

Нарбаева К., Заурбек А.,
Нарбаев Т.

**Расчет параметров
Капшагайского водохранилища
многолетнего регулирования
для устойчивого развития
озера Балкаш**

В данной статье приведены методология, научно-технические основы и результаты исследования по корректировке параметров Капшагайского водохранилища, которые осуществляются в следующей последовательности: расчет потерь воды в дельте реки Иле и притока воды в озеро Балкаш; рекомендуемые водохозяйственные мероприятия принимаются в соответствии с «Сценарием устойчивого развития Российского государственного гидрологического института» (СУР ГГИ); производство гидрологических и водохозяйственных расчетов по определению параметров и корректировке Капшагайского водохранилища. Принятая методология и научно-технические основы обоснования социальной, экологической и экономической эффективности рассматривают корректировку параметров водохранилища многолетнего регулирования стока. В результате исследования скорректированы параметры Капшагайского водохранилища в год средней водности в соответствии с предлагаемой методикой при обеспеченности удовлетворения потребности в воде водохозяйственного комплекса $P_{\text{вжк}} = 95\%$, отметка мертвого объема УМО = 474 м (12,8 км³) и нормальный подпёртый уровень НПУ = 480 м (19,8 км³).

Ключевые слова: объемы и режимы приточной воды, приток воды в створ водохранилища, отдача воды из водохранилища, параметры водохранилища, водохозяйственный комплекс, водохозяйственный баланс, экология акватории.

Narbayeva K., Zaurbek A.,
Narbayev T.

Calculation parameters of Kapshagai water reservoir in multi-year regulation for sustainable development of Lake Balkash

This article presents the methodology, scientific and technical bases, and results of research on the Kapshagai reservoir adjustment parameters in the following order:

- calculation of losses water on the delta of Ile River and in the inflow of the Lake Balkhash;
- recommended water management measures adopted in accordance with the «Sustainable development scenarios by the Russian State Institute of Hydrology» (SDS RSIH);
- Hydrological and water calculations to identify the Kapshagai reservoir parameters.

The adopted methodology and the scientific-technical basis for the study of social, environmental and economic performance measures to adjust the operating parameters of reservoirs in the multiyear regulation. Adjusted parameters of the Kapshagai reservoir in an average water flow year in line with the proposed methodology, and scientific and technical basis for the water supply of water complex $P = 95\%$, the mark of the dead volume EMA = 474 m (12.8 км³) and normal water level NWL = 480 m (19.8 км³).

Key words: volume and modes of inflow water, inflow into the reservoir target, return water from the reservoir, the reservoir parameters, water management system, water balance, ecology of water.

Нарбаева К., Заурбек А.,
Нарбаев Т.

Балқаш көлінің тұрақты дамуына Қапшағай көпжылдық су қоймасының параметрлерін есептеу

Берілген мақалада Қапшағай су қоймасының параметрлерін түзету туралы әдісі мен ғылыми-техникалық негіздері келтірілген. Олар келесі жүйелілікте жасалған:

- Іле өзенінің атырауында судың жоғалуы мен Балқаш көліне келіп құятын ағынның есептелуі;
- ұсынылған су шаруашылық шаралар «Ресей мемлекеттік гидрология институтының тұрақты даму сценарийі» бойынша қолданылған (РМГИ ТДС);
- Қапшағай су қоймасының параметрлерін гидрологиялық және су шаруашылық есептер бойынша анықтау.

Ұсынылған әдіс пен ғылыми-техникалық негіз, әлеуметтік, экологиялық және экономиканың тиімділігіне байланысты көпжылдық су қоймасының ағынын реттеудегі параметрлерін қарастырған. Қапшағай су қоймасының параметрлері орта жылдық қамтамасыздықта, ұсынылған әдіске сәйкес су шаруашылық кешенін қамтамасыздандыруға байланысты $P_{\text{сжк}} = 95\%$, тұрақты тежеулі көлемі $V_{\text{т}} = 474$ м (12,8 км³) және қалыпты тежеулі деңгейі ҚТД = 480 м (19,8 км³) қайта жөнделді.

