новых нормативов по определению расчетных гидрологических характеристик. В структуре этих нормативов уже не предусмотрены общие для страны расчетные карты и многие вспомогательные материалы, отсутствие которых должно компенсироваться соответствующими сведениями в рамках «Территориальных строительных норм» (ТСН). Желательно, чтобы ниже отмеченные недостатки не перешли в эти новые документы.

Обратим внимание на один из крупных недостатков действующих нормативов – определение размеров критической площади водосбора, по которой реки того или иного района делятся на две категории: малые с $F < F_{кр}$, с азональным стоком, все другие средние реки – со стоком, отражающим зональные условия его формирования. Методика этого деления заключается в следующем. Если модули годового стока в определенном диапазоне площадей водосборов мало различаются, то линия связи на графике $q=f(F)$, где F – площадь водосбора, проходит горизонтально оси F (линия 1, рис. 1а). В случае снижения модулей стока с малых по площади водосборов, что объясняется слабой дренирующей способностью неглубоко врезанных русел, эта линия связи в левой своей части выгибается вниз (линия 2). Аналогичная ситуация наблюдается и при анализе модулей минимального стока (линия 3). По точкам перегиба таких связей и определяют величину $F_{кр}$. В нашем случае для годового стока $F_{кр} \approx 100$ км². Для минимального стока эти размеры бывают на порядок больше.

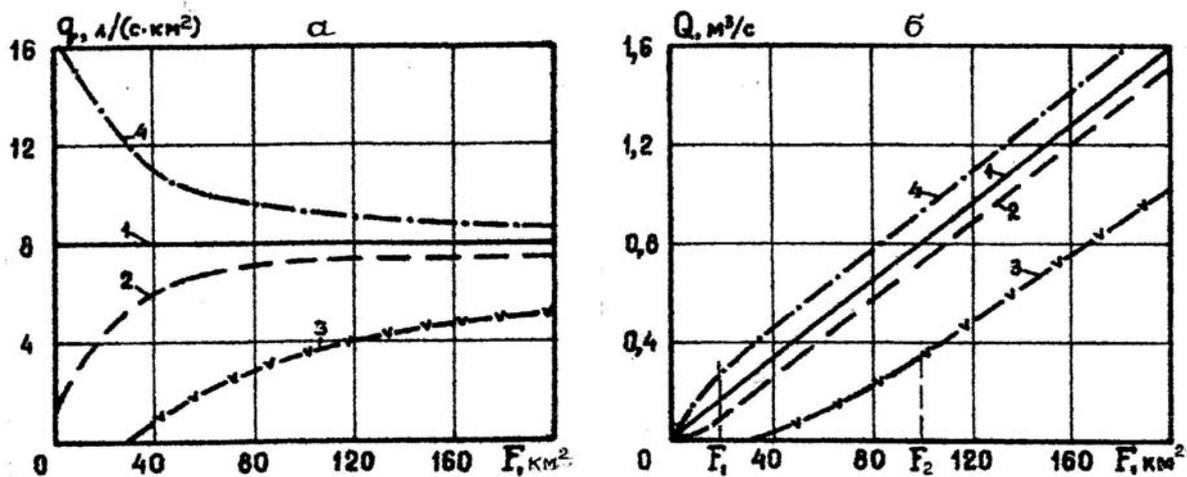
Иначе выглядит зависимость от площади модулей максимального стока (линия 4), наибольшие значения которых отмечаются в пределах самых малых площадей, т.е. происходит редукция модулей максимального стока по площади. Пределы этой редукции на основе использования зависимостей вида $q=f(F)$ распространяются на водосборы площадью до десятков тысяч квадратных километров. Вследствие этого считается, что во всех случаях модули максимального стока азональны и поэтому не подлежат картографированию.

