

УДК 608.162

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗАБОРА ВОДЫ НА ТЕРРИТОРИИ КНР НА РЕЖИМ РАБОТЫ БУХТАРМИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Доктор геогр. наук С.К. Давлетгалиев
С.Р. Жанпеисова

Рассмотрен режим работы Бухтарминского водохранилища при различных возможных значениях забора воды из р. Черный Иртыш на территории КНР.

Водоохранилище Бухтарминской ГЭС (БГЭС) – крупнейшее в Казахстане. При нормативно подпорном уровне (НПУ) емкость его достигает 49,62 км³, площадь зеркала – 5490 км², в том числе 3750 км² – площадь оз. Зайсан. При уровне мертвого объема (УМО) его емкость – 18,81 км³, а площадь зеркала – 3140 км². Отметка при НПУ равна 394,8 м БС, а при УМО составляет 387,80 м БС.

Водоохранилище осуществляет почти полное многолетнее регулирование стока р. Иртыш. Расположено оно в зоне полупустынь и сухих степей в восточной части Казахстана и простирается более чем на 300 км с севера на юг. Основные водопотребители Бухтарминского водохранилища: коммунально-бытовое водоснабжение, сельское и рыбное хозяйство, промышленность и Государственный природный заказник «Пойма» р. Иртыш. Водопользователи: гидроэнергетика и водный транспорт.

Интересы промышленного, коммунального и сельскохозяйственного водоснабжения, в том числе водозабор в канал им. Сатпаева, должны соблюдаться в течение всего года. Требования водного транспорта заключаются в обеспечении навигационного попуска с 20 апреля по 5 ноября. В этот период среднесуточные расходы не должны быть ниже БГЭС – 430, Устькаменогорская ГЭС (УГЭС) – 500, Шульбинская ГЭС (ШГЭС) – 650 м³/с.

В целях поддержания в среднем течении р. Иртыш условий, близких к естественным паводкам, сохранения биологической продуктивности, экологической среды обитания флоры и фауны поймы, имеющей статус Государственного природного заказника, ежегодно в период с третьей декады апреля по вторую декаду мая осуществляются мелкие попуски. Расходы воды этого периода (3000...3500 м³/с) складываются из боковой приточности на участке БГЭС – ШГЭС и сброса воды из Бухтарминского водохранилища.

Гарантированная годовая выработка гидроэнергии на БГЭС в соответствии с «Правилами использования водных ресурсов Верхне-Иртышского каскада водохранилищ» составила в 2000 г. 2157 млн. квт. ч, в 2005 г. – 2089 млн. квт. ч, а в 2010 г. должна быть 2037 млн. квт. ч, гарантированные расходы обеспеченностью 95 % для указанных лет соответственно равны 400, 370 и 360 м³/с.

По данным Гидропроекта, забор воды в КНР из р. Черный Иртыш к 2005 г. составил примерно 0,375 км³, а к 2010 г. он ожидается около 0,750 км³ [1].

Уравнение водного баланса Бухтарминского водохранилища

Уравнение водного баланса Бухтарминского водохранилища за годовой интервал упрощенно (км³) может быть записано в виде:

$$V_k = V_n + V_{нов.} - (E-x) - V_c, \quad (1)$$

где V_k – конечный объем водохранилища; V_n – начальный объем водохранилища; $V_{нов.}$ – приток поверхностных вод к периметру водохранилища; E – среднеегодовое годовое испарение с поверхности водохранилища; x – среднеегодовое осадки, выпадающие на поверхность водохранилища; V_c – сток воды через Бухтарминское водохранилище, т.е. отдача водохранилища.