Түйін сөздер: ағынның көлемі мен режимі, су қоймасының қақпасына келіп құятын су, су қоймадан берілетін су, су қойманың параметрлері, су шаруашылық кешені, су шаруашылық балансы, экологиялық акватория.

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Республика Казахстан, г. Алматы

²Казахский национальный евразийский университет имени Л.Н. Гумилева,
Республика Казахстан, г. Астана

³Казахский национальный аграрный университет,
Республика Казахстан, г. Алматы

*E-mail: narbayeva.kn@gmail.com

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ КАПШАГАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА МНОГОЛЕТНЕГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ОЗЕРА БАЛКАШ

Введение

Сокращение притока воды в озеро Балкаш вызвано, как отмечается в работе (Водные ресурсы...2004: 132), строительством Капшагайской ГЭС, бесконтрольностью использования водных ресурсов рек Каратал, Лепсы и др. К примеру, река Аягуз до середины 1950 года доносила свои воды до озера. Регулирование стока реки Иле Капшагайским водохранилищем и отсутствие контррегулятора привели к резкому изменению ее гидроэкологического режима, возникновению внезапных паводков, отрицательно влияющих на выпас скота.

Площади дельты реки Иле сократились более чем в три раза. Из 16 дельтовых озер остались только 5, а требования рыбного хозяйства игнорируются полностью. Значительно сократились площади сенокосных угодий, тугайных лесов и как следствие сократилось биологическое разнообразие. Из-за превышения кормоемкости пастбищ поголовье овец и коз сократилось более чем в три раза, а потребление мяса на душу населения упало с 77 до 45 кг/год. Возрастают темпы наступления песков, животноводство превращается в убыточную отрасль (Авакян А.Б., 1987: 325).

Дельта реки Иле является частью обширной единой экосистемы Иле-Балкашского водохозяйственного комплекса. Она представляет собой систему озер, рукавов, протоков, стариц, перемежающихся с зарослями тростников и суходолов, которые и являются экологической средой озера, обеспечивающей обитание и воспроизводство рыбы, ондатры, диких зверей и разнообразного биотического комплекса. Кроме того, дельта имеет большое значение как хозяйственный объект. Увлажняемые территории дельты являются заливными сенокосами, составляющими основную базу кормопроизводства хозяйств, расположенных не только в дельте, но и за ее пределами (Р. Pavel, 2012: 449-491), (Т. Petr, 1992: P.21-46)

Отсюда следует, что влияние водохранилищ на состояние окружающей среды может отразиться не только на территориях, расположенных в непосредственной близости к водохранилищам, но и на территориях, расположенных вдали от водохранилища и даже в нижних слоях атмосферы.

И не только в нижних слоях атмосферы, но и во всех слоях атмосферного воздуха и даже во всех составляющих окружающей среды биосферы.

Поэтому проблемы репреобразования и корректировки параметров функционирующих водохранилищ в бассейнах сточных или бессточных рек в первую очередь требуют анализа схемы использования водных ресурсов бассейна реки на современный и перспективные периоды. Самое главное, установления возможных объемов притока воды к створу функционирующего водохранилища на анализируемые расчетные уровни развития отраслей экономики. В свою очередь вопросы решения возможных объемов притока воды к створу водохранилища невоз-

можно определить без анализа развития отраслей экономики как на территории сопредельных государств, так и на территории Республики Казахстан на различные перспективные периоды (Отчет о деятельности БВИ 2009а : 22-45).

Исходные данные и методы исследования

При подсчете параметров реконструируемых водохранилищ требуется определить зависимость между попусками воды из Капшагайского водохранилища и притоком воды в озеро Балкаш (рисунки 1 и 2).

Определяются возможные значения притока воды в озеро Балкаш на основе данных рисунков 1 и 2. Расчеты сведены в таблицу 1.

