

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРЯДКОВ РЕК В ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТАХ

Косицкий А.Г., Соколова В.В., Христофоров А.В.

МГУ имени М.В.Ломоносова, Россия

Важной задачей в области гидрологических расчетов является определение характерных расходов воды неизученных рек. Обычно для этого используются стандартные приемы их оценки в соответствии с рекомендациями СП 33-101-2003. Величина этих характеристик находится по данным на реке-аналоге или в зависимости от изменения ландшафтных факторов, определяющих зональное изменение гидрологических характеристик, площади бассейна, среднего уклона водосбора, средневзвешенного уклона русла, залесенности, заболоченности и т.п.

Помимо традиционных приемов существует возможность оценки характерных расходов воды для неизученных рек с использованием индикационных свойств, присущих речной сети любой водосборной территории. Для учета этих двух факторов в теории структурной гидрологии используется специальный критерий подобия размера рек и сложности строения речной сети – порядок водотока N . Этот критерий определяется в соответствии с идеями Р. Хортон и его последователей. Наиболее удобной является схема А. Шейдеггера, в соответствие с которой порядок реки N в некотором расчетном створе является дробью и функцией числа рек первого порядка P :

$$N_{ш} = 1 + \log_2 P \quad (1)$$

Для увеличения порядка реки на единицу требуется двукратное увеличение количества рек первого порядка P . При относительном постоянстве густоты речной сети количество рек первого порядка на территориях, имеющих одну и ту же площадь F , примерно одинаково. Это означает, что $P = kF$, где k – коэффициент пропорциональности. Вследствие свойства обратимости функций верно и обратное равенство: $F = k^{-1}P$. Из уравнения (1) следует, что $P = 2^{N-1}$. Из совместного анализа этих соотношений следует, что $F = k^{-1}2^{N-1}$ и $F = (2k)^{-1}2^N$. Поскольку $\ln 2 \cong 0,69$,

$$F = a_F \exp(0,69N), \quad (2)$$

где $a_F = (2k)^{-1}$.

Величина параметра a_F изменяется в широких пределах в зависимости от густоты речной сети d . Чем больше d , тем больше водотоков первого порядка формируется на площади $F = \text{const}$. При условии $d = \text{const}$ величина N возрастает с увеличением F . Исследования по рекам,

находящимся в разных физико-географических условиях (Верхняя Волга, Печора, российская часть бассейна Амура), показали, что соотношение между N , d , и F характеризует универсальное уравнение:

$$N = \log_2 F + 2 \log_2 d. \quad (3)$$

Таким образом, порядок реки является характеристикой размера элементов структуры русловых потоков и мерой их подобия в отношении изменения гидрографических, гидрологических параметров речного бассейна.

В зонах избыточного и достаточного увлажнения величина порядка реки возрастает от истока к устью реки вследствие слияния рек. Одновременно и нелинейно происходит возрастание площади водосбора и характерных расходов воды. Эта закономерность описывается уравнением типа

$$Q_i = a_i \exp(b_i N), \quad (4)$$

где i – индекс характерного расхода воды. Региональные отличия закономерности (4) учитываются изменением эмпирических параметров a_i и b_i . Использование соотношения (4) для целей гидрологических расчетов зависит от возможности задания эмпирических параметров a_i и b_i . Их задание для крупного речного бассейна – задача предварительной обработки данных наблюдений по имеющимся пунктам гидрологического мониторинга.

Достоверность данного метода гидрологических расчетов характеризуют результаты сопоставления расчетных и фактических значений средних многолетних расходов воды Q_0 в российской части бассейна Амура. Параметры уравнения (4) для этого бассейна соответственно равны: $a_1 = 0,024$; $b_1 = 0,69$. Картографическое обобщение позволяет оценить точность пространственного распределения средних многолетних расходов воды, приведенных к $N = 10$, на независимом материале на основе метода выбрасываемой точки. Точность картографируемого параметра характеризует величина среднеквадратичного отклонения σ фактических и рассчитанных средних многолетних расходов воды. Ее величина для исследуемого региона оказалась равной 37 %. Традиционная методика гидрологических расчетов предполагает для оценки среднего многолетнего расхода воды использование карт среднего многолетнего модуля стока. Аналогичная проверка точности определения Q_0 по карте среднего многолетнего модуля стока дает оценку величины $\sigma = 66 \%$, что дает дополнительное доказательство эффективности рассмотренной технологии.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проект 12-05-00069).

