

УДК 556.552

Регулирование стока водохранилищами Камской и Воткинской ГЭС (многолетний аспект)

А.Б.Китаев

Пермский государственный университет

Настоящая работа продолжает исследования автора по оценке степени регулирования стока водохранилищами Камского каскада. В отличие от работ, выполненных ранее [3, 4], в ней регулирование стока Камской и Воткинской ГЭС оценивается не только в характерные по водности годы, но и в многолетнем аспекте.

Водохранилища создаются с целью накопления, хранения и последующего использования запасов аккумулярованной в них воды. Оценка регулирования стока искусственными водоемами, возникшими в результате создания на реке плотин, обусловлена образованием первых водохранилищ. В расчетах водного хозяйства характеристикой, оценивающей перераспределение стока в течение многих десятилетий, является коэффициент регулирования стока. Он служит одним из способов оценки внешнего обмена в водохранилищах. Водообмен отражает процесс замены водных масс в чаше водохранилища за определенный период времени. Внешний водообмен водоема обусловлен проявлением четырех основных гидрологических процессов [2]: поступлением воды поверхностным, подземным путем и в виде атмосферных осадков; временной аккумуляцией воды в водоеме; оттоком воды в другую водную систему; испарением.

Эти процессы в свою очередь зависят от гидрометеорологических явлений, происходящих на водосборе, над водоемом и в его водной массе. Коэффициент регулирования стока используемый в водохозяйственных расчетах, вычисляется как

$$\alpha = Q_p / Q = W_p / W, \quad (1)$$

где Q_p и Q – соответственно зарегулированный расход и среднемноголетний расход воды; W_p и W – величины зарегулированного водохранилищем стока и среднемноголетнего стока реки.

Существенным недостатком показателя регулирования стока является наличие в знаменателе дроби среднемноголетней характеристики.

В различные по водности годы величина поступления вод в водохранилище может варьировать в значительных пределах. В.А. Знаменский [2] при оценке регулирования стока водохранилищами Волжского каскада ГЭС использовал коэффициент регулирования в виде

$$K_p = W_{пр} / W_{от}, \quad (2)$$

где $W_{\text{пр}}$ – приток воды в водоем по основной реке и наиболее крупным притокам (боковая приточность); $W_{\text{от}}$ – объем сброса воды через плотину ГЭС.

Наиболее интенсивные изменения показателя K_p , характеризующего процессы аккумуляции и сброски, наблюдаются на водохранилищах сезонного регулирования. К ним относятся водохранилища Верхней Волги, Камы, Куйбышевское, Саратовское, Волгоградское и другие, которые в основном транзитные. Значения коэффициента регулирования для них близки к единице.

При исследовании водного режима камских водохранилищ Т.П.Девяткова в 1997 г. ввела понятие показателя трансформации [1]. Этот коэффициент имеет структуру, аналогичную коэффициенту регулирования:

$$K_T = (W_0 + W_B) / W_C, \quad (3)$$

где W_0 и W_B – объемы притока вод по основной реке и боковым притокам; W_C – объем сброса вод через замыкающий створ водоема.

При расчете показателя K_T в качестве расчетного периода была использована продолжительность фаз водного режима водохранилища. Такой метод оценки является правильным, но целесообразней расчетный период определять календарным месяцем, так как границы фаз водного режима в различные по водности годы могут меняться в значительных пределах. Представленный показатель ничем принципиально не отличается от коэффициента В.А.Знаменского, а его название вряд ли следует признать более удачным.

Выполняемое при помощи водохранилищ регулирование речного стока изменяет его естественный режим для наиболее рационального использования водных ресурсов в хозяйстве страны.

Регулированием стока решаются две основные задачи:

- 1) повышение низких расходов воды для надежного водо- и энергоснабжения населения и предприятий;
- 2) понижение высоких расходов воды для устранения наводнений на участке реки ниже гидроузла.