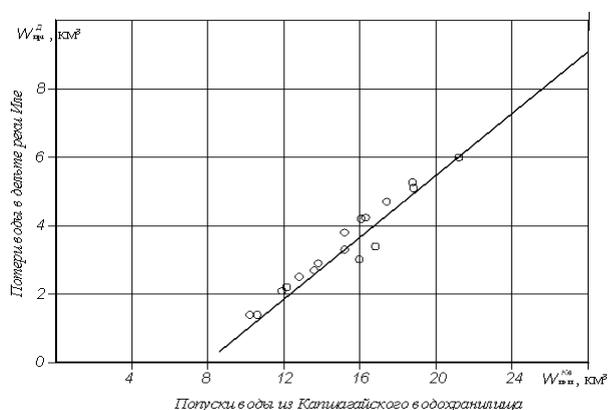


Рисунок 5. Взаимозависимость потери воды в дельте реки Иле от попусков воды из Капшагайского водохранилища

Рисунок 1 – Взаимозависимость потери воды в дельте реки Иле от попусков воды из Капшагайского водохранилища (Отчет о деятельности БВИ 2009б : 22-45), (Отчет Казгипроводхоз 2000-2009а : 45-56)

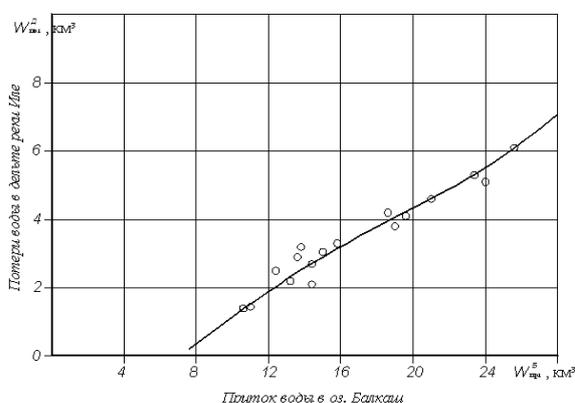


Рисунок 4. Взаимозависимость притока воды в озеро Балкаш и потерями воды в дельте реки Иле

Рисунок 2 – Взаимозависимость притока воды в озеро Балкаш от потерь воды в дельте реки Иле (Отчет Казгипроводхоз 2000-2009б : 56-93)

Таблица 1 – Расчет приращения потерь воды в дельте реки Иле в зависимости от попусков воды из Капшагайского водохранилища и притока воды в озеро Балкаш

№	По данным рис. 5		№	По данным рис. 4		Приращение потерь воды в дельте
	попуски из Капшагайского в-ща	потери воды в дельте		приток в озеро Балкаш	потери воды в дельте	
1	29,0	9,6	1	29,0	7,0	+2,6
2	27,0	8,7	2	27,0	6,4	+2,3
3	25,0	7,8	3	25,0	5,8	+2,0
4	23,0	6,8	4	23,0	5,2	+1,6
5	21,0	6,0	5	21,0	4,7	+1,3
6	19,0	5,0	6	19,0	4,2	+0,8
7	17,0	4,0	7	17,0	3,6	+0,4
8	15,0	3,2	8	15,0	2,9	+0,3

№	По данным рис. 5		№	По данным рис. 4		Приращение потерь воды в дельте
	попуски из Капшагайского в-ща	потери воды в дельте		приток в озеро Балкаш	потери воды в дельте	
9	13,0	2,2	9	13,0	2,2	+0,0
10	11,0	1,4	10	11,0	1,6	-0,2
11	9,0	0,4	11	9,0	0,8	-0,4
12	8,0	0,0	12	8,0	0,4	-0,4

