

ГИДРОЛОГИЯ

УДК 556.552

А.Б. Китаев

ВАРИАНТНАЯ ОЦЕНКА ВНУТРЕННЕГО ВОДООБМЕНА В
КАМСКОМ И ВОТКИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩАХ*

Пермский государственный университет, 614990 г. Пермь, ул. Букирева, 15, e-mail:
hydrology@psu.ru

Рассмотрены два варианта оценки внутреннего водообмена в пределах морфометрических участков Камского и Воткинского водохранилищ по изменению объемов их водных масс. Используются модели, предложенные В.А.Знаменским и Т.П.Девятковой – А.Б.Китаевым.

К л ю ч е в ы е с л о в а: водохранилище; морфометрия; обмен вод.

В настоящее время существует ряд вариантов оценки внутреннего водообмена в искусственных водоемах и их частях. Среди них можно выделить два варианта такой оценки по изменению объемов водных масс водохранилищ и их отдельных участков. Первый такой подход был предложен В.А.Знаменским [2; 3]. Он предлагает характеризовать внутренний водообмен в водохранилищах с помощью показателя (автор называет его коэффициентом внутреннего водообмена), определяющего относительное изменение объема водоема:

$$D_{\Delta W} = \frac{\Delta W}{V_B} = \left(\frac{\Delta h}{\Delta t} \cdot \frac{\Sigma T}{H} \right), \quad (1)$$

где ΔW – изменение объема воды в водоеме; $\Delta h/\Delta t$ – интенсивность изменения уровня воды при его спадах и подъемах; ΣT – суммарное время подъемов и спадов уровня различной интенсивности; V_B – объем водохранилища за соответствующий интервал времени; H – средняя глубина водоема. Настоящая методика проверена Знаменским на Волгоградском водохранилище в навигационные периоды 1973 и 1974 г. и дала вполне удовлетворительные результаты. Помимо оценки внутреннего водообмена исследуемого водохранилища в целом, дан его расчет и применительно к конкретным морфометрическим участкам. При этом использовано выражение вида

$$D_{\Delta W_{уч}} = \frac{\Delta W_{уч}}{V_{уч}}, \quad (2)$$

где $\Delta W_{уч}$ – изменение объема воды в конкретном участке водоема; $V_{уч}$ – объем участка за расчетный период времени (по автору – за месяц).

В 1993 г. Т.П.Девятковой и А.Б.Китаевым [1] был предложен коэффициент интенсивности изменения объемов водной массы водохранилища или его конкретных морфометрических участков. Он может быть назван и показателем интенсивности наполнения и сработки водоема. Данный показатель внутреннего водообмена представляет собой отношение объемов водохранилища или его частей в конечный (V_t) и начальный (V_{t-1}) моменты времени, т. е.

$$C = V_t / V_{t-1}. \quad (3)$$

Несомненным достоинством настоящего коэффициента является то, что он может быть рассчитан для любого интервала времени.

Сравним пространственно-временные изменения показателя интенсивности наполнения и сработки (C) на Камском и Воткинском водохранилищах с аналогичными изменениями

© Китаев А.Б., 2010

* Работа подготовлена при финансовой поддержке гранта РФФИ №10-05-05-96052_p_урал_a

Гидрология

коэффициента внутреннего водообмена по модели В.А. Знаменского (Д) на примере маловодного (1967) и многоводного (1979) года.

В 1967 и 1979 г. внутригодовой ход показателей (С) и (Д) на Камском водохранилище характеризуется наличием трех фаз, полностью совпадающих с тремя фазами водного режима. В январе 1979 г. пределы изменения коэффициента (С) на различных участках водоема были 0,52–0,76 (рис. 1, 2). В январе маловодного 1967 г. значения показателя (С) варьировались от 0,45 до 1,00. Показатель (Д) в январе 1979 г. изменялся от –0,28 до –0,48, а в 1967 г. – от 0 до –0,98.

