

УДК 556.552

**ВЗАИМОСВЯЗЬ СОСТАВЛЯЮЩИХ ВОДНОГО БАЛАНСА И ХАРАКТЕРА
УРОВЕННОГО РЕЖИМА В РАЙОНЕ ПЕРЕМЕННОГО ПОДПОРА
КАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА****Китаев А.Б., Шайдулина А.А.***ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Пермь,
e-mail: hydrology@psu.ru*

В отличие от естественных водоемов и водотоков развитие всех процессов в водохранилищах носит скоротечный характер. Это одна из отличительных особенностей водохранилищ как искусственных водоемов. Другая особенность в том, что во многом эти процессы управляемы. Само управление идет опосредованным путем через уровень режим водохранилища и в первую очередь скорость подъема или понижения уровня, амплитуду колебаний к продолжительности стояния уровня на определенных отметках. В свою очередь все элементы уровня режима контролируются соотношением элементов водного баланса. Район переменного подпора на отдельных участках характеризуется разным уровнем режимом, определяющим прочие гидрологические условия, а следовательно, и гидрологические особенности выделенных участков. При этом важную роль в положении и устойчивости выделенных границ определяет водность года. Поэтому особый интерес вызывает связь уровня режима и водности. На основании данных среднегодовых уровней и основных компонентов водного баланса за 2001–2015 гг. сделана попытка определить величины и направленность этой зависимости.

Ключевые слова: водохранилище, район переменного подпора, уровень режим, водный баланс**INTERRELATION OF THE WATER BALANCE AND THE CHARACTER
OF THE LEVEL REGIME IN THE AREA OF VARIABLE BACKWATER
OF THE KAMA WATER RESERVOIR****Kitaev A.B., Shaydulina A.A.***Perm State University, Perm, e-mail: hydrology@psu.ru*

Unlike natural water bodies and watercourses, the development of all processes in reservoirs is of a fleeting nature. This is one of the distinguishing features of reservoirs as artificial reservoirs. Another feature is that in many ways these processes are manageable. The control itself goes indirectly through the reservoir's level regime and primarily the rate of rise or fall of the level, the amplitude of the oscillations to the duration of the level standing at certain elevations. In turn, all elements of the level regime are controlled by the ratio of water balance elements. The area of variable support in some sections is characterized by a different level of regime, which determines other hydrological conditions, and, consequently, also the hydrological characteristics of the allocated areas. At the same time, the water content of the year determines the important role in the position and stability of the identified boundaries. Therefore, a special interest is caused by the connection of the level regime and water content. Based on the data of average annual levels and the main components of the water balance for 2001–2015, an attempt was made to determine the magnitude and direction of this dependence.

Keywords: reservoir, area of variable backwater, level regime, water balance

Водный баланс, а точнее его изменение – **основная причина**, определяющая формирование определенного гидрологического режима (характер изменения уровня, скоростей течения и др.) как всего водохранилища в целом, так и района переменного подпора в частности. Э.Ф. Герасимов [1] считал, что водный баланс, определяемый процессами прихода и расхода воды, применительно к внутренним водоемам, выражает всеобщий закон сохранения материи и является главной характеристикой гидрометеорологического режима.

Водный баланс отражает характер регулирования стока водохранилищем, так как каждому типу регулирования соответствуют свои периоды и размеры наполнения и сработки [6]. Камское водохранилище относится к типу сезонного регулирования.

Также можно выделить его в группу водохранилищ – регуляторов каскада (базовые), питающихся естественным стоком и обеспечивающих регулирование стока для каскада, так как оно является первым в цепи Камского, Воткинского и Нижнекамского водоемов.

Создание Камского водохранилища полностью изменило уровень режим р. Камы. На всем протяжении от створа Камской ГЭС и до пгт Керчевский колебания уровня стали зависеть не только от сезонных изменений стока, но и от искусственного регулирования сбросов воды в нижний бьеф. Первоначальное наполнение водохранилища до НПУ (108,0 м абс) осуществлено в 1956 году. В 1960 г. в целях более рациональной эксплуатации водоема НПУ поднят до существующей отметки – 108,5 м абс.

В 1964 г. с наполнением до проектных размеров Воткинского водохранилища и изменением статуса Камского с одиночного на регулятор каскада, глубина нормальной эксплуатационной сработки была уменьшена на 1,0 м.