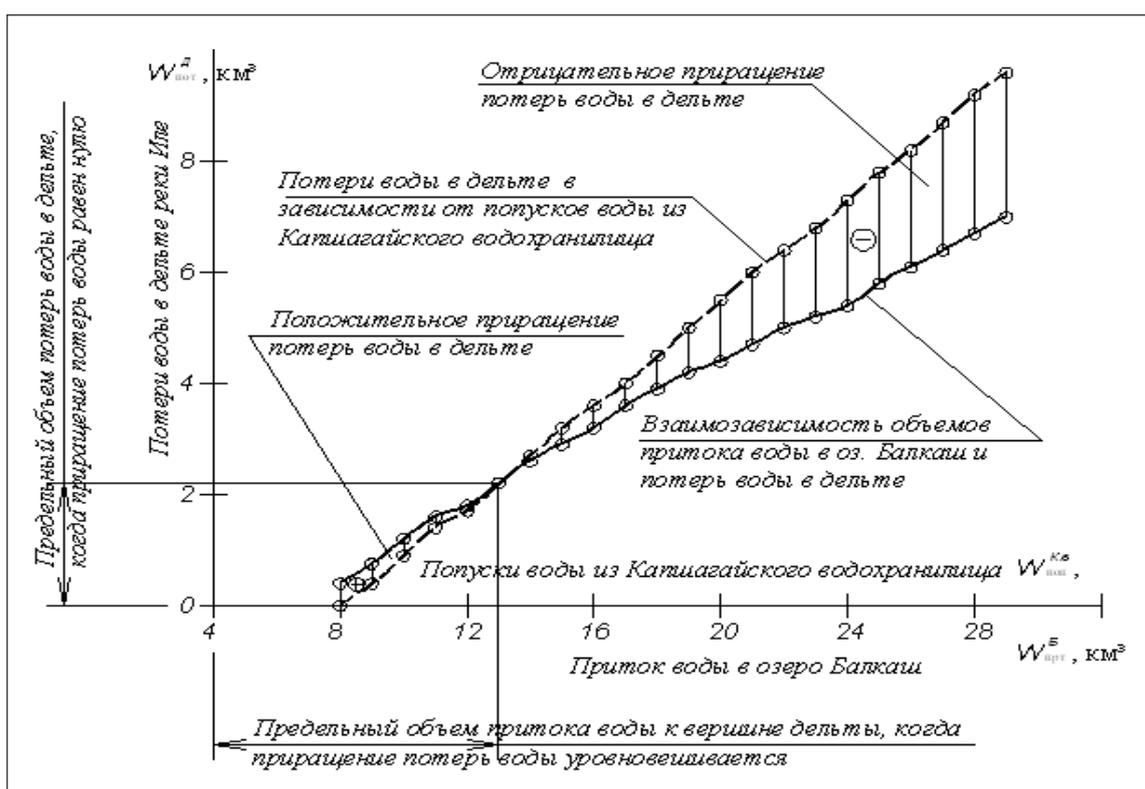


Рисунок 3 – Определение приращения потерь воды в дельте реки Иле

По результатам расчета строится график, рисунок 3.

Откуда видно, что имеются приращения потерь воды в дельте реки Иле. При пусках воды из Капшагайского водохранилища выше 13,0 км³ воды в год наблюдается отрицательное приращение потерь воды в дельте. И наоборот, при пусках воды из Капшагайского водохранилища ниже 13,0 км³ воды в год наблюдается положительное приращение потерь воды в дельте. Тем самым определяются объемы притока воды в озеро Балкаш, рисунок 4.

В целом, необходимо получить зависимость между пусками воды из Капшагайского водохранилища и притоком воды в озеро Балкаш,

принимая во внимание потери воды в дельте реки Иле, рисунок 5.

Расчет параметров водохранилища многолетнего регулирования:

- среднееголетние значение притока к створу водохранилища, $W_{np}^{K,6} = 13,0 \text{ км}^3$;
 - коэффициент вариации $C_v = 0,30$;
 - коэффициент асимметрии $C_s = 2 C_v$.
- Отдача воды брутто из водохранилища: $A_{бр}^{K,6} = 14,5 \text{ км}^3$.