Приток воды к периметру водохранилища определяется как сумма гидрометрически измеренного стока рек Черный Иртыш у с. Буран, Бухтарма – с. Лесная пристань, Тургусун – с. Кутиха, Нарым – с. Большое Нарымское, Кальджир – с. Черняевка, Курчум – с. Вознесенское. Неучтенный гидропостами приток воды оценивается величиной стока р. Кокпекты, поэтому в величину $V_{нов.}$ входит сток р. Кокпекты. Величины испарения и осадков приняты приближенно по данным работы [2]. Исследований по определению этих составляющих уравнения водного баланса после 1970 г., насколько нам известно, не проводилось.

Оценка влияния забора воды в КНР на режим работы Бухтарминского водохранилища

Изучение степени заполнения или изменения колебаний уровня водохранилища в зависимости от наступления периодов разной водности, роста безвозвратного водопотребления на территории КНР и изменения отдачи из водохранилища имеет большое научное и практическое значение. Для решения этой задачи может быть использовано приведенное вы-

ше уравнение водного баланса, которое с учетом возможного значения забора воды записывается в виде:

$$V_k = V_n + V_{нов.} - (E - x) - V_c - V_з. \quad (2)$$

Расчет объема водохранилища по уравнению (2) производится по годовым интервалам времени. Переменными составляющими в этом уравнении являются величины притока воды, сток из водохранилища, т.е. гарантированная отдача и объем безвозвратного водопотребления. При исследовании колебаний объема водохранилища по уравнению (2) необходимо соблюдать ограничение, не допускающее сработку водохранилища ниже отметки УМО и наполнение его выше НПУ.

За начало расчетного периода принято первое января 2005 г. с фактическим объемом воды в водохранилище, равным $V_n = 33,14 \text{ км}^3$, а величина видимого испарения за год принята $(E-x) = 2,07 \text{ км}^3$. Продолжительность расчетного периода – 20 лет. Для характеристики притока воды к периметру водохранилища использованы наблюдаемые данные с 1949 по 1994 гг. и смоделированные 1000 – летние ряды суммарного стока рек, впадающих в Бухтарминское водохранилище. При этом сток из водохранилища V_c задавался от 250 до 650 м³/с в зависимости от степени наполнения водохранилища и притока воды. Величины стока, превышающие гарантированную отдачу или не достигающие ее, назначались при угрозах переполнения водохранилища и сработки объема воды ниже отметки УМО. Объемы безвозвратного водопотребления, т.е. величины забора воды на территории КНР, задавались в пределах 1...7 км³/год. Расчеты выполнены для периодов различной водности 25, 50, 75 и 85 % обеспеченности. Такие периоды выбирались из фактических и смоделированных рядов. В первом случае они определялись из ряда наблюдений, сдвинутого на один год, во втором – из смоделированного, методом канонического разложения [3].

Средний расход многоводного периода (25 % обеспеченности), продолжительностью 20 лет, равен 681 м³/с, средний расход периода 50 % обеспеченности – 635 м³/с, маловодного периода 75 % обеспеченности – 593 м³/с. В фактических рядах периоды водности 25 % обеспеченности имели место в 1953...1972 гг., 1955...1974 гг., периоды водности 50 % – в 1959...1978 гг., 1969...1988 гг., 1949...1968 гг., период водности 75 % – в 1963...1982 гг., 1970...1989 гг., 1974...1993 гг. Группировки водности 95 % в рядах наблюдений не обнаружены, в смоделированных рядах такой период также встречается весьма редко. Поэтому в проверочных расчетах использованы группировки водности 75 % и 85 % обеспеченности.

Данные стока периодов различной водности, выбранные по ряду наблюдений, отличаются, в основном, крайними членами ряда, остальные значения стока повторяются. Более разнообразными являются группировки, определенные из смоделированных рядов. В этом случае стоковые ряды существенно отличаются как по величине, так и по месту расположения.

Для расчета выбираются несколько реализаций гидрологических рядов со средним притоком воды, близким к стоку заданной обеспеченности (табл. 1). По этой последовательности стока по уравнению (2) для различных значений объема безвозвратного водопотребления и гарантированной отдачи определена степень наполнения Бухтарминского водохранилища.

