

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ КОПУЛ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ НАВОДНЕНИЙ И МАЛОВОДНЫХ ПЕРИОДОВ

Кучмент Л.С., Демидов В.Н.

Институт водных проблем РАН, Россия

При проектировании и управлении водноресурсными системами важное значение имеет оценка опасности наводнений и маловодных периодов с определением их возможных объемов, характерных расходов и продолжительности. В настоящее время для таких оценок используются почти исключительно одномерные распределения вероятностей этих величин, позволяющие определить лишь одну из этих характеристик, а остальные характеристики находятся с помощью функциональных связей, полученных путем типизации или геометрической схематизации гидрографов стока. В последнее десятилетие значительно расширились возможности применения многомерных распределений в результате развития теории копул, позволившей преодолеть проблемы различия типов маргинальных распределений и учета связей между случайными переменными. Преимущества и особенности применения копул зависят от характера взаимосвязей между случайными переменными и типами используемых маргинальных распределений. Нами изучалась возможность применения теории копул для построения совместных распределений вероятностей характеристик весеннего половодья и маловодных периодов. Использовались многолетние ряды максимальных расходов и объемов весеннего половодья р. Белая в створе Юмагузинского гидроузла (коэффициент корреляции между ними 0.80) и р. Вятка у г. Кирова (соответствующий коэффициент равен 0.60), а также данные о минимальных расходах и объемах стока за вегетационный период (июнь-сентябрь) р. Вятка у г. Кирова и р. Дон у г. Георгиу-Деж (коэффициенты корреляции между минимальными расходами и объемами стока равны соответственно 0.60 и 0.45). Исследовались возможности различных аналитических аппроксимаций копул и методы определения их параметров. Для построения совместных распределений вероятностей максимальных расходов и объемов весеннего половодья наилучшие результаты дало применение копулы Гумбеля – Хогарда с параметром, определенным каноническим методом максимального правдоподобия. Для построения совместных распределений вероятностей минимальных расходов и объемов стока за вегетационный период была выбрана копула Франка, параметр которой определялся по нескольким критериям согласованности эмпирических и теоретических совместных распределений. Показано, что использование для вероятностной оценки опасности наводнений и маловодных периодов совместных распределений вероятностей двух характеристик этих явлений значительно увеличивает объем исходной информации по

сравнению с использованием распределений одной из этих характеристик и повышает надежность оценки вероятности опасного явления.