Определяется коэффициент зарегулирования стока зависимости (Крицкий С.Н., 1952: 382):

$$\alpha_{бр} = \frac{A_{бр}}{W_{np}^{K,6}} \cdot 1) \tag{1}$$

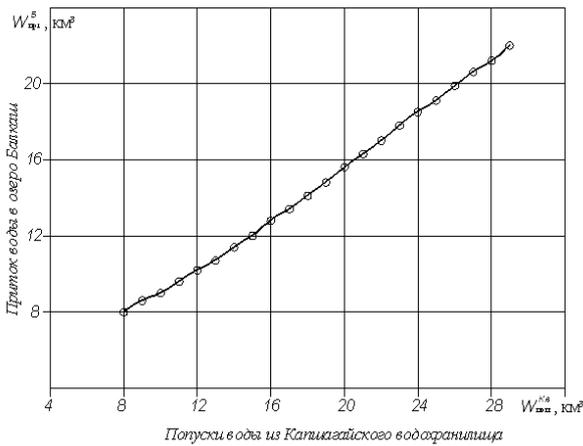


Рисунок 7. Объемы притока воды в озеро Балкаш в зависимости от объемов попуска из Капшагайского водохранилища

Рисунок 4 – Объемы притока воды в озеро Балкаш в зависимости от объемов попусков из Капшагайского водохранилища

где $\alpha_{бр}$ – коэффициент зарегулирования;

$A_{бр}$ – отдача брутто воды из водохранилища;

$W_{пр}^{к.с}$ – среднемноголетнее значение притока воды к створу водохранилища.

Тогда $\alpha_{бр} = 14,5 / 13,0 = 1,12$.

Коэффициент автокорреляции между стоками смежных лет. Наиболее вероятное значение $r = 0,3$ (Железняков Г.В., 1984: 204), (M. Shaw Elizabeth, 1983: 348)

Определяется многолетняя составляющая емкости водохранилища многолетнего регулиро-

вания ($\beta_{мн}$) (Чокин Ш.Ч., 1983: 201 с.), (Raudkivi A.J., 1979: 471):

$$\beta_{мн} = (\alpha, C_v, C_s, r, p). \quad (2)$$

где r – коэффициент автокорреляции между стоками смежных лет;

p – обеспеченность удовлетворения потребности в воде водопотребителей.

Обеспеченность удовлетворения потребности в воде водопотребителей определяется, как (Заурбек А.К., 2009: 570 с.):

$$P_{ВХК} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i \cdot \Pi_i}{\sum_{i=1}^n \Pi_i}, \quad (3)$$

где: Π_i – объем водопотребления i -ой отрасли экономики;

$P_{ВХК}$ – обеспеченность удовлетворения потребности в воде водохозяйственного комплекса (ВХК);

P_i – обеспеченность удовлетворения потребности в воде i -участника ВХК;

n – общее количество участников ВХК.

Ниже Капшагайского водохранилища расположены следующие отрасли экономики:

- природный комплекс особого государственного значения – озеро Балкаш: $\Pi_i = 9,6 \text{ км}^3$ и $p_{п.ком} = 95\%$;

- орошаемое земледелие. Потребности в воде Акдалинского массива орошения: $\Pi_{ор} = 0,8 \text{ км}^3$

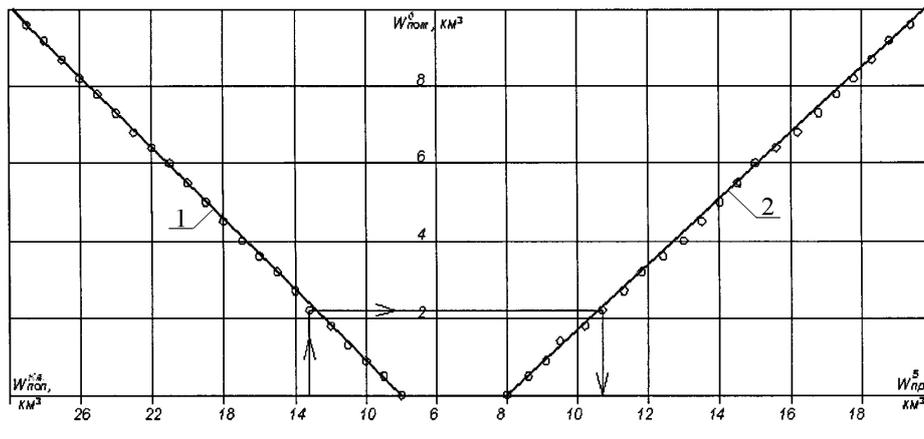


Рисунок 5 – Зависимость притока воды в озеро Балкаш от попусков воды из Капшагайского водохранилища и потерь воды в дельте реки Иле.