Таблица 1

Расчетные смоделированные ряды ($V_{пов,}$ км³) годового притока поверхностных вод в Бухтарминское водохранилище

| Год | Годовой приток различной обеспеченности | | | | | | | | | | | |
|------|---|-------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|
| | 25% | | | 50% | | | 75% | | | 85% | | |
| | выборка | | | выборка | | | выборка | | | выборка | | |
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| 2005 | 26,56 | 16,99 | 13,48 | 13,84 | 10,39 | 17,43 | 14,21 | 22,76 | 19,34 | 18,34 | 28,14 | 12,75 |
| 2006 | 20,64 | 11,40 | 12,83 | 14,28 | 22,43 | 19,88 | 16,41 | 18,6 | 26,46 | 23,62 | 9,13 | 33,99 |
| 2007 | 19,24 | 23,10 | 21,3 | 17,26 | 29,99 | 13,39 | 14,44 | 15,94 | 16,6 | 13,93 | 25,55 | 13,11 |
| 2008 | 16,36 | 27,68 | 19,89 | 23,4 | 22,37 | 14,55 | 14,17 | 20,04 | 20,2 | 23,42 | 12,17 | 21,60 |
| 2009 | 35,28 | 22,97 | 25,05 | 21,69 | 18,35 | 22,22 | 16,42 | 22,61 | 23,18 | 13,82 | 15,12 | 16,46 |
| 2010 | 16,24 | 22,87 | 23,84 | 27,69 | 21,17 | 18,40 | 23,88 | 17,4 | 22,81 | 14,66 | 10,05 | 13,53 |
| 2011 | 19,10 | 32,01 | 22,54 | 27,44 | 19,68 | 23,4 | 15,23 | 17,42 | 10,21 | 11,06 | 19,46 | 11,60 |
| 2012 | 19,66 | 27,60 | 24,52 | 27,17 | 15,27 | 27,55 | 19,71 | 24,37 | 24,17 | 17,6 | 24,98 | 18,93 |
| 2013 | 16,20 | 26,57 | 32,17 | 18,73 | 24,81 | 36,07 | 13,22 | 21,34 | 23,36 | 23,82 | 14,37 | 12,38 |
| 2014 | 12,72 | 14,83 | 25,92 | 13,34 | 21,43 | 29,68 | 20,27 | 19,46 | 14,32 | 10,64 | 12,44 | 18,92 |
| 2015 | 26,35 | 13,83 | 19,99 | 18,41 | 19,13 | 28,07 | 15,02 | 28,43 | 19,01 | 15,44 | 18,74 | 16,88 |
| 2016 | 23,97 | 22,89 | 24,81 | 15,21 | 11,73 | 16,21 | 27,53 | 27,01 | 21,04 | 22,37 | 17,45 | 16,89 |
| 2017 | 27,67 | 12,35 | 22,58 | 16,87 | 13,24 | 24,14 | 20,26 | 16,29 | 19,05 | 20,79 | 14,83 | 16,88 |
| 2018 | 18,03 | 14,43 | 17,19 | 15,95 | 13,41 | 14,35 | 9,68 | 20,08 | 12,21 | 15,41 | 11,85 | 11,76 |
| 2019 | 28,98 | 13,59 | 20,05 | 24,80 | 24,81 | 9,02 | 20,25 | 16,57 | 18,55 | 15,8 | 21,19 | 17,81 |
| 2020 | 25,53 | 29,13 | 18,32 | 18,04 | 10,52 | 16,26 | 22,29 | 18,63 | 19,28 | 16,5 | 9,72 | 19,31 |
| 2021 | 14,25 | 26,10 | 17,46 | 18,34 | 31,31 | 20,66 | 23,68 | 14,61 | 16,19 | 20,66 | 12,45 | 14,31 |
| 2022 | 17,30 | 25,59 | 30,64 | 26,41 | 30,02 | 21,29 | 22,33 | 13,74 | 18,53 | 12,23 | 22,60 | 11,68 |
| 2023 | 14,09 | 20,92 | 15,18 | 28,43 | 22,34 | 14,17 | 31,13 | 14,73 | 17,75 | 16,72 | 16,06 | 26,44 |
| 2024 | 31,09 | 24,20 | 18,00 | 17,59 | 23,25 | 17,98 | 26,05 | 16,95 | 23,09 | 14,20 | 21,41 | 16,32 |

