

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА К ИССЛЕДОВАНИЮ МНОГОЛЕТНИХ КОЛЕБАНИЙ ВОДНОГО СТОКА

Дубровская Л.И.

Томский государственный университет, Россия

В условиях современного изменения климата возможны сбои в характерных ритмах многолетних колебаний стока рек, знание которых находит применение при анализе временной изменчивости, интерполяции и экстраполяции временных гидрологических рядов, моделировании многолетней изменчивости речного стока и его прогноза и в какой-то мере гарантирует безопасность и эффективность водохозяйственного комплекса.

Для извлечения информации из временных рядов стока воды о вкладах разномасштабных колебательных процессов наряду с традиционными в гидрологии методами исследования циклических процессов (автокорреляционные функции, сглаживание скользящим средним, спектральный анализ) в последние десятилетия применяется цифровой анализ сигналов, основанный на вейвлет-преобразовании. Основная идея вейвлет-преобразования хорошо согласуется со спецификой временных стоковых рядов, с характерной для них изменчивостью среднего значения, дисперсии, периодов, амплитуд и фаз колебаний.

Несмотря на определенные успехи в применении данного метода при решении ряда задач, число публикаций по гидрометеорологическим проблемам относительно невелико (см. например, [1, 2]). Цель настоящей работы состояла в изучении закономерностей циклических колебаний водного стока и смены характерных периодичностей, в выявлении территориальных особенностей в колебаниях стока рек Западной Сибири в условиях современного изменения климата. Вейвлет-образы среднегодового стока рек анализировались по наличию циклов той или иной продолжительности, временного интервала их проявления, характера их развития и трансформации во времени, синхронности колебаний. Одним из важных преимуществ вейвлет-преобразования по сравнению со спектральным анализом является способность определять моменты времени для “локальной” частоты сигнала, что позволило в данной работе выявить изменения характера периодичностей в рядах средних годовых расходов воды исследуемых рек.

Исходными материалами для исследований послужили данные многолетних наблюдений за расходами воды на 63 гидрологических постах Росгидромета в бассейнах Оби и Иртыша, а также материалы базы данных R-arcticNET с момента начала наблюдений на реках (самый ранний с 1936г., поздний с 1960г.) по 2005г.

Для исключения субъективности при сравнении вейвлет-образов среднего годового стока была предложена идея поиска «похожести» в хронологических рядах по их энергетической характеристике, а именно, по графикам коэффициентов когерентности, реализованная в виде программного продукта С.В. Логиновым [2]. Коэффициенты когерентности K_{XY} , рассчитывались по формуле $K_{XY}(a,b) = \frac{|\psi^X(a,b) \cdot \psi^Y(a,b)|}{\sigma_X \cdot \sigma_Y}$, где X, Y – ряды исходных данных, для которых выполнялось вейвлет-преобразование; $\psi(a,b)$ – вейвлет функция; σ – стандартное отклонение соответствующего ряда.

Алгоритм получения рядов для сравнительного анализа выглядел следующим образом: каждый график разбивался на горизонтальные «полосы» шириной в 1 год, затем «полосы» вытягивались в цепочку, приставлением к концу первой «полосы» начало второй и т.д.. Сходство в проявлении цикличности среднегодового стока рек анализировалось по этим графикам с учетом наличия циклов той или иной продолжительности, трансформации во времени, синхронности и синфазности колебаний. Проведено выделение районов по характеру цикличности среднегодового стока рек за совместный период наблюдений 1955–2005 годы. Первая группа включала средний и нижний Тобол с его левыми притоками с наличием хорошо выраженного цикла с периодом 22–24 года, что было подтверждено и другими методами анализа цикличности. Вторая группа включает реки, истоки которых расположены на Васюганском болоте. Этот район менее однороден, и внутри него можно выделить несколько зон со своими особенностями. Однако главной общей чертой стока рек этого района является очень хорошо выраженный и синхронно проявляющийся цикл с периодом 11–13 лет [3].

В дальнейших исследованиях удалось выявить у подавляющего большинства рек смену характера периодичностей в районе 1970–1985 гг. Суть перестройки частотного спектра заключается в повсеместном появлении 6-7-летних циклов вместо исчезающих 11- и 22-летних, и в единичных случаях – наряду с ними. Возможно, эта перестройка связана с изменениями современных климатических условий.

Литература

1. Земцов В.А. Географические закономерности временной изменчивости стока рек Западно-Сибирской равнины и ее горного обрамления // VI Всероссийский гидрологический съезд (28 сент.-1 окт. 2004г, СПб). Часть I. М.: Метеоагентство РОСГИДРОМЕТА, 2006. С. 245–249.

2. Ипполитов И.И., Кабанов М.В., Логинов С.В. Вейвлет-преобразования при анализе природно-климатических изменений // Оптика атмосферы и океана. 2002. Т. 15, № 1. С. 21–28.
3. Дубровская Л. И., Дроздова Д. В. Логинов С.В. Закономерности циклических колебаний водного стока рек Западной Сибири //Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т.13 (39). №1(6). С. 1425–1430.