Таким образом, регламент эксплуатации Камского водохранилища с момента его наполнения менялся несколько раз. Соответственно ему менялся и характер уровня режима.

Водный баланс характеризует индивидуальные особенности исследуемого водоема. В целом, подразделяясь на приходные и расходные компоненты, он отражает сложную взаимосвязь природных и антропогенных факторов. Водный баланс, как всего Камского водохранилища, так и района его переменного подпора носит сложный, взаимозависимый характер, определяется множеством внешних, не входящих в уравнение баланса, компонентов. В частности, морфометрия и перестройка берегов, протекающая в водохранилище крайне интенсивно, влияют на приток подземных вод, фильтрацию через борта и ложе, аккумуляцию наносов. Активно участвует в формировании водного баланса и антропогенная деятельность. В связи с созданием прудов на притоках Камы и заполнением самого Камского водохранилища подверглась изменению атмосферная циркуляция региона – в связи с возрастанием испарения с зеркала водоема увеличилось количество осадков в прибрежной части, повысилась доля поверхностного стока. Также при формировании водохранилищ как новых географических объектов определяющим целый ряд факторов и явлений в водоёме и окружающих природных комплексов является режим уровня воды [6].

Характеристика среднепоголетних величин составляющих водного баланса впервые дана В.И. Пономаревым, Э.А. Снегиревым, Л.И. Пономаревой [4]. Ими были обобщены материалы 1956–1976 гг. В 1983 году А.Б. Китаевым дана характеристика составляющих водного баланса Камского водохранилища за характерные по водности годы: 1965 г. – многоводный, 1966 г. – средний по водности, 1967 г. – маловодный. Позже оценка составляющих водного баланса водохранилищ Камского каскада за характерные по водности годы дана в работах А.Б. Китаева и Т.П. Девяtkовой. Причем в качестве многоводных рассмотрен уже не 1965, а 1979 г., признанный более многоводным. На данном этапе

обобщенная характеристика водного баланса Камского водохранилища представлена с учетом данных до 1999 года [2].

В связи с этим особенный интерес представляет вопрос, существует ли зависимость между многоводными годами, определяемыми с точки зрения водного баланса и максимальными уровнями в районе переменного подпора Камского водохранилища. Насколько репрезентативно увязывать их между собой, или регулирование стока КамГЭС будет оказывать решающее влияние?

Для решения этого вопроса проанализированы ежедневные уровни воды за период с 2001 по 2015 гг. по разным гидрологическим постам (пгт. Керчевский, пгт. Тюлькино, г. Березники, верхний бьеф Камской ГЭС) и величины прихода и расхода через плотину КамГЭС за аналогичный период.

Район переменного подпора, являясь сложной природно-антропогенной системой, в течение года претерпевает значительное изменение своего состояния. Оно определяется, прежде всего, изменением внутригодового водного баланса, которое характеризуется соотношением прихода и расхода водных масс в водоеме или конкретном его участке. Во-вторых, сезонно меняется приход и расход наносов, которые перемещаются из одних участков в другие, тем самым меняя морфологию и морфометрию исследуемого района. А в-третьих, Камское водохранилище, осуществляя, согласно регламенту эксплуатации, суточное, недельное и сезонное регулирование стока, обеспечивает циклический характер этих изменений. Район переменного подпора имеет наиболее сложный и динамичный, с точки зрения колебания уровней, режим.

Трем основным фазам в годовом цикле работы ГЭС и эксплуатации водохранилища соответствует два типа режима уровней. Первый характеризуется значительными уклонами. Он наиболее близок к речным условиям. Для второго типа характерно наличие незначительных уклонов водной поверхности. Участок с малыми уклонами водной поверхности на Камском водохранилище (при НПУ и расходах р. Камы 1000–2000 м³/с) полностью охватывает глубоководный приплотинный и озеровидный районы и часть четковидного (выше п. Усть-Пожва) района. Малые уклоны водной поверхности сохраняются на этом участке и при зимней сработке уровня водоема до 100,0 м абс, если расходы р. Кама в это время не превышают 1000 м³/с, что является нормальным для зимнего режима реки.

Уклоны в верхней части названного участка заметно повышаются в весенний период, когда водохранилище не заполнено, а приток возрастает до 6000–8000 м³/с и более. В этот период в районе переменного подпора выше границы его выклинивания наблюдаются наибольшие уклоны водной поверхности. Значительные уклоны наблюдаются и в верховьях всех крупных заливов [3].

