

О МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА ВОДНОГО БАЛАНСА ГОРНЫХ ВОДОСБОРОВ

А.В. Мезенцев

Томский государственный университет

Излагается методика расчета элементов водного баланса горных водосборов рек Алтая. В основу методики положена реализация идеи гидрологического контроля атмосферных осадков методом гидролого-климатических расчетов.

Основными проблемами расчета водного баланса горных водосборов являются крайне редкая сеть наблюдений и ограниченная репрезентативность исходных данных. В основу предлагаемой методики положена идея гидрологического контроля атмосферных осадков, предложенная для Алтая М.В. Троновым [5] и реализованная методом гидролого-климатических расчетов (ГКР) В.С. Мезенцева [2]. Этапы разработки методики:

1. Для исследуемой горной территории по данным метеопунктов по традиционной для метода ГКР схеме были рассчитаны годовые суммы максимально возможного испарения $\bar{Z}_m$ и определен вид зависимости $\bar{Z}_m$ от высоты местности H . Величины $\bar{Z}_m$ хорошо контролируются значениями радиационного баланса и (весьма ограниченными) данными водных испарителей. Для гор Алтая получена зависимость:

$$Zm_u = 800 - 0,15 H - \Delta Zm, \quad (1)$$

где ΔZm – затраты тепла на таяние снега и мерзлоты, мм.

Поправка на таяние ΔZm рассчитывалась по формуле, предложенной С.П. Никитиным [3]:

$$\Delta Zm = \frac{L_{пл}}{L_u} (S_{сн} + H_{пр} W_{нв} V), \quad (2)$$

где $L_{пл}$ – удельная теплота плавления льда; L_u – удельная теплота испарения воды; $S_{сн}$ – запас воды в снежном покрове, мм; $H_{пр}$ – глубина промерзания почвогрунта, м; $W_{нв}$ – наименьшая влагоемкость метрового слоя почвогрунта, мм/м; V – относительная влажность почвогрунта в долях наименьшей влагоемкости.

2. По данным о норме стока исследуемая территория была районирована по зависимости $\bar{Y}$ от средней высоты водосбора. Для анализа и построения зависимостей были учтены также и «вложенные» водосборы, для которых норма стока и средняя высота определялись по известной формуле средневзвешенного. На Алтае для анализа были использованы гидрологические данные по 86 створам и 45 межстворным (вложенным) водосборным участкам. Всего в Алтайском крае было выделено 12 региональных зависимостей нормы стока от средней высоты водосбора. Границы выделенных районов, как правило, совпадают с горными хребтами и водоразделами.

3. Расчет годовой нормы осадков KX производился по итерационному уравнению:

$$KX = Y + Zm_u [1 + (KX / Zm_u)^{-n}]^{-1/n}, \quad (3)$$

где n – параметр, учитывающий факторы подстилающей поверхности.

Значения параметра n ориентировочно можно получить по зависимости:

$$n = \frac{3 + f_n \cdot 10^{-2}}{1 + i \cdot 10^{-3}}, \quad (4)$$

где f_n – залесенность водосбора, %; i – средневзвешенный уклон водосбора, ‰.

Анализ степени влияния неточности назначения параметра n на результаты расчетов суммарного испарения и стока показал, что для хорошо увлажненных горных водосборов Алтая неточности параметра n до $\pm 25\%$ приводят к погрешностям расчета Z и Y лишь в 2–7%.

Расчеты, выполненные для Алтая, показали, что горные водосборы увлажнены в значительно большей степени, чем можно судить по данным метеопунктов, расположенных на небольших высотах на дне речных долин. Так, в бассейне р. Аргут в среднем по водосбору рассчитанные осадки составили 790 мм, на Катунском хребте – до 1920 мм, на Коргонском – 1290–1620 мм. Причем, измеренные в метеопунктах суммы осадков также вписываются в районные зависимости KX от средней высоты водосборов, уточняя их в нижней части графиков [4].

Значительные отклонения отдельных точек от районной зависимости могут свидетельствовать о действии каких-то местных факторов, например, карста, как получилось в низовьях р. Чарыш [1].

