

УДК 628.394(001.57)

КОВАЛЕНКО С. Н., ВГУ
г. Вологда

**ПОСТРОЕНИЕ КРИВОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ДЛЯ
НЕОДНОРОДНЫХ СОВОКУПНОСТЕЙ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ
ДАННЫХ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ**

Кривую обеспеченности для неоднородных рядов наблюдений в практике гидрологических расчетов в соответствии с нормативным документом СП33-101-2003 рекомендуется строить, учитывая кривые обеспеченности для каждой совокупности по формуле [2]:

$$P(x, y) = \frac{m}{n+m} \cdot P(x) + \frac{n}{n+m} \cdot P(y) \quad (1)$$

где $P(x, y)$ – обеспеченность случайных величин x_i и y_j , находящихся в общем ранжированном ряду ($i=1, 2, 3, \dots, m$; $j=1, 2, 3, \dots, n$), m и n – число членов соответственно в ряду x_i и y_j ; $P(x)$ и $P(y)$ – обеспеченность соответственно величин x_i и y_j ; $m+n$ – общее количество случайных величин в двух рядах, подвергаемых проверке на однородность. Вместо расчетов по формуле (1), требующих построения кривых обеспеченности для каждого ряда, можно заменить их построением кривой обеспеченности для суммарного ранжированного ряда. Докажем, что такая операция даст одну и ту же кривую обеспеченности. Пусть в своем ряду величина y_j занимает j -е место, а перед нею в ранжированном ряду находится i штук величины x . Тогда в ранжированном суммарном ряду величина y_j будет иметь номер $i+j$. Следовательно, оценка ее обеспеченности в суммарном ряду равна:

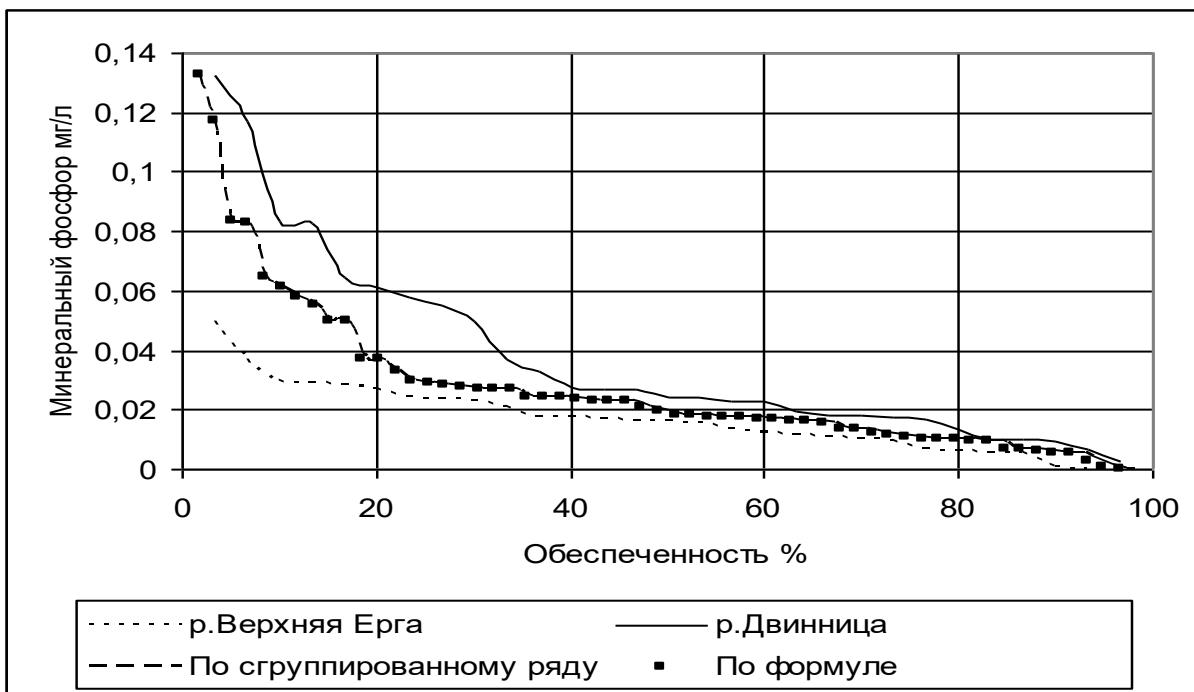
$$P(x, y) = \frac{i+j}{n+m}. \quad (2)$$

Но оценки обеспеченностей величин x_i и y_j в своих рядах соответственно равны:

$$P(x) = \frac{i}{n}, P(y) = \frac{j}{m}. \quad (3)$$

Подставляя эти данные в (1), приходим к формуле (3). Следовательно, зависимости (1) и (2) дают один и тот же результат.