Перемещение границы выклинивания по району переменного подпора внутри года носит циклический характер, и в многолет-

нем аспекте границы района практически постоянны. Он простирается от п. Керчевский до п. Усть-Пожва, занимая порядка половины длины Камского водохранилища [5]. Во внутригодовом ходе уровня водохранилища выделяются 3 периода:

- 1) плавное понижение уровня при зимней сработке водной массы водохранилища;
- 2) интенсивный рост уровня при наполнении водохранилища до НПУ в апреле – мае;
- 3) относительно стабильное стояние уровня летом и осенью.

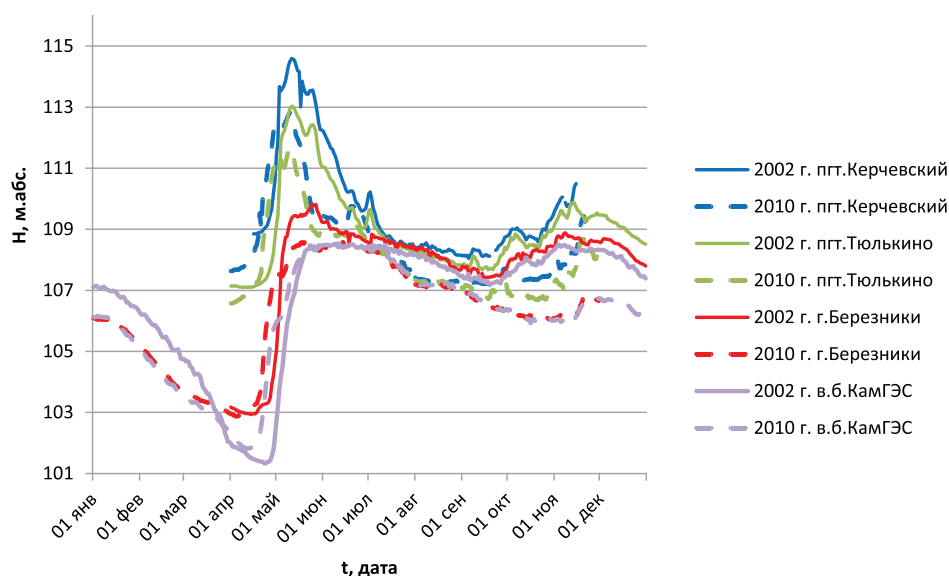


Рис. 1. Ход уровня воды в створах Камского водохранилища за многоводный (2002) и маловодный (2010) год

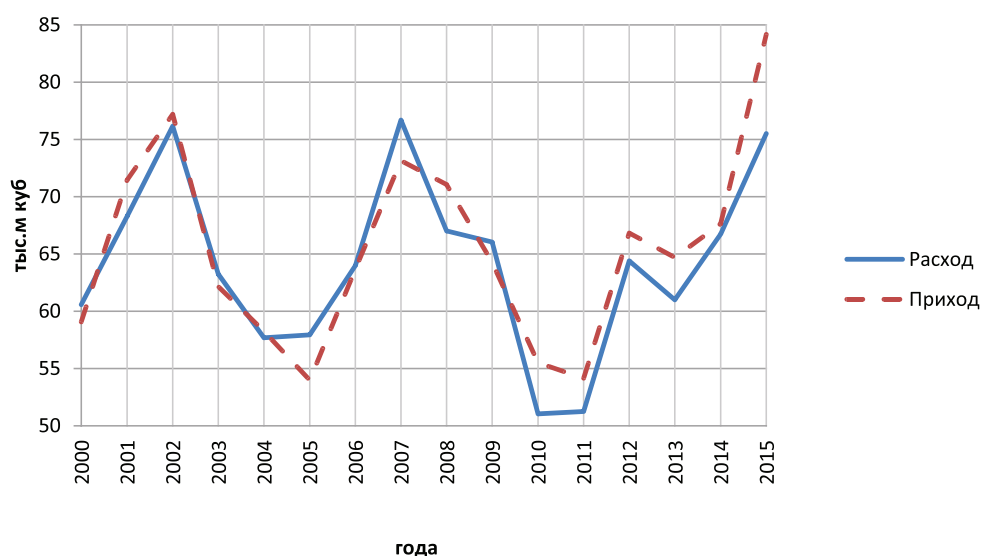


Рис. 2. Приход воды в Камское водохранилище и ее сброс (расход) через створ ГЭС за период с 2000 по 2015 гг.