Результаты расчетов показывают, что в случае наступления многоводных периодов (25 % обеспеченности) и заборе воды в объеме $V_3 \leq 3...4$ км³/год Бухтарминское водохранилище может работать с гарантированной отдачей $V_c = 450...500$ м³/с (14,19...15,77 км³). Однако, в слу-

чае наличия в стоковых рядах маловодных серий длиной 3 и более лет (выборка 2) БГЭС не может обеспечить гарантированную отдачу $450 \text{ м}^3/\text{с}$ в течение всего расчетного периода. Например, в 2019 г. величина V_c составит $400 \text{ м}^3/\text{с}$ ($12,62 \text{ км}^3$). При отъеме безвозвратного водопотребления $V_3 = 5 \text{ км}^3/\text{год}$ по данным первой выборки водохранилище постоянно может работать с отдачей $450 \text{ м}^3/\text{с}$, по данным второй выборки в 2015...2020 гг. отдача урезается до $400 \text{ м}^3/\text{с}$ ($12,62 \text{ км}^3$), по данным третьей выборки такая ситуация будет наблюдаться в 2006...2011 гг. Из анализа результатов расчетов, выполненных на основе фактических периодов наблюдений за 1953...1972 гг. и 1956...1975 гг. следует, что при $V_3 = 4...5 \text{ км}^3/\text{год}$ водохранилище может работать с отдачей $V_c = 450 \text{ м}^3/\text{с}$, а при $V_3 = 6...7 \text{ км}^3/\text{год}$ она сокращается до $400 \text{ м}^3/\text{с}$. По данным смоделированных рядов (выборка 2) при указанных значениях водозабора сокращение отдачи может быть существенным, до $V_c = 350 - 250 \text{ м}^3/\text{с}$.

Расчеты, выполненные по отдельным реализациям смоделированных рядов, показывают, что в средний по водности период при объеме водозабора $V_3 \leq 3 \text{ км}^3/\text{год}$ Бухтарминское водохранилище в течение всего расчетного периода работает с отдачей $450 \text{ м}^3/\text{с}$ и более. При $V_3 = 4 \text{ км}^3/\text{год}$ по данным первой и второй выборок указанная отдача $450...400 \text{ м}^3/\text{с}$ обеспечивается в течение всего расчетного периода, по данным второй выборки она в 2020 г. понизится до $250 \text{ м}^3/\text{с}$. Далее в результате наступления многоводной группировки лет гарантированная отдача V_c восстанавливается и объем воды в водохранилище достигает величины $47,78 \text{ км}^3$.

В случае наступления среднего по водности периода, аналогичного 1949...1968 гг., при $V_3 = 4 \text{ км}^3/\text{год}$ отдача $V_c = 450 \text{ м}^3/\text{с}$ обеспечивается постоянно, при $V_3 = 5 \text{ км}^3/\text{год}$ возможно сокращение величины V_c до $400 \text{ м}^3/\text{с}$. При $V_3 = 6 \text{ км}^3/\text{год}$ величина V_c составит $350...400 \text{ м}^3/\text{с}$. В период водности, аналогичной 1959...1978 гг., при $V_3 = 4 \text{ км}^3/\text{год}$ отдача $450 \text{ м}^3/\text{с}$ обеспечивается, при $V_3 = 5 \text{ км}^3/\text{год}$ она сократится до $300 \text{ м}^3/\text{с}$ в конце расчетного периода, при $V_3 = 6 \text{ км}^3/\text{год}$ сток из водохранилища будет равен $400 \text{ м}^3/\text{с}$ ($12,62 \text{ км}^3$). При наступлении периода водности, подобного 1969...1988 гг., отличающегося от рассмотренных периодов наличием в стоковых рядах длительных маловодных группировок, даже при $V_3 = 3 \text{ км}^3/\text{год}$ гарантированная отдача