К сожалению зависимости $q=f(F)$ страдают одним очень существенным недостатком: являются примером ложной корреляции $q=Q/F=f(F)$, где Q – расход воды (м³/с). Как видим, здесь дробь связывается с собственным знаменателем, что приводит к существенному искажению действительного характера связи стока рек с размером их водосборных площадей. Как показали исследования рассматриваемого типа связей, их использование приводит к очень большому завышению критических площадей при расчетах годового и минимального стока и многократному завышению пределов редукции максимального стока талых вод [5, 6, 7, 9 и др.].

Оказалось, что для оценки значений $F_{кр}$ более правильным является использование локальных зависимостей: расход воды (Q , м³/с) – площадь водосбора (F , км²). На рис. 1б на основе тех же заданных значений, что и на рис 1а, представлены такие зависимости для годового и минимального стока (линии 2 и 3). Как видим, значения $F_{кр}$ в обоих случаях резко снижаются; то же происходит с максимальным стоком (линия 4). Примечательно, что в сравнительно однородных природных условиях связи $Q=f(F)$ прямолинейны, что позволяет по ним легко оценивать сток неизученных рек, опреде-

лив величину водосборной площади. Более того, появляется основание для картографирования модулей максимального стока. Использование локальных зависимостей вида $Q_{\max}=f(F)$, а также карты изолиний q_{\max} впервые позволило применить для расчетов максимального стока неизученных рек классическую схему расчетов по трем известным параметрам кривой распределения [8, 12].

Особо следует остановиться на рекомендуемой действующими нормативами методике оценки годового стока малых рек аридной зоны. Ее авторы [2] в этом случае уже игнорируют возможность снижения модуля стока по мере уменьшения дренирующей способности реки, что особенно должно быть выражено именно в аридной зоне при низком стоянии уровня грунтовых вод. Они применили зависимость, как и по максимальному стоку, якобы отражающую увеличение модулей годового стока по мере уменьшения водосборной площади. В действительности этот вывод получен путем использования несопоставимой информации о стоке рек с различными условиями его формирования [3, 8]. На основе такого подхода резко занижены модули зонального стока и ресурсы поверхностных вод аридной зоны. Следовательно, методика оценки годового стока рек этой территории требует кардинальной переработки.



Варианты связи расходов воды Q и модулей стока q с площадью водосбора F :
а – связи вида $a=f(F)$; б – соответствующие им связи $Q=f(F)_x$

Следующим этапом расчетов речного тока является определение степени его многолетней изменчивости, которая обычно оценивается коэффициентом вариации C_v . Для неизученных рек вариацию годового стока рекомендуется определять по карте изолиний C_v [14] или по эмпирической формуле [1, 13], в зависимости от нормы стока q , л/(с*км²), площади водосбора, а также параметра a , отражающего особенности природных условий конкретного бассейна. Включенная в эту формулу площадь водосбора на вариацию годового стока малых и средних рек оказывает слабое влияние, что подтверждается возможностью картографирования значений C_v . Величина параметра a оценивается по графикам связи $C_v=f(q)$, которые имеют обычно сложную форму, что затрудняет решение задачи.

Анализ показывает, что криволинейный характер связи $C_v=f(q)$ определяется в основном той же причиной, что и в связи вида $q=f(F)$. Если учесть, что $C_v=\sigma/q$, где σ – среднее квадратическое отклонение, т.е. абсолютное значение изменчивости, выражаемое в данном случае в л/(с*км²), то можно сделать вывод о том, что связь $C_v=\sigma/q=f(q)$ также математически не корректна.

Анализ характеристик стока многих рек [4, 5, 10, 11, 12 и др.] показал, что гораздо проще исследовать связи $\sigma=f(q)$, которые в однородных природных условиях

прямолинейны и достаточно тесны, поэтому намного упрощают процесс гидрологического районирования по этому признаку.