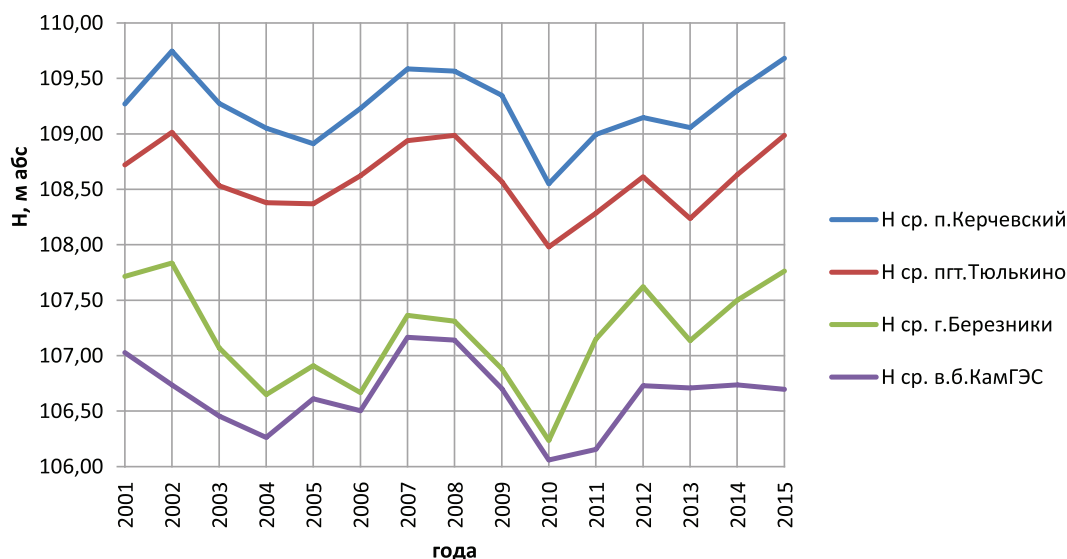


Рис. 3. Динамика среднегодового уровня воды за период с 2001 по 2015 гг.

Для анализа уровня режима большое значение имеет водность года, т.к. она определяет максимальные и минимальные значения отметок. Для определения многоводного и маловодного (по уровенному режиму) годов в XXI в. проведен анализ ежедневных уровней воды с 2001 по 2015 гг.

На всех исследуемых гидрологических постах Камского водохранилища в качестве многоводного однозначно признан 2002 г. (а также 2009, 2014 гг.), а маловодного – 2010 г. (а также 2005, 2012 гг.). При этом при приближении к плотине КамГЭС (пост г. Березники) достаточно сложно выделить маловодный год. Это подтверждает вывод о том, что подпор зачастую выклинивается чуть ниже г. Березники, к периоду наполнения уровни здесь быстро выравниваются и вновь носят водохранилищный характер. Заметно, что внутригодовой ход уровней воды на постах пгт. Керчевский и пгт. Тюлькино характеризуется наибольшими отметками высот, уровни здесь колеблются от 107 до 114 м абс. в многоводный и маловодный годы. Колебания уровня режима на пунктах г. Березники и п. Усть-Пожва также имеют схожий характер и изменяются от 110 до 101 м абс. Исходя из этого, точка перехода речных условий в водохранилищные находится между пгт. Тюлькино и г. Березники.

Таким образом, район переменного подпора на отдельных участках характеризуется разным уровнем режимом, определяющим прочие гидрологические условия,

а следовательно, и гидрологические особенности выделенных участков. При этом важную роль в положении и устойчивости выделенных границ определяет водность года. График прихода и расхода воды через створ КамГЭС (рис. 2) свидетельствует о том, что в последние годы наметился незначительный тренд к увеличению приходной части.

