

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ЗАВИСИМОСТИ НЕВЯЗКИ ВОДНОГО БАЛАНСА ВОДОЕМОВ ОТ ЕГО  
СОСТАВЛЯЮЩИХ

Задонская О.В.<sup>1</sup>, Солнцев В.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «ГГИ», <sup>2</sup>СПбГУ, Россия

В основу расчетов водных балансов водоема-охладителя Калининской АЭС (КлнАЭС) положено уравнение  $\Delta W = W_r + W_p - W_s - W_E + W_T + W_g + \eta$ , где  $\Delta W$  — изменение объема воды в озерах-охладителях за расчетный интервал времени;  $W_r$  — поверхностный приток в озера-охладители;  $W_p$  — осадки на водную поверхность;  $W_s$  — сток через р. Съезжу;  $W_E$  — испарение с водной поверхности;  $W_T$  — сброс технических вод в озера (учитывался только с апреля 1991г.);  $W_g$  — подземная составляющая водного баланса;  $\eta$  — невязка водного баланса. Последние две составляющие уравнения баланса,  $W_g$  и  $\eta$ , учитываются вместе. Для анализа были взяты как непосредственно элементы месячного водного баланса, так и некоторые исходные величины (уровни водоема среднемесячные и на 1 число месяца) за период с 1971 по 2003гг., включающий время естественного существования озер (1971–1983), работы АЭС на один (с 1984) и два (с 1986) блока. В 1987г. озера были зарегулированы плотиной.

Ряд невязок уравнения водного баланса демонстрирует существенную неоднородность. До 1983г. величины невязок имели достаточно четкие сезонные колебания. Максимальные значения невязок имели место в основном в марте-апреле месяцах, а минимальные — в сентябре-ноябре. На интервале 1983–91гг. характер колебаний невязок изменился, но амплитуда колебаний не возросла. С 1992г. появились очень большие отрицательные невязки в основном в апреле-мае месяцах, а положительные невязки после 1996г. исчезли. Отмеченные особенности ряда позволили дальнейшие исследования взаимосвязей проводить по четырем группам: апрель-май и все остальные месяцы до 1991г. и после.

Корреляционный анализ рядов по различным временным интервалам показал, что величина невязки имеет небольшие, но формально «значимые» отрицательные коэффициенты корреляции со среднемесячным и на первые числа месяцев уровнем озера (–0,46), притоком (–0,19), испарением (–0,26) и сбросом технических вод (–0,48). В связи с наличием сильных регулярных составляющих (сезонные колебания) в большинстве рядов, реальная статистическая значимость коэффициентов корреляции не оценивалась.

Поскольку невязки вычисляются с помощью простого линейного балансового уравнения, построение уравнения множественной линейной регрессии для невязки как функции от всех исходных показателей просто воспроизведет исходное уравнение. Однако в регрессионном анализе имеется хорошо отработанная методика анализа остатков. Если невязки рассматривать как статистические остатки от предполагаемой линейной регрессионной связи изменения объема с остальными показателями, то можно применить технику анализа остатков.

Проведенный анализ регрессионных моделей как на всем интервале 1971-2003гг., так и ежемесячно, по группам месяцев или по пяти временным интервалам как в среднем, так и по экстремальным значениям на диаграммах рассеяния остатков показал достаточно хорошее согласие между разными моделями и позволяет сделать следующие выводы:

1. На величину невязок водного баланса оказывают значимое влияние только четыре из слагаемых уравнения баланса: изменение объема озера за месяц, объемы сброса технических вод, приток в озера-охладители и сток из него (причем последние две величины только как разность между ними), а также уровни озер. В различные линейные регрессионные модели, построенные для объяснения невязок, входит не более трех из перечисленных величин.

2. Коэффициенты построенных регрессионных моделей оказываются меньше единицы по абсолютной величине, что говорит о том, что поправки к невязкам имеют тот же порядок, что и соответствующие члены исходного уравнения водного баланса. Коэффициент при сбрасываемых технических водах получается близким к  $-1$ . Это означает, что это слагаемое в уравнении водного баланса лишнее, и, вероятно, существует такой же объем воды, изымаемой из озера для технических нужд. Для полуразности притока и стока в озеро («аккумуляции») коэффициент оказывается равным примерно  $-0,7$ . Это можно объяснить как существенный переучет данного показателя в уравнении.

3. Механизм образования невязок является нестабильным и различается как в разные месяцы, так и для разных временных интервалов. Это может быть связано в основном с изменением характера антропогенного влияния на режим озер-охладителей в разные периоды — как годы, так и месяцы.