

ОЦЕНКА ОБМЕНА ВОД В КАМСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ

А.Б. Китаев, Е.А. Климова,

*Пермский государственный национальный исследовательский универси-
тет. г. Пермь, Россия, e-mail: kitaevab1953@gmail.com*

Представлены методы оценки внутреннего водообмена в различных морфометрических участках Камского водохранилища, дана характеристика их пространственно-временных изменений в годы разной водности по материалам настоящего и прошлого столетия. Показано отсутствие существенных отличий в обмене вод в исследуемые годы. Сделан вывод, что их отсутствие связано с сохранением режима эксплуатации водоема.

Ключевые слова: водохранилище; обмен вод; водный баланс; многоводные и маловодные годы.

ASSESSMENT OF WATER EXCHANGE IN THE KAMSKY RESERVOIR BY VARIOUS METHODS

A.B. Kitaev, E.A. Klimova,

*Perm State National Research University, Perm, Russia,
e-mail: kitaevab1953@gmail.com*

Methods for assessing internal water exchange in various morphometric areas of the Kama Reservoir are presented, and characteristics of their spatio-temporal changes in years of different water availability are given based on materials from the present and last centuries. It was shown that there were no significant differences in water exchange in the years under study. It is concluded that their absence is due to the preservation of the operating regime of the reservoir.

Keywords: reservoir; water exchange; water balance; high-water and low-water years.

Актуальность оценки обмена вод в различных морфометрических участках водохранилищ определяется созданием основы для последующих исследований процессов смешения различных водных масс и прежде всего, процессов разбавления промышленных сточных вод, поступающих в различные части водоема. В связи с этим возникает необходимость создания достаточно простых и, не требующих наличия большого объема исходной информации методов оценки обмена вод в водохранилищах. Применению таких методов и посвящена настоящая работа. Существует несколько из-

вестных методов, которые дают представление об интенсивности процессов внутреннего водообмена в водохранилищах и отвечают отмеченным требованиям. Это такие методы как:

- метод В.А. Знаменского [2], согласно которому интенсивность внутреннего водообмена оценивается по изменению объемов отдельных частей водохранилищ;

- метод Т.П. Девятковой-А.Б. Китаева [1], который предполагает оценку внутреннего водообмена по отдельным морфометрическим участкам искусственного водоема согласно интенсивности их наполнения и сработки.

В настоящем исследовании рассматривается применимость этих методов для Камского водохранилища в современных условиях и установление взаимосвязи между ними.

Внутренний водообмен в разных частях исследуемого водоема по методике В.А. Знаменского [2] осуществлен путем оценки изменения объемов отдельных частей водохранилищ:

$$D_{\Delta w} = \frac{\Delta W}{V_{\text{с}}}, \quad (1)$$
$$\Delta W = V_{\text{к}} - V_{\text{н}},$$

где ΔW - изменение объема воды в водоеме за расчетный интервал времени (по автору - месяц), $V_{\text{к}}$ - объем воды в участке на конец месяца, $V_{\text{н}}$ - объем воды в участке на начало месяца, $V_{\text{в}}$ - средний объем воды в участке за тот же интервал времени.

Балансовый метод, положенный в основу изучения гидрологических процессов на водохранилищах, дает возможность оценить особенности водообмена по соотношению составляющих уравнения водного баланса. Объем водохранилища (или его конкретных участков) в конце любого интервала времени можно определить следующим образом:

$$V_t = V_{t-1} + W_{\text{пр}} - W_{\text{ст}} \pm \Sigma W, \quad (2)$$

где V_{t-1} и V_t - объемы водной массы водоема (или участка) в начальный и конечный моменты времени, $W_{\text{пр}}$ и $W_{\text{ст}}$ - объем притока воды в водоем и стока из него за данный период времени, ΣW - суммарное выражение всех остальных составляющих водного баланса водохранилища. Количество осадков, выпадающих на зеркало искусственных водоемов, почти всегда (или чаще всего) компенсируется величиной испарения с их водной поверхности. Поскольку другие же составляющие уравнения водного баланса, входящие в величину (ΣW), слишком малы, ими можно пренебречь. Таким образом, для крупных долинных водохранилищ величину (ΣW) можно приравнять к нулю.

Если отнести все члены уравнения (2) к начальному объему водной массы (V_{t-1}), т.е.

$$\frac{V_t}{V_{t-1}} = 1 + \frac{1}{V_{t-1}}(W_{\text{пр}} - W_{\text{ст}}) \quad \text{или} \quad C = 1 + \left(\frac{W_{\text{пр}}}{V_{t-1}} - \frac{W_{\text{ст}}}{V_{t-1}} \right), \quad (3)$$

то отношение конечного и начального объемов воды, характеризующее в целом водообмен и динамику уровенной поверхности, равно единице плюс разность коэффициентов водообмена по притоку и стоку. Таким образом, это отношение объемов учитывает и первый, и второй показатели водообмена. Очевидно, что при равенстве объемов притока и стока соотношение объемов водной массы за расчетный период времени равно единице, т.е. при $W_{\text{пр}} = W_{\text{ст}}$, $C=1$. Это свидетельствует о водообмене при постоянном положении свободной поверхности водоема. Если $W_{\text{пр}} > W_{\text{ст}}$, то $C > 1$ и водообмен происходит при повышении уровня воды, т.е. при наполнении водохранилища. При условии, что $W_{\text{ст}} > W_{\text{пр}}$, то $C < 1$ и водообмен происходит при понижении уровня воды в водоеме, т.е. при его сработке.