Сопоставление водного баланса и уровня режима показало, что в первом приближении среднегодовые уровни корректно отражают динамику водного баланса (рис. 3). Периоды многоводья и маловодья совпадают. Однако можно отметить, что вследствие характера регулирования наблюдается сглаживание среднегодового уровня воды, что особенно проявляется на створе КамГЭС. Достаточно острые пики (рис. 2) многоводных лет (2002, 2007) на графике хода уровня (рис. 3) имеют сглаженный характер в сторону понижения, что позволяет сделать вывод о влиянии предыдущего многоводного года на динамику уровня режима.

Можно сделать вывод о достаточно высокой связи среднегодовых уровней воды с приходными и расходными компонентами водного баланса. Коэффициент корреляции колеблется от 0,68 до 0,92. Максимальная его величина приурочена к пгт. Керчевский, а минимальная – к КамГЭС, что свидетельствует о речном режиме верхнего участка (от пгт. Керчевский до пгт. Тюлькино, переменном – от пгт. Тюлькино до г. Березники, и водохранилищном – ниже, где колебания

уровня стабильны, и не так сильно зависят от водности года. Однако надо иметь в виду, что не всегда водность года особенно повышенная и соответственно большой приток воды в водоем соответствует максимальным уровням воды в приплотинной и средней частях водохранилища и даже в районе переменного подпора, т.е. в верхней его части. Это подтверждается наибольшим (за рассмотренный период) приходом – 84,15 тыс. м³ в 2015 г., и высоким, но не максимальным уровнем воды в этот период. При этом связь между приходом и величиной уровня прослеживается тем отчетливее, чем выше располагается водомерный пост. Это свидетельство того факта, что характер уровенного режима даже в районе переменного подпора несет на себе отпечаток регулирования стока гидроузлом Камской ГЭС.

Выводы

1. Установлено, что существует тесная связь между многоводными и маловодными периодами, определяемыми с точки зрения водного баланса и среднегодовыми уровнями воды.

2. Связь среднегодовых уровней воды с приходными и расходными компонентами водного баланса наиболее четко прослеживается в верхнем районе водохранилища, называемом районом переменного подпора. Условия, приближенные к речным на участке от пгт. Керчевский до пгт. Тюлькино, наиболее остро реагируют на изменение составляющих баланса (коэффициент корреляции порядка 0,9), что подтверждает тезис о том, что водный баланс определяет формирование определенного гидрологического режима (характер изменения уровня, скоростей течения и др.) как всего водохранилища в целом, так и района переменного

подпора в частности. При этом связь между компонентами баланса и среднегодовым уровнем ниже (коэффициент корреляции порядка 0,7) у плотины КамГЭС, где влияние регулирования максимально и соблюдение проектных уровней имеет первостепенное значение.

3. Особенный интерес представлял вопрос, насколько репрезентативно увязывать компоненты водного баланса и уровенный режим между собой. Установлено, что регулирование стока КамГЭС оказывает решающее влияние на уровенный режим Камского водохранилища, особенно в районе переменного подпора. При этом высота среднегодового уровня воды позволяет судить о мало-водном или многоводном периоде, но не абсолютной величине водности года. Примером этому служит наибольший (за рассмотренный период) приход – 84,15 тыс. м³ в 2015 г. – и высокий, но не максимальный уровень воды в этот период.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (№ 16-45-590546 p_a).

Список литературы

1. Герасимов Э.Ф. Водный баланс Камского водохранилища [Текст] / Э.Ф. Герасимов. – Пермь, 1959. – 14 с.
2. Китаев А.Б. Водный баланс Камского водохранилища в многолетнем аспекте // Проблемы географии Урала и сопредельных территорий: мат-лы IV Всерос. науч.-практ. конф. с международным участием. – Челябинск, 2016. – 324 с.
3. Михалев В.В., Мацкевич И.К. Современная морфометрия Камского водохранилища [Текст] // Водное хозяйство России. – 2010. – № 3. – С. 4–20.
4. Пономарев В.И., Снегирев Э.А., Пономарева Л.И. Режим больших водохранилищ. Ресурсы поверхностных вод СССР (Средний Урал и Приуралье). – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – Т. 2. – С. 476–548.
5. Шайдулина А.А. Особенности уровенного режима в районе переменного подпора Камского водохранилища [Текст] / А.А. Шайдулина // Географический вестник = Geographicalbulletin. – 2016. – № 4 (39). – С. 44–56.
6. Эдельштейн К.К. Гидрология озер и водохранилищ [Текст] / К.К. Эдельштейн – М.: Перо, 2014. – 399 с.