Регулирование стока для повышения низких расходов выполняется путём временного задержания в водоёме избытков стока над потреблением (в многоводные сезоны или годы), которые затем сбрасываются во время маловодья. После создания водохранилищ гидрологический режим изменяется не только в верхнем бьефе, но и ниже плотины (нижний бьеф). В нижнем бьефе выделяют 3 участка, характерных для влияния:

- суточного регулирования;
- недельного регулирования;
- сезонного и многолетнего регулирования стока.

Камское и Воткинское водохранилища являются водоёмами сомкнутого каскада с 1964 г., когда нижний бьеф Камской ГЭС стал

находиться в подпоре от Воткинской ГЭС. До создания гидроузлов на р. Каме ее гидрологический режим характеризовался плавными изменениями уровней и расходов. Максимальные уровни в половодье доходили до 11 м. В дождевые паводки уровни повышались на 3 м. От зимы к весне уровень плавно понижался.

Камская ГЭС осуществляет сезонное, недельное и суточное регулирование. Весной количество вырабатываемой электроэнергии меньше, а летом ГЭС работает на полную мощность. Колебания сбросов вызывают большие колебания уровней. Среднесуточные расходы через ГЭС могут меняться от 15 до 2,5 тыс. м³/с. Такие колебания вызывают изменения уровней больше чем на 3,5 м. По мере удаления от створа ГЭС происходит уменьшение амплитуды колебаний уровня, т. е. наблюдается трансформация волны попуска.

При недельном регулировании стока полное распластывание волны попуска происходит на расстоянии более 400 км, а при суточном – на расстоянии более 60 км (у г. Краснокамска).

В нижнем бьефе ГЭС с недельным и суточным регулированием волны попуска формируются и преобразуются в длинные волны. Эти длинные волны вызваны попуском воды через ГЭС. При этом может произойти такое явление, как образование не только прямых волн (вниз по течению), но и обратных (против течения).

Когда Камская ГЭС пропускает через свои агрегаты большие расходы воды, то в Воткинском водохранилище устанавливаются положительные уклоны водной поверхности (вниз по течению). В конце предвыходного дня (пятница, вечер), когда потребление электроэнергии на предприятиях уменьшается и выключаются некоторые агрегаты, расход через ГЭС резко уменьшается. Но поверхность воды не может сразу стать горизонтальной, поэтому уклоны первое время положительны и движение вниз по течению продолжается, но при этом скорости постепенно уменьшаются. Если поступления воды через Камскую ГЭС нет, то уровни воды у Воткинского водохранилища продолжают подниматься, а уровни воды в нижнем бьефе Камской ГЭС начинают понижаться. Через 6-8 часов после прекращения сброса через Камскую ГЭС уровни воды приплотинной части Воткинской ГЭС будут выше среднего. Таким образом, формируется отрицательный уклон. Затем под влиянием отрицательного уклона возникают обратные течения, направленные вверх к Камской ГЭС. При этом в нижнем бьефе происходит просадка уровня, которую следует учитывать при судоходстве.

Внутригодовые изменения коэффициентов регулирования стока на Камском водохранилище в многолетнем аспекте

Анализ внутригодового хода коэффициента регулирования стока (K_p) на Камском водохранилище показал, что все морфометрические участки водоема можно разделить на две группы. К первой следует отнести участки, где на изменение K_p во времени оказывают влияние крупные боковые

притоки (реки Иньва, Косьва, Обва, Чусовая). Ко второй группе относятся относительно бесприточные участки водоема.

Внутригодовой ход коэффициента регулирования стока тесно связан с характером наполнения и сработки водохранилища. Камское водохранилище относится к водоёму с интенсивным водообменом, поэтому амплитуды внутригодовых изменений K_p в нем заметно выше, чем на Воткинском водохранилище. Отличия в изменении коэффициентов регулирования во времени объясняются спецификой регулирования стока Камской ГЭС на Камском водохранилище и двумя гидроузлами – на Воткинском.

Внутригодовой ход показателя регулирования стока полностью соответствует основным фазам водного режима водохранилища.