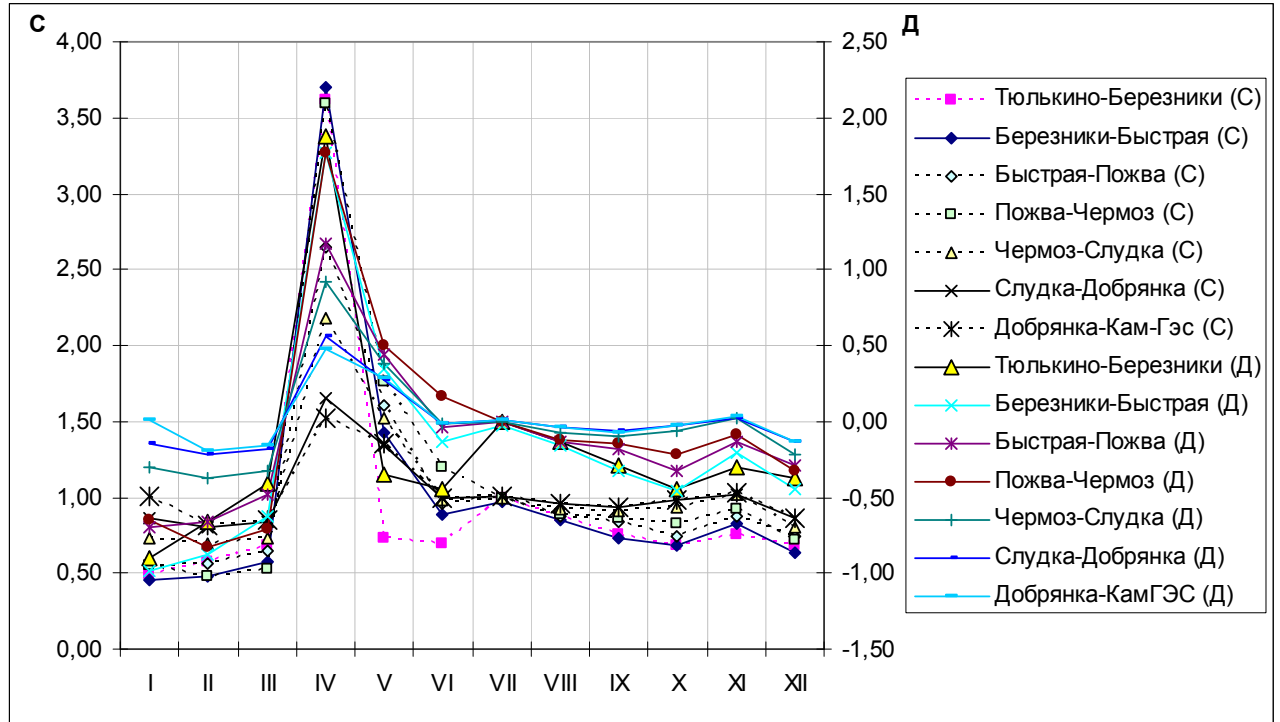


Рис. 1. Внутригодовой ход коэффициентов водообмена (С) и (Д) на Камском водохранилище в 1967 г.

