

# АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНИХ КОЛЕБАНИЙ СРОКОВ ЛЕДООБРАЗОВАНИЯ НА РЕКАХ ВОДОСБОРА ВОТКИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Калинин В.Г., Чичагов В.В.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Россия

Наблюдающиеся в последние десятилетия изменения климата являются объектом пристального внимания ученых. Вопрос многолетней климатической изменчивости актуален, поскольку климатические характеристики (температура воздуха, осадки и др.) во многом определяют особенности гидрологического режима водных объектов. Одним из наиболее чувствительных элементов гидрологического режима к изменению температуры воздуха являются сроки появления ледяных образований осенью и разрушения льда весной. Анализ многолетней изменчивости сроков появления ледяных образований выполнен по гидрологическим постам с наиболее продолжительными рядами наблюдений: Колва-Чердынь (135 лет – с 1878 года по 2012), Кама-Бондюг (105 лет – с 1908 года по 2012), Чусовая-Кын (132 года – с 1881 года по 2012).

Цель работы: определить, объясняются ли многолетние колебания сроков появления ледяных образований на реках случайным стечением обстоятельств, или же за период наблюдений произошли статистически значимые изменения этих сроков. Для оценки значимости происшедших изменений исследуемых характеристик реализован методологический подход, суть которого заключается в последовательном тестировании этих данных с использованием модели случайной выборки и модели временного ряда. Расчеты производились с использованием пакета Statistica 8.0, статистических таблиц и точных распределений статистик критериев серий и инверсий.

На первом этапе ряды наблюдений проверялись на случайность и отсутствие автокорреляций. Для проверки гипотезы о случайности исследуемых рядов наблюдений использованы критерии серий и инверсий [1]. По данным за весь период наблюдений и по всем гидрологическим постам гипотеза случайности может быть принята согласно обоим критериям с уровнем значимости не ниже 0,075, т.е. статистически значимых изменений сроков появления ледяных образований на реках не выявлено. Расчет  $p$ -значений критерия Льюнга-Бокса показал не значимость первых 30-ти автокорреляций каждого из исследуемых рядов, что указывает на нецелесообразность построения для них стационарных моделей временных рядов.

Следующим шагом явился подбор вероятностного распределения и тестирование исходных данных на нормальность с помощью критерия Шапиро-Уилка. Наилучшим оказалось использование нормального распределения для логарифмов исходных значений по всем рядам наблюдений. Принятие гипотезы о нормальном законе распределения является основанием применения критериев Стьюдента и Фишера для проверки гипотезы однородности различных частей исходных выборок. Проверка гипотезы однородности выполнялась для двух групп (рядов) наблюдений. Группу 2 составляли сроки появления ледяных образований в последние 20 или 30 лет, а группу 1 – ряды наблюдений за предшествующие периоды. Использовались как параметрические критерии Стьюдента и Фишера, так и непараметрические критерии Манна-Уитни, Колмогорова-Смирнова и Вальда-Вольфовица.

В результате проведенных исследований по данным за весь период наблюдений и по всем гидрологическим постам статистически значимых изменений сроков появления ледяных образований на реках не выявлено. В то же время в последние десятилетия произошло некоторое смещение средних значений дат появления ледяных образований в позднюю сторону. Так, в последние 20 лет (1993–2012гг.) наметились статистически значимые изменения (гипотеза однородности может быть отвергнута на уровне значимости 0,05) не менее чем по двум из четырех примененных критериев однородности. При увеличении временного периода до 30 лет (1983–2012гг.) по двум из трех гидрологических постов статистически значимые изменения отсутствуют. Кроме того, в первой половине исходных временных рядов обнаружены 20-летние периоды (1910–1929гг. и 1938–1957гг.), в которых появление осенних ледяных образований происходило в соответствии с теми же вероятностно-статистическими закономерностями, что и в последний 20-летний период. Таким образом, следует признать, что выводы о смещении сроков появления ледяных образований на реках водосбора Воткинского водохранилища в позднюю сторону пока не являются надежными и вполне возможно преждевременными.

#### Литература

1. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных. М.: Мир, 1989. – 540 с.