Максимальные значения показателя регулирования наблюдаются в период весеннего наполнения водохранилища, когда поступление вод в водоем превышает их сброс через турбины Камской ГЭС. Так, самые высокие значения коэффициента регулирования в период наполнения водохранилища наблюдались в 1983 г., когда он составил 2,85 (апрель). В 1980, 1981 и 1982 гг. отмечались относительно большие величины K_p : в мае 1981 г. коэффициент регулирования составил 2,58, в 1982 г. он был равен в марте 0,48, в апреле – 2,43 и в мае – 1,85. В апреле 1980 г. показатель регулирования составил 2,27, а к маю уменьшился до 1,64. 1975 и 1978 гг. характеризовались показателями регулирования, равными соответственно 2,47 (в апреле) и 1,98 (в мае). Практически не изменился коэффициент регулирования в 1984 г. – в мае он равнялся 2,00. В 1967 г. значения K_p были достаточно высоки, хотя этот год отмечается как маловодный на Камском водохранилище, и составляли соответственно 2,10 и 2,15 (апрель-май). Это связано с каскадным регулированием водохранилищ. 1979 г. отнесён к категории «многоводный». Значение показателя регулирования стока в фазу весеннего наполнения водоема было максимальным за весь многолетний период и составило 2,97.

Средние по величине значения коэффициентов регулирования стока в фазу весеннего наполнения Камского водохранилища относятся к 1956, 1959, 1963, 1964, 1969, 1970, 1972 гг. Так, 1956 и 1959 гг. характеризуются практически одинаковыми по величине значениями коэффициентов регулирования стока, которые составили в апреле-мае соответственно 1,52-1,82 в 1956, и 1,49-1,82 в 1959 г. 1969 и 1970 гг. характеризовались одинаковым водообменом и соответственно близкими показателями регулирования стока, которые изменялись в пределах 1,66-1,61 (апрель-май). Такой же K_p , равный 1,65 в апреле и 1,55 в мае, характерен для 1960 г. Резкое увеличение коэффициента регулирования с марта по апрель наблюдалось в 1972 и 1973 гг. Так, в 1972 г. показатель регулирования изменялся соответственно от 0,43 до 1,73, а в 1973 г. – от 0,28 до 1,86. Такое увеличение показателя стока связано с дружной весной. 1963 и 1966 гг. имели почти одинаковые величины K_p . В апреле-мае они были 1,53-1,65 (1963) и 1,59-1,44 (1966).

Низкие значения коэффициентов регулирования стока свойственны 1957, 1958, 1961, 1964, 1965 и 1968 гг. Так, в 1957 г. K_p в апреле составил 1,20 и 1,46 в мае. В 1958 г. показатель регулирования изменялся в диапазоне от 0,99 до 1,61. 1961 г. характеризовался наименьшими значениями K_p в апреле (0,93), но к маю он увеличился до 1,74. Значения показателя регулирования стока в 1964 г. в апреле-мае колебались в пределах 1,12-1,86. 1965 и 1968 гг. характеризовались одинаковой водностью и величинами K_p , которые в апреле-мае составили 1,31-1,70 и 1,38-1,69.

Таким образом, величины коэффициентов регулирования стока в фазу весеннего наполнения водохранилища за многолетний период эксплуатации были в основном больше единицы и изменялись в диапазоне от 1,00 до 2,97.

Минимальные значения показателя регулирования стока за многолетний период относятся к фазе *интенсивной зимней сработки водоёма*. Это объясняется тем, что величина сброса вод из водохранилища в это время превышает их поступление.

Низкие значения показателя регулирования стока отмечались в 1958, 1959, 1960, 1963 и 1973 гг. В 1960 г. величины K_p в феврале-марте составили 0,25-0,26. Практически аналогичные значения показателя регулирования стока были в 1958 и 1959 гг.: соответственно 0,28 и 0,26 в феврале-марте и 0,26 в феврале-марте. Одинаковые значения K_p наблюдались в 1963 и 1973 гг., когда в феврале-марте они составили 0,29-0,28 соответственно. Низкие значения показателя регулирования вызваны поступлением вод крупных боковых притоков (рек Иньва, Косьва, Обва, Чусовая).