4. Величины нормы суммарного испарения $\bar{Z}$ определялись по разности рассчитанных осадков и измеренного стока. Анализ построенных графиков зависимости $\bar{Z}$ от средней высоты водосборов H для расчетных районов показал, что с ростом высоты и увлажненности суммарное испарение $\bar{Z}$ увеличивается до тех пор, пока не начинает лимитироваться максимально возможным испарением $\bar{Z}_m$, убывающим с высотой.

В шести районах максимум $\bar{Z}$ получен на высоте 500–600 м, для трех районов – на высоте 1400–1500 м, для одного района – на отметке около 2800 м.

В зависимости от соотношения ресурсов влаги и тепла и от особенностей подстилающей поверхности годовая величина суммарного испарения изменяется на Алтае от 123–280 мм в Чуйской котловине до 600–680 мм в предгорьях, достаточно обеспеченных влагой и теплом.

5. Были также рассчитаны относительные характеристики тепловлагообеспеченности: $\beta_x = KX/Zm$ – коэффициент увлажнения; $\beta_z = Z/Zm$ – относительное испарение; $\eta = Y/KX$ – коэффициент стока. Для них также были построены графики зависимости от средней высоты водосборов для тех же расчетных районов.

Коэффициент увлажнения β_x почти повсеместно больше единицы, что свидетельствует об общем высоком увлажнении водосборов. Лишь в горных степях и в равнинной части Алтая на высотах менее 400 м величина β_x меньше единицы.

Относительное суммарное испарение β_z на Алтае изменяется от 0,50–0,65 в верховьях р. Чуи до 0,95–0,99 в пригребневой зоне хребтов Центрального Алтая, на склонах Коргонского хребта и в северной части бассейна Телецкого озера.

О том, насколько правильно рассчитаны годовые величины осадков, можно судить по величинам коэффициента годового стока $\eta = Y/KX$. Он изменяется от 0,20–0,30 для предгорных и низкогорных водосборов, до 0,40–0,50 для среднегорных и до 0,6–0,83 – для высокогорных бассейнов. Наибольшие значения коэффициентов стока 0,75–0,83 получены для водосборов ледниковых рек.

Расчеты воднобалансовых характеристик, выполненные для условий метеопунктов по традиционной

для метода ГКР схеме, хорошо согласуются с расчетами по вышеизложенной методике, что позволяет более уверенно охарактеризовать тепловлагообеспеченность не только в условиях речных долин, но и в целом по водосборам горных рек.

Результаты исследований показали, что косвенное определение воднобалансовых элементов возможно на основе уравнения (3) по измеренному гидрометрическому стоку с учетом особенностей подстилающей поверхности (параметр n), а также тесной связи максимально возможного испарения Zm с высотой местности. Районирование территории Алтая по характеру связи стока с высотой местности, а также результаты расчетов элементов водного баланса водосборов по уравнению (3) дают достаточно полное и ясное представление о нормах водно-балансовых элементов и о закономерностях их пространственного распределения. При этом значения элементов водного баланса, рассчитанные по методу ГКР для условных метеопунктов, хорошо вписываются в высотные зависимости и уточняют их в нижней части.

Данная методика может послужить основой для исследования водного баланса малоизученных горных водосборов. Разумеется, данная методика не захватывает верхние части водосборов (приводораздельные). Здесь, безусловно, основными методами исследования являются маршрутные снегосъемки, γ -съемка и т.д. Комплексное применение нескольких подходов для различных высотных зон водосборов горных рек позволит существенно уточнить величины воднобалансовых составляющих для водосборов в целом.

Литература

1. Мезенцев А.В. Тепловлагообеспеченность, водный баланс и методика прогноза весеннего стока рек бассейна верхней Оби. Дисс... канд. геогр. наук. Иркутск. 1987. 283 с.
2. Мезенцев В.С. Гидрологические расчеты в мелиоративных целях. Омск: Изд-во Омск. с.-х. ин-та. 1982. 80 с.
3. Никитин С.П., Земцов В.А. Изменчивость полей гидрологических характеристик в Западной Сибири. Новосибирск: Наука. 1986. 204 с.
4. Снежно-водно-ледниковые ресурсы бассейна Верхней Оби и прогнозы стока весеннего половодья / Под ред. Д.А. Буракова. Томск: Изд-во Том. гос. ун-та. 1986. 254 с.
5. Тронов М.В. О гляциоклиматических показателях // Гляциология Алтая. 1970. Вып. 6. С. 8–18.