$V_c = 450 \text{ м}^3/\text{с}$ сохраняется до 2013 г., далее она составит $400 \text{ м}^3/\text{с}$, при $V_3 = 4 \text{ км}^3/\text{год}$ сток из водохранилища в 2019 г. будет $350 \text{ м}^3/\text{с}$.

В маловодные периоды с обеспеченностью 75 % при объемах водозабора $V_3 = 1 \dots 2 \text{ км}^3$ Бухтарминское водохранилище может работать с отдачами $450 \dots 500 \text{ м}^3/\text{с}$ (14,19; 15,77 км^3) (табл. 2), что подтверждается данными выборок 2 и 3 и фактических рядов периода 1963...1982 гг. При несколько иных сочетаниях водности периода (выборка 1 и группировки лет 1970...1989 гг. и 1974...1993 гг.) оно может работать с постоянными гарантированными расходами $400 \dots 450 \text{ м}^3/\text{с}$. При $V_3 = 3 \text{ км}^3/\text{год}$ сохранение постоянной отдачи $450 \text{ м}^3/\text{с}$ возможно для выборок 2 и 3, а для выборки 1 это приводит к сработке водохранилища до уровня мертвого объема и снижению отдачи до $250 \text{ м}^3/\text{с}$ (табл. 2). Для этой выборки возможно сохранение постоянной отдачи $400 \text{ м}^3/\text{с}$. По данным фактических периодов 1963...1982 гг. и 1970...1989 гг. допустима работа водохранилища с отдачами $400 \dots 450 \text{ м}^3/\text{с}$, а данные 1974...1993 гг. обеспечивают нормальную работу водохранилища с $V_c = 350 \text{ м}^3/\text{с}$. При $V_3 = 4 \dots 5 \text{ км}^3/\text{год}$ величина V_c составит $350 \dots 400 \text{ м}^3/\text{с}$, лишь для 1974...1993 гг. она составит $300 \text{ м}^3/\text{с}$. В период водности с обеспеченностью, близкой 80...85 % при объеме водозабора $V_3 = 1 \text{ км}^3/\text{год}$ БГЭС постоянно может работать с отдачей $400 \dots 450 \text{ м}^3/\text{с}$. При $V_3 = 2 \text{ км}^3/\text{год}$ указанная отдача $400 \text{ м}^3/\text{с}$ поддерживается в начальные годы, затем ее необходимо сократить до $350 \dots 300 \dots 250 \text{ м}^3/\text{с}$, при $V_3 = 3 \dots 4 \text{ км}^3/\text{год}$ она будет изменяться в пределах $350 \dots 250 \text{ м}^3/\text{с}$.

Изучен также режим работы Бухтарминской ГЭС для условий периода 1975...1994 гг., соответствующего средней водности реки. Из анализа этих данных следует, что при объеме водозабора $V_3 = 1 \text{ км}^3$ в течение всего расчетного периода водохранилище может работать с отдачей $450 \text{ м}^3/\text{с}$. При $V_3 = 2 \dots 3 \text{ км}^3$ водохранилище может работать с постоянным стоком $V_c = 400 \text{ м}^3/\text{с}$, при $V_3 = 4 \text{ км}^3$ – с отдачей $350 \text{ м}^3/\text{с}$.