1 – потери воды в дельте реки Иле в зависимости от попусков воды из Капшагайского водохранилища; 2 – приток воды в озеро Балкаш в зависимости от попусков воды из Капшагайского водохранилища и потерь воды в дельте реки Иле

(безвозвратное водопотребление) и $p_{op} = 85\%$.

Тогда $P_{ВХК} = 0,94$. С большей надежностью можно заключить, что $P_{ВХК} \approx 95\%$.

По номограммам определить многолетнюю составляющую емкости водохранилища многолетнего регулирования (β_{mn}) невозможно, так как в данном случае уровень зарегулирования стока $\alpha_{op} \geq 1,0$. В номограммах приводятся данные только для $\alpha_{op} \leq 0,9$. Откуда выясняется, что невозможно удовлетворить потребности в воде водопотребителей (Отчет Казгипроводхоз 2000-2009б : 56-93).

Поэтому в перспективе, начиная с 2017-2018 годов необходимо принимать кардинальные меры по сокращению потребности в воде всех водопотребителей. Причем, до 2016 годов еще может наблюдаться некоторое увеличение, а в последующие пятилетия и десятилетия должны быть существенные сокращения водопотребления.

Расчет полезной емкости водохранилища многолетнего регулирования стока

В соответствии с осуществлением водосберегающих мероприятий по всему бассейну БАВР на 2040 год:

– среднесноголетнее значение притока к створу водохранилища, $W_{np}^{К.с} = 14,38 \text{ км}^3$ ($14,4 \text{ км}^3$);

– коэффициент вариации $C_v = 0,30$;

– коэффициент асимметрии $C_s = 2 C_v$. Отдача воды брутто из водохранилища: $A_{op}^{К.с} = 12,0 \text{ км}^3$. Коэффициент зарегулирования стока по зависимости $\alpha_{op} = 12,0 \cdot 10^9 / 14,4 \cdot 10^9 = 0,83$. Принятое значение коэффициента автокорреляции между стоками смежных лет $r = 0,0$. Обеспеченность удовлетворения потребности в воде водопотребителей: $P_{ВХК} = 0,95$ ($P_{ВХК} \approx 95\%$). Опре-

деляется многолетняя составляющая емкости водохранилища многолетнего регулирования (β_{mn}) по номограммам. Многолетняя составляющая полезной емкости Капшагайского по номограммам: $\beta_{mn} = 0,35$ (Заурбек А.К. 2009: 570 с.).

Расчет сезонной составляющей Капшагайского водохранилища многолетнего регулирования при $K_{pr} = \alpha_{op}$ ($W_r = A_{op,r}$). Тогда сезонная составляющая Капшагайского водохранилища многолетнего регулирования определяется по зависимости:

$$\beta_{сез} = \alpha_{op} (t_m - m_m), \quad (5)$$

где $\beta_{сез}$ – сезонная составляющая Капшагайского водохранилища многолетнего регулирования; α_{op} – отдача воды брутто из водохранилища; t_m – время межени в долях от года; m_m – доля среднего меженного стока в среднесноголетнем стоке.

В свою очередь, время межени в долях от года определяется как (Крицкий С.Н., 1952: 382):

$$t_m = T_m / T_r, \quad (6)$$

где T_m – время межени в месяцах;

T_r – продолжительность года в месяцах.

В свою очередь, доля среднего меженного стока в среднесноголетнем стоке определяется как:

$$m_m = W_m / W_r, \quad (7)$$

где W_m – объем меженного стока;

W_r – объем годового стока.

Тогда $W_r = A_{op,r} = \alpha_{op} \cdot W_o = 0,83 \cdot 12,96 \cdot 10^9 = 10,76 \cdot 10^9 \text{ м}^3$.