Большие значения коэффициентов регулирования в период интенсивной зимней сработки водохранилища характерны для 1956, 1975, 1978, 1981-1983 гг. В 1956 г. K_p в январе-феврале-марте составил 0,75-0,69-0,68. В январе 1975 г. показатель регулирования стока равнялся 0,67, в марте 1978 г. он составил 0,72. В 1982 и 1983 гг. K_p изменялся в пределах 0,52-0,63-0,48 соответственно в январе-феврале-марте и 0,60-0,72 в январе-феврале.

Средние по величине значения K_p в фазу зимней сработки наблюдаются в 1957, 1961, 1964, 1965 и 1972 гг. Они характеризовались одинаковыми показателями стока в марте (0,43). 1969 и 1970 гг. по водности почти одинаковы. Значения K_p в марте этих лет равнялись 0,50. В 1979, 1980 и 1984 гг. отмечались одинаковые значения показателя регулирования стока (0,55).

В летне-осенний период наблюдается стабилизация уровня воды в водоёме. Только во время осенних дождевых паводков уровень воды в нем повышается. *Фаза стабилизация уровня воды* в водохранилище приходится в основном на июль-август. В это время отмечают и относительно постоянные значения показателей регулирования стока (с 1964 по 1978 г.).

Максимальные значения коэффициента регулирования наблюдались в июле 1963 г., когда K_p составил 2,83. Относительно высокие показатели были и в июле 1956, 1958, 1980, 1983, 1984 гг.

Минимум K_p (0,57) приходился на август 1960 г. В августе 1981 г. показатель регулирования составлял 0,56, а в 1982 г. в этот же месяц он был

равен 0,60. В остальные годы коэффициент регулирования стока изменялся от 0,60 до 1,00.

Вслед за фазой стабилизации уровня воды в водохранилище следует *период осенних дождевых паводков*, которые были наиболее четко выражены в 1957, 1958, 1972 и 1983 гг. Так, в сентябре 1957 г. K_p составил 0,65, а к октябрю он резко увеличился до 1,35. Причиной этого были наблюдавшиеся в это время дождевые паводки, при которых уровень воды в водоёме несколько повысился. 1958 г. характеризовался аналогичным увеличением K_p с сентября по октябрь (0,95-1,47). В 1983 г. период летне-осенних паводков был отчётливо выражен с августа по октябрь, при этом K_p постепенно увеличивался: 0,85-1,0-1,58 (сентябрь-октябрь-ноябрь). Такое увеличение коэффициента регулирования связано со значительным паводком в бассейне водохранилища.

Небольшие по величине значения K_p стока в период дождевых паводков наблюдались в годы средней водности: 1956, 1965, 1966, 1969 и 1970. Значения коэффициента регулирования в 1956 г. характеризовались плавными изменениями – 0,99-1,05-0,81 – соответственно в сентябре-октябре-ноябре. K_p в 1965 и 1966 гг. колебался в пределах 0,94-1,10-0,83. 1969, 1970 гг. характеризовались одинаковыми значениями показателя регулирования, которые в сентябре-октябре-ноябре составили соответственно 0,80-0,95-0,65. В фазу дождевых паводков относительным постоянством K_p во времени характеризовались 1961, 1968 и 1981 гг. Так, например, в 1968 г. K_p стока изменялся в пределах 0,81-0,79-0,57 соответственно в сентябре-октябре-ноябре, а в 1981 г. он составлял 0,72-0,75 (сентябрь-октябрь). Минимальные значения коэффициента регулирования наблюдались в 1960 г., в котором K_p стока был равен 0,62-0,97-0,60 (сентябрь-октябрь-ноябрь).

Внутригодовой ход коэффициента регулирования стока в некоторые годы неравномерен, что связано с характером регулирования стока Камской ГЭС и особенностями поступления вод в водохранилище.

Внутригодовые изменения коэффициентов регулирования стока на Воткинском водохранилище за многолетний период

Воткинское водохранилище по морфометрическим характеристикам является более простым водоемом, в отличие от Камского. Оно характеризуется постепенным возрастанием морфометрических показателей (ширины, глубины, объема) и снижением гидродинамических характеристик (внешнего водообмена, проточности, скоростей течения и т.д.) от плотины Камской ГЭС к плотине Воткинской ГЭС. Боковая приточность в водохранилище небольшая и составляет 5-7% приходной части водного баланса. Эти особенности существенно влияют на характер изменения коэффициента регулирования стока (K_p).