Таким образом, в многоводные периоды 25 % обеспеченности при объеме безвозвратного водопотребления, равного 4 км^3 , Бухтарминское водохранилище в течение 20 лет, с 2005 г. по 2024 гг., может работать с гарантированной отдачей $450 \text{ м}^3/\text{с}$, что отвечает требованиям судоходства ниже БГЭС. В отдельные годы сток из водохранилища может повышаться до $450 \dots 500 \text{ м}^3/\text{с}$.

Таблица 2

Водно-балансовый расчет объема Бухтарминского водохранилища по данным смоделированных рядов
(период водности 75 % обеспеченности), км³

| Год | Выборка 1 | | | | | | | Выборка 2 | | | | | | Выборка 3 | | | | | | | |
|------|------------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|------------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-----------|------------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
| | $V_{нов.}$ | $V_3 = 1$ | | $V_3 = 2$ | | $V_3 = 3$ | | $V_{нов.}$ | $V_3 = 1$ | | $V_3 = 2$ | | $V_3 = 3$ | | $V_{нов.}$ | $V_3 = 1$ | | $V_3 = 2$ | | $V_3 = 3$ | |
| | | V_C | V_K | V_C | V_K | V_C | V_K | | V_C | V_K | V_C | V_K | V_C | V_K | | V_C | V_K | V_C | V_K | V_C | V_K |
| 2005 | 14,21 | 14,19 | 30,09 | 14,19 | 29,09 | 14,19 | 28,09 | 22,76 | 14,19 | 36,84 | 14,19 | 37,64 | 14,19 | 41,71 | 19,34 | 14,19 | 35,22 | 14,19 | 34,22 | 14,19 | 33,22 |
| 2006 | 16,41 | 14,19 | 29,24 | 14,19 | 27,24 | 14,19 | 25,24 | 18,6 | 14,19 | 39,98 | 14,19 | 37,98 | 14,19 | 41,05 | 26,46 | 14,19 | 44,42 | 14,19 | 42,22 | 14,19 | 40,42 |
| 2007 | 14,44 | 14,19 | 26,42 | 14,19 | 23,42 | 14,19 | 20,42 | 15,94 | 14,19 | 38,66 | 14,19 | 35,66 | 14,19 | 37,73 | 16,6 | 14,19 | 43,76 | 14,19 | 40,76 | 14,19 | 37,76 |
| 2008 | 14,17 | 14,19 | 23,33 | 14,19 | 19,33 | 9,74 | 19,8 | 20,04 | 14,19 | 41,44 | 14,19 | 41,51 | 14,19 | 38,51 | 20,2 | 17,34 | 43,55 | 14,19 | 46,77 | 14,19 | 38,7 |
| 2009 | 16,42 | 14,19 | 22,49 | 12,62 | 19,06 | 11,04 | 20,11 | 22,61 | 14,19 | 46,79 | 14,19 | 45,86 | 14,19 | 41,56 | 23,18 | 17,34 | 46,32 | 17,34 | 48,54 | 14,19 | 42,62 |
| 2010 | 23,88 | 14,19 | 29,11 | 12,62 | 26,25 | 12,62 | 26,3 | 17,4 | 14,19 | 46,93 | 14,19 | 45,0 | 14,19 | 40,0 | 22,81 | 17,34 | 48,72 | 17,34 | 49,94 | 14,19 | 46,17 |
| 2011 | 15,23 | 14,19 | 27,08 | 12,62 | 24,79 | 12,62 | 23,84 | 17,47 | 14,19 | 47,14 | 14,19 | 44,21 | 14,19 | 38,21 | 10,21 | 173,4 | 35,45 | 14,19 | 41,89 | 14,19 | 37,12 |