Сопоставление расчетного режима стока реки водопотребления (таблица 2) показывает, что $t_m = 7 / 12 = 0,58$; $m_m = 4\,480 / 10\,760 = 0,42$.

Таблица 2 – Расчет времени межени в долях от года и доли меженного стока от годового стока реки Иле в створе Добын

Показатели	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Расход реки в 2005 году, (м ³ /с)	243	306	380	315	506	651	465	776	465	338	244	237	411
Распределение стока реки, %	4,9	6,2	7,7	6,3	10,2	13,1	9,4	16,3	9,4	6,8	4,9	4,8	100
Сток реки в год ($W_r = A_{op,r}$), млн. м ³	530	670	830	680	1100	1410	1010	1750	1010	730	530	510	10760
Водопотребление в год ($W_r = A_{op,r}$), %	8,3	8,3	8,3	8,3	8,4	8,4	8,4	8,4	8,3	8,3	8,3	8,3	100

Продолжение таблицы 2

Показатели	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Водопотребление в год ($W_r = A_{брr}$), млн. м ³	890	890	890	890	910	910	810	910	890	890	890	890	10760
($W_r - A_{брr}$), (+)					+	+	+	+	+				5
($W_r - A_{брr}$), (-)	-	-	-	-						-	-	-	7

Откуда

$$\beta_{сез} = \alpha_{бр} (t_{м-} - m_{м-}) = 0,83 \cdot (0,58 - 0,42) = 0,13.$$

Тогда

$$V_c = 0,13 \cdot 12,96 \cdot 10^9 = 1,68 \cdot 10^9 \text{ м}^3.$$

Полезная емкость водохранилища многолетнего регулирования:

$$\beta_{плз} = \beta_{мн} + \beta_{сез}. \quad (8)$$

Тогда $\beta_{плз} = 0,41 + 0,13 = 0,54$.

На сегодня параметры Капчагайского водохранилища: отметка мертвого объема -474,5 м (12,94 км³), НПУ – 485,0 (28,14); 479,0 м (18,61 км³).

Результаты и обсуждения

Водохозяйственная обстановка в бассейне реки Иле и в целом Иле-Балкашскому водохозяйственному району на современном уровне по сравнению 1960-70-ми годами существенно изменилась. Ресурсы бассейна Иле-Балкашского бассейна – 28,85 км³, в том числе, реки Иле – 18,2 км³. Забор воды на территории КНР было в 1970 г. – 0,4 км³, теперь они составляют около 3,0 км³. Если общий объем использования свежей воды отраслей экономики в Иле-Балкашском бассейне было в 1960 г. 0,7 км³, то в настоящее время достигло 2,7 км³ воды в год. Приток к приграничному створу было 17,0 км³, теперь примерно 14,13 км³. Поэтому возникла необходимость в пересмотре параметров Капчагайского водохранилища.

Выводы

1. Для сохранения уровня воды в оз. Балкаш на отметках не ниже 341,0 м рекомендованы внедрение водосберегающих мероприятий и тем самым развитие отраслей экономики на территории РК в соответствии со сценарием развития СУР ГГИ. Водохозяйственные мероприятия по водосбережению в отраслях экономики в бассейне реки Иле в соответствии с рекомендациями СУР ГГИ позволяют снизить водопотребление на 2040 год всего на 0,42 км³, что недостаточно компенсации увеличения потребности в воде на территории КНР на 1,0 км³. Поэтому водохозяйственные мероприятия по водосбережению должны осуществляться по всему Иле-Балкашскому водохозяйственному району.

2. Водосберегающие мероприятия в целом по Иле-Балкашскому водохозяйственному району позволяют сэкономить порядка 1,90 км³ к 2040 году, в этом случае приток стока в створ Капчагайского водохранилища при проведении кардинальных водосберегающих мероприятий колеблется в пределах 14,6-14,4 км³ в год. Тогда по реке Иле в озеро Балкаш должно поступать не 9,6 км³, а 7,7 км³ воды в год. Отдача воды нетто – 10,3 км³, потеря воды из водохранилища 1,7 км³, отдача воды брутто из Капчагайского водохранилища составит 12,0 км³ воды в год.