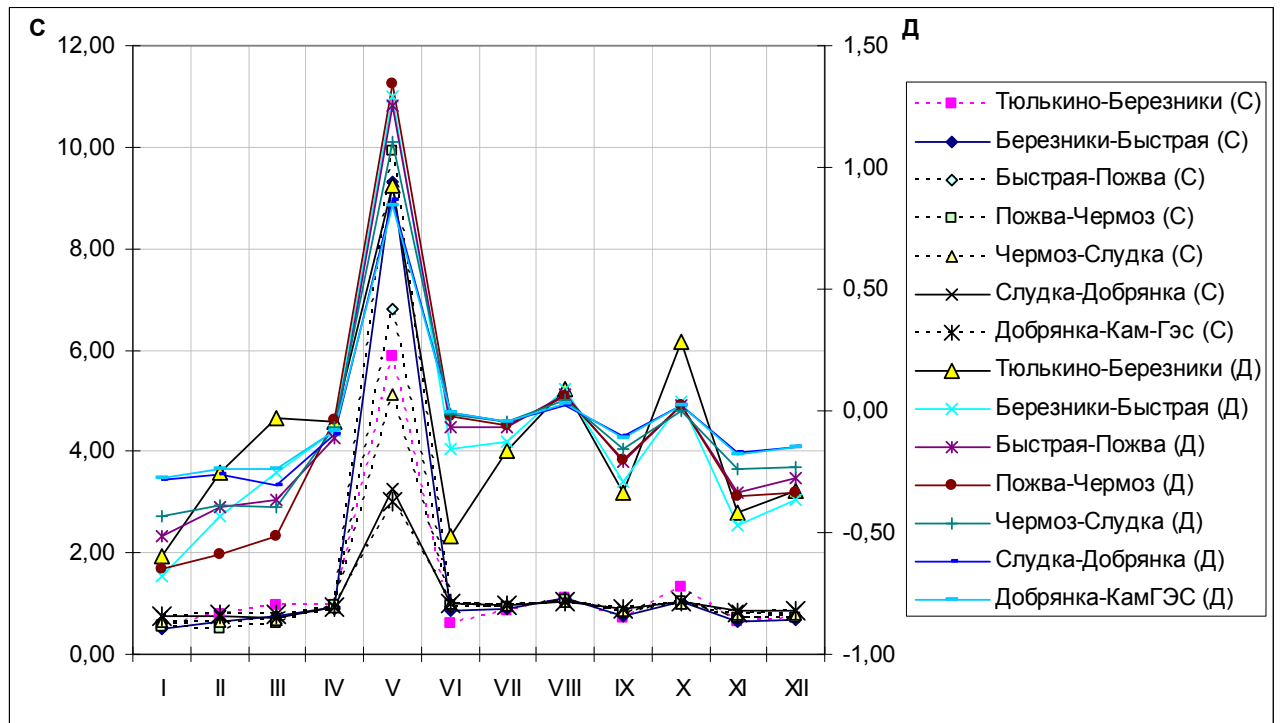


Рис. 2. Внутригодовой ход коэффициентов водообмена (С) и (Д) на Камском водохранилище в 1979 г.

Гидрология

В период весеннего наполнения водохранилища величины коэффициента интенсивности наполнения и сработки водоема и коэффициента внутреннего водообмена были максимальными. Например, в мае многоводного 1979 г. они изменялись на различных участках водохранилища от 3,00 до 9,92; в апреле маловодного 1967 г. они были от 1,52 до 3,70 соответственно. Показатель внутреннего водообмена (Д) в мае 1979 г. на Камском водохранилище изменялся от 0,84 до 1,34; в апреле 1967 г. – от 0,47 до 1,88.

В период летне-осенней стабилизации уровня воды в водоеме значения показателя (С) были близки к единице. Так, в июле многоводного 1979 г. они изменялись от 0,85 до 0,96; в августе – от 1,02 до 1,10. В июле маловодного 1967 г. его изменения составили 0,97–1,01; в августе – 0,85–0,96. В период осенних дождевых паводков значения показателя (С) несколько возрастают. Коэффициент внутреннего водообмена (Д) в июле изменялся от –0,04 до –0,17, а в августе – от 0,02 до 0,09.

Внутригодовой ход коэффициентов (С) и (Д) на Воткинском водохранилище аналогичен его изменению на Камском. В период зимней сработки водоема отмечаются минимальные в году величины исследуемого показателя, во время весеннего наполнения водохранилища они максимальные. В летне-осенний период показатели мало изменяются и близки к единице (рис. 3, 4).

В динамике изменения показателей (С) и (Д) по длине Камского водохранилища можно выделить следующие закономерности: в период зимней сработки водохранилища величины коэффициента (С) и (Д) возрастают от района выклинивания подпора к плотине Камской ГЭС. Так, в феврале многоводного 1979 г. показатель водообмена (С) изменялся от 0,52 до 0,78, а показатель (Д) – от –0,24 до –0,59. В маловодном 1967 г. эти показатели изменялись по длине водохранилища от 0,48 до 0,82 и от –0,20 до –0,87 соответственно.

В период весеннего наполнения водоема отмечается уменьшение величины (С) и (Д) от верховьев к плотине. Так, в мае многоводного 1979 г. коэффициент наполнения и сработки изменялся от 9,22 на участке Пожва-Чермоз до 3,00 на приплотинном участке; в апреле 1967 г. – от 3,70 до 1,52 соответственно. Коэффициент водообмена (Д) в мае 1979 г. изменялся от 1,34 на верхнем участке до 0,84 на нижнем участке, а в апреле 1967 г. – от 1,88 до 0,47. В период летне-осенней стабилизации уровня воды в водоеме показатели (С) и (Д) могут как возрасти по длине водохранилища, так и уменьшаться.