В заключение следует отметить, что существующие нормативы по определению расчетных гидрологических характеристик для проектирования применительно к оценке стока неизученных рек кроме отмеченных недостатков нередко излишне усложнены. Так, для того чтобы вычислить максимальный сток талых вод, необходимо использовать 15 формул, 14 таблиц и 4 карты. В итоге может быть однонаправленное накопление многочисленных погрешностей и существенное отклонение расчетных значений стока от действительных.

Представляется, что при предстоящем составлении гидрологических ТСН способы оценки стока неизученных рек должны быть значительно пересмотрены и упрощены, т.к. полученные косвенным путем параметры стока могут использоваться только на начальной стадии проектирования. В дальнейшем эти предварительные результаты уточняются хотя бы кратковременными натурными исследованиями. Изложенные выше альтернативные подходы как раз и могут использоваться для этой стадии. Следует лишь обратить внимание на одну особенность использования связей вида $Q = f(F)$ и $\sigma = f(q)$. Поскольку здесь анализируются абсолютные значения стока и показателей его изменчивости, при оценке тесноты связей нельзя ограничиваться только величиной коэффициента корреляции. Необходимо обращать особое внимание на относительные отклонения эмпирических точек от центральной линии связи в диапазоне малых значений исследуемых величин. Характер расположения точек в этом диапазоне на связи $Q = f(F)$ может использоваться для экстраполяции указанной линии в точку начала координат.

Библиографический список

1. *Атлас* расчетных гидрологических карт и номограмм. Л.: Гидрометеиздат, 1986.
2. *Воскресенский К.П.* Гидрологические расчеты при проектировании на малых реках, ручьях и временных водотоках / К.П. Воскресенский. Л.: Гидрометеиздат, 1956.
3. *Комлев А.М.* Проблемы оценки ресурсов поверхностных вод юга Западной Сибири и севера Казахстана / А.М. Комлев // География и природные ресурсы. 1988. № 2.
4. *Комлев А.М.* О показателях многолетней изменчивости годового стока рек / А.М. Комлев // География и природные ресурсы. 1989. № 4.
5. *Комлев А.М.* Некоторые аспекты использования абсолютных и относительных значений статистических параметров речного стока / А.М. Комлев // Там же.
6. *Комлев А.М.* К оценке максимального стока неизученных рек / А. М. Комлев // Тр. ГГИ. 1992. Вып. 357.
7. *Komlev A.M.* On estimation of dimensions of river basins in hydrological computation / A.M. Komlev. Runoff computations for water projects. Proceedings of the St.Petersburg Symposium (30 October – 3 November 1995) IHP – V Technical Documents in Hydrology. UNESCO. № 9. 1997.
8. *Комлев А.М.* К расчету максимального стока талых вод (на примере Тюменской области) / А.М. Комлев // География и природные ресурсы. 2002. № 3.
9. *Комлев А.М.* Закономерности формирования и методы расчета речного стока / А.М. Комлев. Пермь, 2002.
10. *Комлев А.М.* К оценке многолетней изменчивости годового стока неизученных рек камского бассейна / А.М. Комлев, Т.А. Имайкина // Комплексные эколог. Исследования водоемов и водотоков бассейна р. Камы. Пермь, 1993.

11. *Комлев А.М.* Методика оценки многолетней изменчивости годового стока неизученных рек Тюменской области / А.М. Комлев, М.А. Клопова // Тр. ЗСРНИГМИ. 1991. Вып. 97.
12. *Комлев А.М.* Методика расчета максимального весеннего стока рек Тюменской области / А.М. Комлев, Л.В. Переладова // География и природные ресурсы. 2001. № 4.
13. *Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик.* Л.: Гидрометеиздат, 1984.
14. *СНиП 2.01.14-83.* Определение расчетных гидрологических характеристик / Госстрой СССР. М.: Стройиздат, 1985.
15. *Шахов И.С.* Водные ресурсы и их рациональное использование / И.С. Шахов. Екатеринбург: Аква-пресс, 2000.