Максимальные величины коэффициента регулирования приходятся, как и на Камском водохранилище, на период *весеннего наполнения водоема* (апрель, май).

Так, самые большие значения показателя регулирования в фазу наполнения водохранилища наблюдались в 1978 г., когда K_p в мае составил 1,76. Относительно высокий показатель стока отмечался в 1975 и 1977 гг. В мае 1975 г. K_p составил 1,58, а в 1977 г. равнялся 1,50. В мае 1967 г., который относится к категории маловодных лет, коэффициент регулирования стока был достаточно большим (1,48).

Средние значения показателей регулирования стока в фазу весеннего наполнения водохранилища приходятся на 1972, 1973, 1980, 1982, 1983, 1984 и 1986 гг. Так, в 1972 г. показатель регулирования стока в марте-апреле составил 0,77-1,50 соответственно. В 1973 г. значения K_p колебались в пределах 0,74-1,40, т. е. практически не изменились. 1969 и 1970 гг. имели одинаковые показатели регулирования стока, которые в марте-апреле составили 0,66-1,45. В марте 1980 г. K_p был равен 1,05, а к апрелю резко увеличился до 1,62. Такое заметное увеличение коэффициента регулирования связано с дружной весной этого года. 1982, 1983 и 1986 гг. также характеризуются увеличением K_p с марта по апрель. Так, в 1982 г. K_p увеличился с 1,03 до 1,28, в 1983 г. он изменялся в пределах 0,83-1,47. В 1986 г. коэффициент регулирования стока в марте равняется 0,83, в апреле составил 1,22.

Относительно небольшие значения коэффициента регулирования стока весной характерны для 1966, 1971, 1979 и 1981 гг. Наименьшим показателем регулирования характеризуется 1979 г. (в мае его величина составила 0,88). Значение показателя регулирования, равное 0,91, приходится на май 1981 г. В мае 1966 и 1971 гг. наблюдаются одинаковые значения K_p , которые составили 1,06.

Таким образом, значения коэффициентов регулирования стока в многолетнем аспекте в фазу весеннего наполнения водоема чаще всего были больше единицы и изменялись от 1,00 до 1,76.

Минимальные значения показателя регулирования стока на Воткинском водохранилище за многолетний период наблюдений приходятся на *период интенсивной зимней сработки водоема*. Низкие коэффициенты регулирования стока в этот период отмечались в 1965, 1967, 1969, 1970 и 1979 гг. Так, в марте 1965 и 1967 гг. K_p имел аналогичные значения и составил 0,65. 1969 и 1970 гг., как уже было сказано ранее, были годами одинаковой водности и имели соответственно одинаковые показатели регулирования стока, которые в марте были равны 0,66. В 1979 г. наблюдается минимальное значение K_p в рассматриваемую фазу режима, когда его величина в феврале составила 0,64.

Максимальные показатели регулирования стока в период интенсивной зимней сработки водохранилища характерны для марта 1978, 1980 и 1982 гг. В 1978 г. K_p был равен 1,11. Это самое максимальное значение коэффициента регулирования, зарегистрированное в фазу зимней сработки за

многолетний период. В 1980 и 1982 гг. также наблюдались значительные показатели регулирования стока, которые составили соответственно 1,05 и 1,03. Относительно большие показатели K_p в январе относятся к 1973, 1982, 1984 и 1986 гг. Так, 1973 г. характеризовался значением K_p , равным 1,02, 1982 г. – соответственно 0,90, в 1984 г. показатель регулирования стока составил 0,97. В 1986 г. K_p в январе равнялся 1,08.

Средние по величине коэффициенты регулирования стока наблюдались в 1966, 1972, 1975, 1981 гг., их значения изменялись в пределах 0,70-0,80 (в феврале-марте).

В летне-осенний период наблюдается *стабилизация уровня воды в водохранилище*, и только во время осенних дождевых паводков он повышается и соответственно увеличиваются показатели регулирования стока (K_p).