Изменения показателей (С) и (Д) по длине Воткинского водохранилища также аналогично его поведению на Камском. В период зимней сработки водоема отмечается тенденция возрастания показателей (С) и (Д) от плотины Камской к плотине Воткинской ГЭС. Так, в феврале многоводного 1979 г. значения коэффициента (С) изменялись от 0,68 до 0,81, а в феврале маловодного 1967 г. – от 0,86 до 0,93. Коэффициент внутреннего водообмена (Д) в феврале 1979 г. изменялся от –0,39 на верхнем участке до –0,21 на нижнем участке, а в 1967 г. – от –0,15 до –0,07 соответственно.

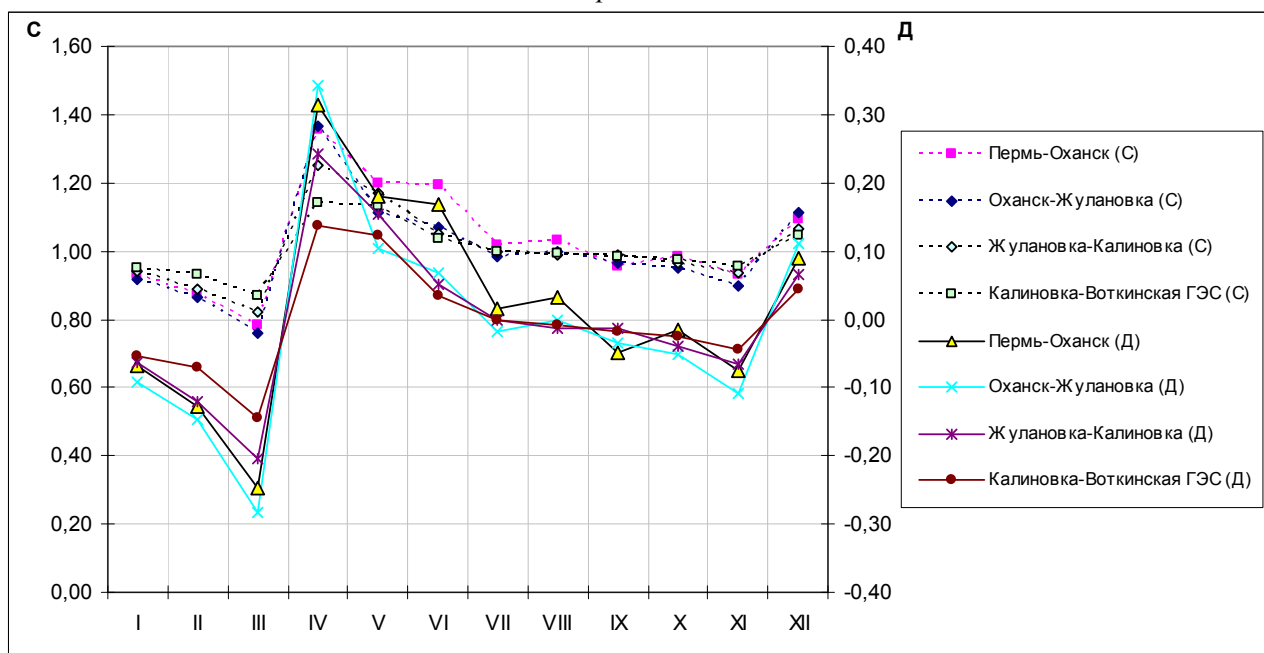


Рис. 3. Внутригодовой ход коэффициентов водообмена (С) и (Д) на Воткинском водохранилище в 1967 г.