Полученный Т.П.Девятковой и А.Б. Китаевым [1] коэффициент интенсивности изменения объемов водной массы водоема является, таким образом, обобщающим показателем водообмена, отражающим особенности водного баланса, характеризующим наполнение и сработку водоемов, а также стабилизацию уровня воды в них. Данный коэффициент интенсивности изменения объемов водной массы водохранилища или его морфометрических участков ($C = \frac{V_t}{V_{t-1}}$) можно рассматривать как показатель, от-

ражающий специфику внутриводоемных процессов, т.е. как один из подходов оценки внутреннего водообмена в искусственных водоемах.

Оба отмеченных показателя с успехом реализован на Камском и Воткинском водохранилищах по материалам прошлого столетия [3,4], а также установлена взаимосвязь между ними [4].

Цель настоящего исследования – показать оказали влияние или нет климатические изменения последних десятилетий на интенсивность обмена вод в различных частях Камского водохранилища. Для решения этой задачи выполнен сравнительный анализ оценки обмена вод по материалам прошлого столетия и последнего десятилетия настоящего. На рис. 1 представлен внутригодовой ход показателя водообмена, определенного по модели В.А. Знаменского в многоводном 2015 г.

В 2015 г. также наблюдалось продолжительное половодье. В период зимней сработки значения коэффициентов отрицательны и изменялись от -0,07 до -0,55 в центральной части Камского водохранилища от п. Усть-Пожвы до г. Чермоз. В фазу весеннего наполнения коэффициенты принимали положительные значения и достигали максимума. Так, например, в апреле они изменялись от 0,10 на участке Добрянка-КамГЭС до 1,44 на участке Тюлькино-Березники. В фазу летне-осенней стабилизации уровня

коэффициенты преимущественно отрицательные, за исключением октября, где они составляли порядка 0,07 [5]. Сравнивая пространственно-временные изменения рассматриваемого показателя обмена вод в многоводном 2015 г. и многоводном 1979 г. [4] можно констатировать, что принципиальных изменений не произошло. Аналогичный вывод можно сделать и по годам иной водности, т.е. существенных изменений при переходе от материалов прошлого столетия к настоящему не отмечено. Последнее можно объяснить тем фактом, что режим эксплуатации водохранилища не изменился. Это говорит о том, что водохранилище – прежде всего, а зональный водный объект.

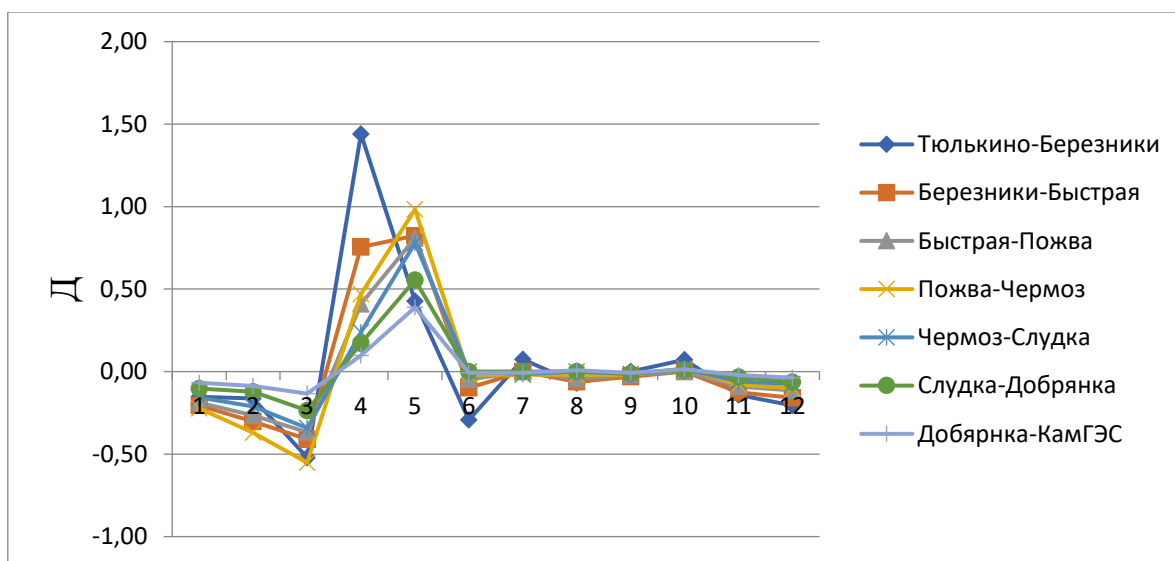


Рис. 1. Внутригодовой ход коэффициента внутреннего водообмена в Камском водохранилище за 2015 г.