Стабилизация уровня воды в водохранилище приходится на июнь-август. Наибольшие значения показателей регулирования стока за многолетний период наблюдаются в июне-июле 1969, 1970, 1975, 1980 и 1977 гг. Так, в 1977 г. наблюдался самый высокий коэффициент регулирования, который составил 1,22 – в июне и 1,10 – в июле. В 1969 и 1970 гг. показатель регулирования изменялся в диапазоне от 1,06 до 1,08 (июнь-июль). 1975 г. характеризовался значениями K_p , равными 1,00 – в июне и 1,18 – в июле. В 1980 г. K_p изменялся в пределах 1,00-1,13 соответственно в июне-июле. Минимум K_p приходился на июнь-июль 1981 г., когда коэффициент регулирования составил соответственно 0,77-0,84. В остальные годы наблюдались средние значения K_p , которые изменялись от 0,85 до 1,05.

Вслед за фазой стабилизации уровня воды в водоёме идёт *фаза летне-осенних дождевых паводков*, которая приходится на сентябрь-ноябрь. Паводки на Воткинском водохранилище были наиболее выражены в 1973, 1982 и 1983 гг. Так, в 1983 г. (с сентября по октябрь) коэффициент регулирования изменялся в пределах 0,86-1,32. В сентябре-октябре 1973 г. K_p составил 0,92-1,26 соответственно. В сентябре-октябре 1982 г. значения показателя регулирования стока равнялись соответственно 0,78-1,00.

Средние значения показателя регулирования стока были характерны для 1980, 1981, 1972, 1966, 1969 и 1970 гг., когда они варьировали в пределах 0,89-1,15. 1975, 1977, 1978 и 1984 гг. характеризовались относительным постоянством показателя регулирования стока. В эти годы дождевые паводки практически отсутствовали. Так, например, в 1975 г. коэффициент регулирования изменялся в пределах 0,77-0,79-0,80 соответственно в сентябре-октябре-ноябре. В 1977 г. пределы изменения K_p составили 1,02-0,96-0,91. 1984 г. характеризуется значениями K_p , которые в сентябре-октябре составили 1,04-1,07.

В целом на Воткинском водохранилище в течение многолетнего периода эксплуатации фаза летне-осенних дождевых паводков в основном присутствовала и показатели регулирования стока колебались в диапазоне 0,77-1,32.

Сравнительный анализ изменения коэффициентов регулирования стока на водохранилищах Камского каскада

Минимальные коэффициенты регулирования на Камском водохранилище в фазу зимней сработки в основном обусловлены поступлением вод крупных боковых притоков (Иньвы, Косьвы, Обвы, Чусовой). Поступление вод этих рек приводит к существенному увеличению объёма стока, а следовательно, к заметному снижению K_p .

Максимальные показатели регулирования стока (которые в основном приходятся на период весеннего наполнения водоёма) обусловлены тем, что водохранилище за зиму существенно сработалось, зона выклинивания подпора спустилась вниз и в верховье водоёма наблюдаются условия, близкие к речным.

Анализируя значения коэффициентов регулирования стока на Камском и Воткинском водохранилищах за многолетний период, можно увидеть тенденцию уменьшения показателей регулирования стока от плотины Камской ГЭС к плотине Воткинской ГЭС.

Амплитуды внутригодовых изменений коэффициента регулирования стока на Камском водохранилище заметно выше, чем на Воткинском. Показатель регулирования на Воткинском водохранилище изменяется более плавно. Отличия в изменении коэффициентов регулирования во времени объясняются спецификой регулирования стока Камской ГЭС на Камском водохранилище и двумя гидроузлами – на Воткинском. На Камском водохранилище большое влияние на коэффициент регулирования оказывают специфический водный режим водоема и особенности впадения в него крупных боковых притоков.