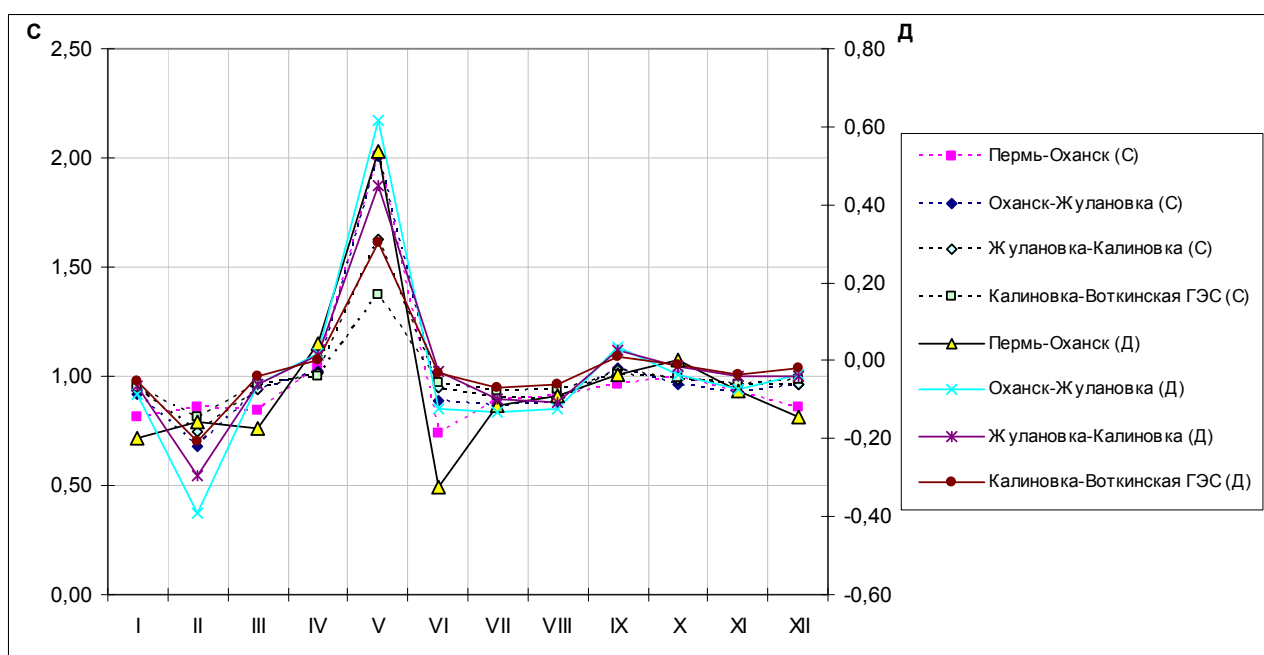


Рис. 4. Внутригодовой ход коэффициентов водообмена (С) и (Д) на Воткинском водохранилище в 1979 г.

В период весеннего наполнения водохранилища показатели (С) и (Д) уменьшаются от верхней части водоема к плотине. Например, в мае многоводного 1979 г. показатель (С) уменьшился от 2,01 до 1,37, а показатель (Д) – от 0,62 до 0,30. В апреле 1967 г. показатель (С) уменьшился от 1,37 до 1,14, а показатель (Д) изменился от 0,34 до 0,14.

В летне-осенний период величина коэффициентов (С) и (Д) может как возрастать, так и уменьшаться по длине Воткинского водохранилища.

Выводы

Сопоставление пространственно-временных изменений показателей (С) и (Д) на Камском и Воткинском водохранилищах свидетельствуют о большой сходимости их поведения как в пространственном, так и во временном аспектах. А это следует рассматривать как закономерность

использования различных подходов к оценке внутреннего водообмена в водохранилищах Камского каскада.

Библиографический список

1. *Девяткова Т.П., Китаев А.Б.* Интенсивность изменения водных масс Камского и Воткинского водохранилищ при их наполнении и сработке // Комплексные экологические исследования водоемов и водотоков бассейна реки Камы / Перм. ун-т. Пермь, 1993. С 6–11.
2. *Знаменский В.А.* Влияние гидролого-динамических факторов на изменение содержания химических веществ в водохранилище // Тр. ГГИ. Л.: Гидрометеиздат, 1977. Вып. 246. С. 58–77.
3. *Знаменский В.А.* Гидрологические процессы и их роль в формировании качества воды. Л.: Гидрометеиздат, 1981. 247 с.

A.B. Kitaev

VARIATION ASSESSMENT OF INLAND WATER EXCHANGE OF KAMSKY AND VOTKINSK RESERVOIRS

Comparison of spatial and temporal changes of indicators of the intensity of filling and emptying on T.P. Devyatkova – A.B. Kitaev model (C) and the internal water exchange on VA Znamensky model (D) on the Kamsky and Votkinsk reservoirs showed high convergence of their behavior as in spatial and temporary aspects.

K e y w o r d s: a water basin; morphometry; an exchange of waters.