3. Скорректированы параметры Капчагайского водохранилища в год средней водности в соответствии с предлагаемой методикой при обеспеченности удовлетворения потребности в воде водохозяйственного комплекса $P_{вхк} = 95$, отметка мертвого объема УМО = 474 м (12,8 км³) и нормальный подпертый уровень НПУ = 480 м (19,8 км³).

Литература

- 1 Авакян А.Б., Салтанкин В.П. Шарапов В.А. Водохранилища. – М.: Мысль, 1987. – 325 с.
- 2 Водные ресурсы Казахстана в новом тысячелетии. – Алматы: Киик, 2004. – 132 с.
- 3 Железняков Г.В. и др. Гидрология, гидрометрия и регулирование стока. – М.: Колос, 1984. – 205 с.
- 4 Заурбек А.К. Вода и устойчивость гидроэкосистем. – Алматы: КазНацАГРУ, 2009. – 570 с.
- 5 Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Водохозяйственные расчеты. – М.: Гидрометеиздат, 1952. – 382 с.
- 6 M. Shaw Elizabeth, Hydrology in practice, UK, 1983 – P. 569.
- 7 Отчет о деятельности БВИ за 2009 год. Балхаш-Алакольская бассейновая инспекция по регулированию использованию и охране водных ресурсов. – Караганда, 2009.
- 8 Отчет Казгипроводхоз. Схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов по бассейнам основных рек РК за различные годы (2000-2009 гг.).
- 9 Pavel P. Problems of water resources management in the drainage basin of the Lake Balkhash with respect to political development, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012. – P. 449-491
- 10 Raudkivi A.J. An Advance Introduction to Hydrological Processes and Modelling, University of Auckland. – New Zealand, 1979. – P. 471.
- 11 Petr T. Lake Balkhash, Kazakhstan // International Journal, Salt Lake Resources. – Italy, 1992. – P. 21-46.
- 12 Чокин Ш.Ч. Баишев Б.Б., Григоров В.А. Расчеты водохранилищ многоцелевого назначения. – Алма-Ата: Наука, 1983. – 201 с.

References

- 1 Avakyan A.B., Saltankin V.P. Sharapov V.A. Vodohranilishcha (1987) M.: Mysl'. – 325 s.
- 2 Vodnye resursy Kazahstana v novom tysyacheletii (2004) Almaty: Kiik. – 132 s.
- 3 Zheleznyakov G.V. i dr. (1984) Hidrologiya, gidrometriya i regulirovanie stoka. M.: Kolos. – 205 s.
- 4 Zaurbek A.K. (2009) Voda i ustojchivost' gidroekosistem. – Almaty: KazNacAGRU. -570 s.
- 5 Krickij S.N., Menkel' M.F. (1952) Vodohozyajstvennye raschety. M.: Gidrometeoizdat. – 382s.
- 6 M. Shaw Elizabeth (1983) Hydrology in practice, UK, p.569
- 7 Otchet o deyatel'nosti BVI za 2009 god (2009g.). Balhash-Alakol'skaya bassejnovaya inspekciya po regulirovaniyu ispol'zovaniyu i ohrane vodnyh resursov. Karaganda.
- 8 Otchet Kazgiprovozhoz. Skhemy kompleksnogo ispol'zovaniya i ohrany vodnyh resursov po bassejnam osnovnyh rek RK za razlichnye gody (2000-2009 gg.).
- 9 Pavel P. (2012) Problems of water resources management in the drainage basin of the Lake Balkhash with respect to political development, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, – P.449-491
- 10 Raudkivi A.J. (1979) An Advance Introduction to Hydrological Processes and Modelling, University of Auckland, New Zealand, – p. 471
- 11 Petr T. (1992) Lake Balkhash, Kazakhstan, International Journal, Salt Lake Resources, Italy, – P.21-46
- 12 Chokin Sh.Ch., Baishev B.B., Grigorov V.A. (1983) Raschety vodohranilishch mnogocelevego naznacheniya. Alma-Ata. Nauka. – 201 s.