Так, если взять для сравнения 1975 г. и проанализировать изменения показателей регулирования стока в фазу весеннего наполнения водоёма, то можно заключить, что на Камском водохранилище значения коэффициентов регулирования стока заметно выше ($K_p = 2,47$ в апреле), чем на Воткинском ($K_p = 1,25$ в апреле). Эта закономерность характерна для всего многолетнего периода эксплуатации водохранилищ в данную фазу водного режима.

Если рассматривать фазу интенсивной зимней сработки водохранилища, то она характеризуется увеличением коэффициентов регулирования от Камского водохранилища к Воткинскому. Так, в 1975 г. на Камском водохранилище значение K_p в марте составило 0,38, а на Воткинском того же месяца $K_p = 0,78$. Данная закономерность возрастания K_p от плотины Камской ГЭС к плотине Воткинской ГЭС характерна для всего многолетнего существования каскада. При сравнительном анализе коэффициентов регулирования стока была выявлена еще одна особенность: в мае 1973 г. как на Камском, так и на Воткинском водохранилище, величина K_p была одинакова (1,26).

По результатам расчёта показателей регулирования стока выявлено, что 1969 и 1970 гг. характеризуются одинаковой водностью и практически одинаковыми коэффициентами регулирования стока во времени.

Фаза зимней сработки на обоих водоёмах характеризуется постепенным повышением показателя регулирования стока от плотины Камской ГЭС к плотине Воткинской ГЭС. Так, K_p стока на Камском водохранилище за многолетний период заключён в интервале 0.25-0.75 (соответственно его минимальное и максимальное значения). На Воткинском водохранилище K_p изменяется в пределах 0.64-1.11.

На Камском водохранилище большое влияние на коэффициент регулирования оказывают специфический водный режим водоема и особенности впадения в него крупных боковых притоков (Иньва, Обва, Косьва, Чусовая). В связи с этим на приточных участках водоёма отмечены низкие значения K_p .

Воткинское водохранилище по морфометрическим характеристикам является более простым водоемом, в отличие от Камского. Боковая приточность в водохранилище небольшая и составляет 5-7% приходной части водного баланса. Эти особенности существенно определяют характер изменения коэффициента регулирования стока (K_p).

Фаза весеннего наполнения водоёма характеризуется аккумуляцией воды в водохранилище. Следствием этого является тенденция уменьшения коэффициента регулирования от плотины Камской ГЭС к плотине Воткинской ГЭС. Диапазон изменения K_p в многолетнем аспекте на Камском водохранилище составил 0.93-2.97, на Воткинском водохранилище соответственно 0.88-1.76.

Диапазон изменений K_p стока на Камском водохранилище в фазу стабилизации уровня воды равен 0.56-1.30, исключение составляет $K_p = 2,83$ (июль 1963), на Воткинском водохранилище – 0.77-1.20.

Коэффициенты регулирования стока в фазу летне-осенних дождевых паводков на Камском водохранилище изменялись в диапазоне 0.60-1.58, на Воткинском – 0.77-1.32. В 1983 г. на обоих водоёмах рассматриваемая фаза была наиболее ярко выражена: показатель регулирования стока увеличился от 1,00 до 1,58 (сентябрь-октябрь) на Камском водохранилище и соответственно от 0,86 до 1,32 – на Воткинском.

Библиографический список

1. *Девяткова Т.П.* Исследование водного режима крупных долинных водохранилищ (на примере камских) на основе системно-диалектической методологии: дис. в виде науч. докл. на соиск. учен. степ. д-ра геогр. наук / Т.П. Девяткова. Пермь, 1997. 74 с.

2. *Знаменский В.А.* Гидрологические процессы и их роль в формировании качества воды / В.А. Знаменский. Л.: Гидрометеиздат. 1981. 248 с.

3. *Китаев А.Б.* Оценка регулирования стока водохранилищами Камской и Воткинской ГЭС / А.Б. Китаев // Проблемы и перспективы географических исследований. Пермь, 2001. С. 151–160.

4. *Китаев А.Б.* Оценка регулирования стока Камской и Воткинской ГЭС (в характерные по водности годы) / А.Б. Китаев // Вопросы гидрологии и экологии Западного Урала. Пермь, 2001. С.19-23. Деп. в ВИНТИ 17.12.2001. №2241.