Построение сгруппированных кривых обеспеченности выполнено для средних арифметических концентраций минерального фосфора для весеннего сезона (март-май) многолетних гидрохимических наблюдений Росгидромета по рекам Верхняя Ерга и Двинница Вологодской области Двинско-Печерского водного бассейна [3]. Количество значений в выборках соответственно равно 28 и 29. Проверка на однородность выполнена с помощью статистического критерия однородности Вилькоксона (расчетное и критическое значения соответственно равны – 177, 123). Это доказывает неоднородность сравниваемых выборок на уровне значимости равном 0.05. На рисунке изображены эмпирические кривые обеспеченности, построенные по данным натурных наблюдений для каждой реки, а также по формуле (1) и методу предлагаемому автором построения кривой обеспеченности по сгруппированному ряду, как и для однородных совокупностей.



Результаты сравнительного анализа показывают идентичность сгруппированных кривых обеспеченности.

При группировке неоднородных рядов данных натурных гидрохимических наблюдений предлагается ориентироваться на уровень неоднородности с использованием критерия Вилькоксона [1], который обсуждается и определяется следующим образом.

В нормативном документе не указано, какая степень неоднородности считается приемлемой для группировки неоднородных совокупностей. В соответствии с критерием Вилькоксона ряды однородны, если члены одного из них в ранжированном совместном ряду наблюдений чередуются с членами другого ряда. Например, в случае $m=n=10$ (m и n количество

данных натурных наблюдений проверяемых на однородность совокупностей, а x_i и y_i соответственно элементы этих совокупностей) совместный ранжированный ряд может выглядеть так: $x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_{10}, y_{10}$, в нем сумма инверсий равна 55, $W_{ras}=5$, $W_{kr}=25.93$. Так как расчетное значение (W_{ras}) критерия Вилькоксона меньше критического (W_{kr}), то рассматриваемые ряды однородны.

В противном случае при явной неоднородности совместный ранжированный ряд выглядит так: $x_1, x_2, x_3, \dots, x_9, x_{10}, y_1, y_2, y_3, \dots, y_9, y_{10}$. В нем, как можно видеть, минимальная случайная величина в одном ряду превосходит максимальное значение случайной величины в другом. В этом случае число инверсий равно 100, расчетное значение в данном случае равно 50. При этом не имеет значения, во сколько раз превосходит значение y_1 величину x_{10} , так как значение суммы инверсий остается прежним. Но тогда операция получения кривой обеспеченности для таких неоднородных совокупностей потеряет всякий смысл (например, если y_1 превышает x_{10} на порядок и более).

Отсюда возникает вопрос, какой уровень неоднородности можно считать приемлемым для дальнейшего анализа. Здесь могут быть разные предложения, наиболее простым является следующее: в суммарном ранжированном возрастающем ряду последняя величина первого ряда совпадает со средним арифметическим второго ряда. Для рассмотренного выше примера суммарный ряд имеет следующий вид, если принять в нем $y_6 \approx y_{cp}$, где y_{cp} – среднее арифметическое – оценка математического ожидания выборки у: $x_1, x_2, x_3, \dots, x_5, y_1, x_6, y_2, \dots, x_{10}, y_7, \dots, y_{10}$.

Сумма инверсий в таком ряду равна 85, расчетное значение в этом случае 35, что превышает критическое приблизительно на 10%. Таким образом, в качестве приемлемого допустимого уровня неоднородности можно было бы принять превышение расчетного значения Вилькоксона над критическим на 5-10%. Этому отвечает примерное совпадение в ранжированном возрастающем ряду среднего арифметического одного ряда и максимальной величины в другом ряду.

Вывод: предлагаемый метод группировки несогласованных рядов наблюдений предполагает проверку исходных данных на однородность непараметрическим критерием Вилькоксона, а также определение уровня неоднородности и построения кривой обеспеченности сгруппированного ряда натурных наблюдений, как для однородных совокупностей.

Список литературы

- 1.Коваленко С.Н., Михалев М.А. – Инженерная гидрология. Малые реки. Гидрологические расчеты. – СПб., Изд-во Политехн. ун-та, 2013, 124 с.
- 2.СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. –М., Госстрой России, 2003, 68 с.

3. Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Северное территориальное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Государственный водный кадастр. Раздел1.: Поверхностные воды. Серия 2.: Ежегодные данные Ежегодные данные о качестве поверхностных вод Часть1: Реки и каналы Том.1 (28)РФ (Бассейны рек на территории Архангельской, Вологодской и республики Коми).