Кроме отмеченного сравнительного анализа можно говорить и об отсутствии изменений в характере обмена вод в различных частях Камского водохранилища по двум рассматриваемым показателям, определенным по материалам прошлого и настоящего столетий. Для примера на рис. 2 представлен внутригодовой ход обоих показателей в многоводном 2015 г. Сравнивая оценку обмена вод с использованием метода В.А. Знаменского и метода Т.П. Девятковой и А.Б. Китаева, можно сделать вывод, что графики схожи как в пространственном, так и во временном аспекте. То есть существует следующая закономерность – совпадение пиков и спадов по каждому методу на всех морфометрических участках. Значит, что при оценке внутреннего водообмена можно использовать оба метода. Разница в двух коэффициентов заключается в том, что коэффициент согласно методу В.А. Знаменского может получиться отрицательным, при расчёте вторым

методом такого не может получиться. Если показатель относительного изменения объёма водохранилища отрицательный, это значит, что объём на начало месяца больше чем объём на конец месяца. Отрицательные значения получаются в периоды зимней сработки и летне-осенней стабилизации. В период весеннего наполнения значения всегда положительные, так как объём на конец месяца, чем на начало. При расчёте методом Т.П. Девятковой и А.Б. Китаева значение коэффициента интенсивности наполнения и сработки водохранилища может получиться либо больше единицы, либо меньше. Если величина коэффициента C меньше единицы, значит, объём водохранилища больше на начало месяца, чем на конец. Если величина C больше единицы, то наоборот.

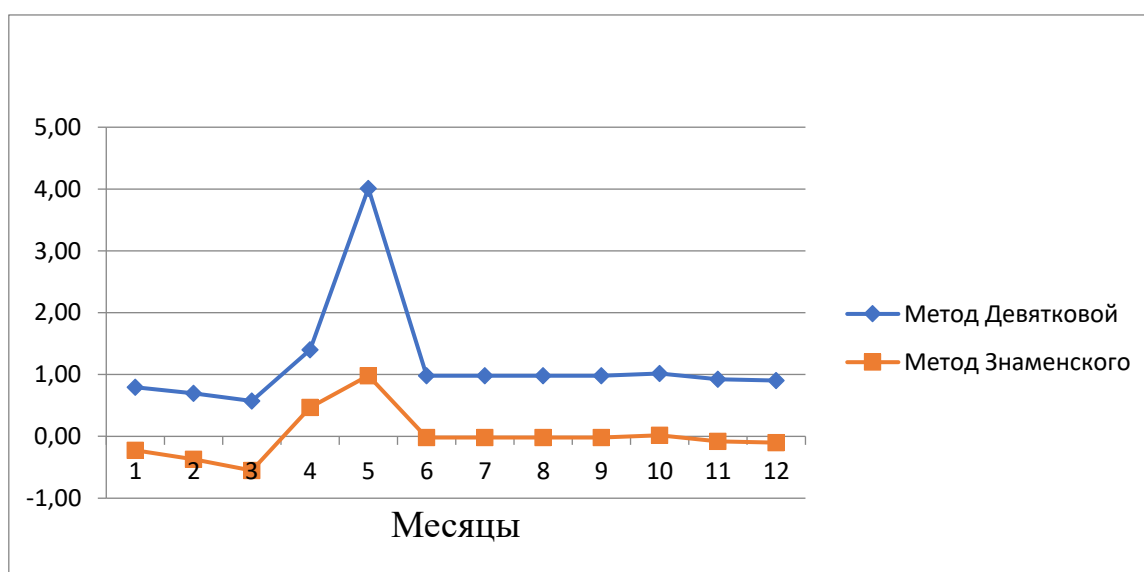


Рис. 2. Внутригодовой ход показателей обмена вод в многоводном 2015 г. в центральной части Камского водохранилища (участок Пожва-Чермоз)

Выводы:

1). Пространственно-временных изменений в обмене вод различных участков Камского водохранилища в разные по водности годы по материалам прошлого и настоящего столетий не обнаружено. Последнее можно объяснить тем фактом, что режим эксплуатации водохранилища не изменился. Это говорит о том, что водохранилище — прежде всего азональный водный объект.

2). Установлено отсутствие изменений в характере обмена вод в различных частях Камского водохранилища по разным показателям, определенным по материалам прошлого и настоящего столетий.

Библиографические ссылки

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. Пермь, 1993. С 6-11.
2. Знаменский В.А. Гидрологические процессы и их роль в формировании качества воды. Л.: Гидрометеиздат, 1981. 247 с.
3. Китаев А.Б. Внутренний водообмен водохранилищ Камского каскада (по модели В.А.Знаменского) // Географический вестник. Пермь, 2009. №1(9). С.20-37.
4. Китаев А.Б. Внутренний водообмен // Гидрологический режим Камского водохранилища (по материалам XX и начала XXI столетия). Пермь, 2020. С.187-223.
5. Китаев А.Б., Климова Е.А. Внутренний водообмен Камского водохранилища в 2014-2018 гг. // Научное обозрение. Науки о Земле. М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2022. №1. С.1-8.