| 2012 | 19,71 | 14,19 | 29,53 | 12,62 | 27,81 | 12,62 | 25,86 | 24,37 | 20,5 | 47,97 | 17,34 | 47,17 | 14,19 | 43,32 | 24,17 | 17,34 | 39,21 | 14,19 | 47,8 | 14,19 | 42,03 |
| 2013 | 13,22 | 14,19 | 25,49 | 12,62 | 24,34 | 12,62 | 21,39 | 21,34 | 20,5 | 45,74 | 17,34 | 47,1 | 14,19 | 45,4 | 23,36 | 14,19 | 45,3 | 17,34 | 49,75 | 14,19 | 46,13 |
| 2014 | 20,27 | 14,19 | 28,5 | 14,19 | 26,85 | 14,19 | 22,4 | 19,46 | 20,5 | 41,63 | 20,5 | 41,99 | 14,19 | 45,6 | 14,32 | 14,19 | 42,37 | 14,19 | 45,81 | 14,19 | 41,19 |
| 2015 | 15,02 | 14,19 | 26,26 | 14,19 | 23,61 | 12,62 | 19,73 | 28,43 | 20,5 | 46,49 | 20,5 | 45,85 | 20,5 | 48,46 | 19,01 | 14,19 | 44,12 | 14,19 | 46,46 | 14,19 | 40,94 |
| 2016 | 27,53 | 14,19 | 36,53 | 14,19 | 32,88 | 12,62 | 29,57 | 27,01 | 20,5 | 49,93 | 20,5 | 48,29 | 20,5 | 49,9 | 21,04 | 14,19 | 47,9 | 14,19 | 49,34 | 14,19 | 42,72 |
| 2017 | 20,56 | 14,19 | 39,53 | 14,19 | 34,88 | 12,62 | 32,44 | 16,29 | 14,19 | 48,96 | 15,77 | 44,74 | 14,19 | 46,93 | 19,05 | 14,19 | 49,69 | 15,77 | 48,55 | 14,19 | 42,51 |
| 2018 | 9,68 | 14,19 | 31,95 | 14,19 | 26,3 | 12,62 | 24,43 | 20,08 | 14,19 | 47,05 | 15,77 | 44,98 | 14,19 | 47,75 | 12,21 | 14,19 | 44,64 | 14,19 | 42,5 | 14,19 | 35,46 |
| 2019 | 20,25 | 14,19 | 34,94 | 14,19 | 28,29 | 12,62 | 26,99 | 16,57 | 14,19 | 46,36 | 15,77 | 41,71 | 14,19 | 45,06 | 18,55 | 14,19 | 45,93 | 14,19 | 42,79 | 14,19 | 34,75 |
| 2020 | 22,29 | 14,19 | 39,97 | 14,19 | 32,32 | 14,19 | 30,02 | 18,63 | 14,19 | 47,73 | 15,77 | 40,5 | 14,19 | 44,43 | 19,28 | 14,19 | 48,05 | 14,19 | 43,81 | 14,19 | 34,77 |
| 2021 | 23,68 | 14,19 | 46,39 | 14,19 | 37,74 | 14,19 | 34,44 | 14,61 | 14,19 | 45,08 | 15,77 | 35,27 | 14,19 | 39,78 | 16,19 | 14,19 | 46,98 | 14,19 | 41,74 | 14,19 | 31,7 |
| 2022 | 22,33 | 20,5 | 45,15 | 14,19 | 41,81 | 14,19 | 37,51 | 13,74 | 14,19 | 41,56 | 14,19 | 30,75 | 14,19 | 34,26 | 18,53 | 14,19 | 48,25 | 14,19 | 42,01 | 14,19 | 30,97 |
| 2023 | 31,13 | 23,66 | 48,55 | 20,5 | 48,37 | 14,19 | 49,38 | 14,73 | 14,19 | 39,03 | 14,19 | 27,22 | 14,19 | 29,73 | 17,75 | 14,19 | 48,74 | 14,19 | 41,5 | 14,19 | 29,64 |
| 2024 | 26,05 | 23,66 | 48,87 | 20,5 | 49,85 | 20,5 | 49,86 | 16,95 | 14,19 | 38,72 | 14,19 | 25,91 | 14,19 | 27,42 | 23,09 | 20,5 | 48,26 | 14,19 | 46,33 | 14,19 | 33,29 |

В случае полного прекращения подачи воды по р. Черный Иртыш ($V_3 = 7 \dots 8 \text{ км}^3/\text{год}$) БГЭС до конца расчетного периода может работать с отдачей $350 \text{ м}^3/\text{с}$, уменьшая сброс из водохранилища в отдельные неблагоприятные периоды до $300 \dots 250 \text{ м}^3/\text{с}$ и сбрасывая водохранилища до УМО. В средние по водности периоды гарантированная отдача $400 \text{ м}^3/\text{с}$ обеспечивается при $V_3 = 3 \text{ км}^3/\text{год}$. В маловодные периоды с обеспеченностью стока 75 % гарантированная отдача $400 \dots 450 \text{ м}^3/\text{с}$ обеспечивается при $V_3 = 2 \text{ км}^3/\text{год}$, при $V_3 = 3 \text{ км}^3/\text{год}$ она составит $400 \dots 350 \text{ м}^3/\text{с}$, при $V_3 = 4 \text{ км}^3/\text{год}$ – $350 \text{ м}^3/\text{с}$.

В маловодные периоды с обеспеченностью 80...85 % сохранение отдачи $450 \text{ м}^3/\text{с}$ возможно при $V_3 = 1 \text{ км}^3/\text{год}$. При $V_3 = 2 \text{ км}^3/\text{год}$ отдача из водохранилища может колебаться в пределах $300 \dots 450 \text{ м}^3/\text{с}$ в зависимости от сочетания водности лет периода.

Все полученные результаты относятся к случаю начального заполнения Бухтарминского водохранилища, равного $31,14 \text{ км}^3$, соответствующего 1 января 2005 г. Поэтому результаты расчета относятся к возможному режиму работы БГЭС с 2005 по 2024 гг. При других значениях начального объема водохранилища можно прийти к совершенно другим выводам. Кроме того, все воднобалансовые расчеты выполнены для известного значения притока, что позволило назначить отдачи с учетом предполагаемой водности предстоящего года. Отдачи из водохранилища назначены без учета требований энергетики и строгого соблюдения правил управления водными ресурсами водохранилищ Иртышского каскада. Тем не менее, все воднобалансовые расчеты выполнены таким образом, чтобы обеспечить сохранение отдачи, рекомендованной в [1], в течение всего расчетного периода. Кроме того, выбранный расчетный интервал времени один год дает ориентировочное значение режима работы БГЭС. Для получения более достоверных результатов необходимо все расчеты выполнить по месячным интервалам, с учетом изменчивости величин испарения с водной поверхности водохранилища и атмосферных осадков, выпадающих на его поверхность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила использования водных ресурсов Верхнего Иртышского каскада водохранилищ. Алматы, 2002. – 59 с. (рукопись, Гидропроект).
2. Браславский А.П., Капитонова Н.П. и др. Методика составления водного баланса (на примере водохранилища Бухтарминской ГЭС) // Проблемы гидроэнергетики и водного хозяйства. Алма-Ата, Казахстан, 1970. – Вып.7 – С.80-110.

3. Давлетгалиев С.К., Смагулов Ж.Ж. Статистическое моделирование рядов притока воды в Бухтарминское водохранилище // Вестник КазГУ, серия географ. 2001. №1, – С. 53-58.

Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби.

БҰҒАМА СУ ҚОҒАМЫНЫҢ ЖҰМЫС Т...РТІБІНЕ СХР
АЙМАСТАРЫНДА СУДЫ ҚОРШАУ ҒИСПАЛЫНА БАҚА БЕРУ

Геогр. Ғылымд. докторы

С.К. Даулетғалиев

С.Р. Жанпейсова

*СХР аймағындағы Сара Ертіс қ. „р тІрлі мүмкіндіктерді
мағызы бойынша суды қоршауда Бұғтарма су қоймасының жұмыс
т., ртібі талданып.*