

УДК 556.552

DOI: [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2020.1\(60\).52-60](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2020.1(60).52-60)

ВНЕШНИЙ ВОДООБМЕН В ПОЛЕЗНОМ ОБЪЕМЕ СРЕДНЕДНЕПРОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ПРОЕКТНЫХ И ЕГО СОВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРАХ

Е.В. Обухов, докт. экон. наук, канд. техн. наук, профессор, акад. МАНЭБ, УО (Одесса)

65039, ул. Среднефонтанская, 30а, г. Одесса, Украина.

Проблемой водохранилищ в настоящее время является их функционирование в условиях изменяющегося климата. Управление водными ресурсами водных объектов, оценка состояния и происходящих в них процессов требуют постоянного мониторинга и анализа. Цель работы – исследование интенсивности внешнего водообмена на Среднеднепровском водохранилище, горизонтальной и вертикальной составляющих водообмена, а также хозяйственного использования объекта. На основе водобалансовых составляющих исследована интенсивность внешнего водообмена в полезном объеме водохранилища в проектных и его современных параметрах с учетом водности года за весь период эксплуатации: многоводный 1970 г., маловодный 1972 г. и очень маловодный 2015 г. Определены коэффициенты интенсивности и показатели внешнего водообмена по каждому месяцу года, месяцы с максимальной и минимальной интенсивностями внешнего водообмена во временных единицах и основной фактор влияния на него – боковая приточность в водохранилище. Максимальная интенсивность внешнего водообмена в водохранилище в очень маловодном году в весенний и осенний периоды эксплуатации ухудшилась по отношению к многоводному году в четыре раза. Установлено, что чем больше коэффициент интенсивности внешнего водообмена, тем меньше показатель внешнего водообмена во временных единицах и интенсивнее происходят смена и самоочищение воды в водохранилище. Если показатель внешнего водообмена меньше единицы, то смена нормативных водных ресурсов водохранилища будет происходить меньше чем за год. Результаты исследований могут быть полезными при разработке режимов эксплуатации водохранилища в условиях изменения климата. Библ. 4, табл. 1, рис. 5

Ключевые слова: водохранилище, водный баланс, водообмен, интенсивность, коэффициент.

EXTERNAL WATER EXCHANGE IN USEFUL VOLUME MIDDLE DNEPR RESERVOIR IN THE PROJECT AND ABOUT ITS PARAMETERS

E. Obukhov, doctor of economic sciences, candidate of technical sciences, professor, academician of IAEMLP, Ukraine Department

65039, 30a Srednefontanskaya St., Odessa, Ukraine.

A current problem of reservoirs is their functioning in conditions of a changing climate. In such conditions, water resources management of water bodies as well as assessment their state and ongoing processes require permanent monitoring and analysis. The aim of the author of the present work was to study the intensity of external water exchange of the Middlednieper (Dneprodzerzhinsk) reservoir, the horizontal and vertical components of the water cycle and the economic use of the water body. On the basis of water balance components, the intensity of external water exchange in the useful volume of the reservoir in its design and modern parameters is studied, taking into account the water content of the year for the entire period of its operation: high-water 1970, low-water 1972 and very low-water 2015.

Intensity factors and indicators of external water exchange for each month of the year, and for the months of the maximum and minimum intensity of the external water exchange during a unit of time, as well as the main factor influencing on the water exchange, viz. the lateral inflow in the reservoir have been determined. The maximum intensity of the external water exchange in the reservoir during a very dry year has deteriorated in the spring and autumn periods of its operation fourfold as compared with the one of the high-water year. It is determined that the higher the intensity of the external water exchange is, the less the indicator of the external water exchange during a unit of time is and the more intensively an exchange and self-purification of the water in the reservoir are being fulfilled. If the rate of external water exchange is less than one, then the shift of regulatory water resources of the reservoir will take place in less than a year. The results of the study can be useful in developing modes of reservoir operation in conditions of a climate change. Ref. 4, tabl. 1, fig. 5.

Keywords: water reservoir, water balance, water exchange, intensity, ratio



E. V. Obukhov
E. Obukhov

Сведения об авторе: доктор экономических наук, кандидат технических наук, профессор, академик МАНЭБ, УО, Одесса.

Образование: Одесский инженерно-строительный институт, инженер-гидротехник, специальность «Гидротехническое строительство речных сооружений и гидроэлектростанций».

Научная сфера: Техничко-экономико-экологические проблемы в гидроэнергетике

Публикации: 235, 8 монографий.

ORCID: 0000-0002-0726-5736

Контакты: тел./факс: +38-048-776-1-885

e-mail: ev.obukhov@googlemail.com

Author information: Doctor of economics, candidate of technical Sciences, professor, academician of IAEMLP, Ukraine Department, Odessa.

Education: Odessa Civil Engineering institute, engineer-hydraulics, specialty "Hydraulic engineering of river structures and hydroelectric power plants"

Research area: Technical-economic-environmental problem in hydropower.

Publications: 235, 8 monographs.

ORCID: 0000-0002-0726-5736

Contacts: phone/fax: +38-048-776-1-885

e-mail: ev.obukhov@googlemail.com

Перечень используемых обозначений и сокращений:

ГЭС – гидроэлектростанция;

НПУ – нормальный подпертый уровень;

Wп – проектный полный объем водохранилища;

Wк – проектный полезный объем водохранилища;

Wк* – современный полезный объем водохранилища;

МВт – мегаватт;

кВт·ч – киловатт-час.

Введение и постановка проблемы. Проблемой водохранилищ является их функционирование в условиях изменяющегося климата и изменения их параметров в процессе продолжительной эксплуатации.

Интенсивность водообмена в водохранилищах являются одной из важнейших характеристик их состояния [1-4]. Взаимодействие гидрологических и гидродинамических процессов влияет на внешний и внутренний водообмен, на содержание растворенных веществ в водоемах, на качество воды, на интенсивность цветения воды в водохранилищах степной зоны при накоплении в них химических или биологических веществ. Целью данной работы является исследование интенсивности внешнего водообмена в полезном объеме Среднеднепровского водохранилища в проектных и его современных параметрах с учетом водности года эксплуатации, горизонтальной и вертикальной составляющих водообмена, а также его хозяйственного использования и сопоставление полученных результатов с рассчитанными ранее аналогичными показателями для ежемесячно заполненного водохранилища с учетом его мертвого объема [3].

Основными исходными материалами для исследования являются реальные водобалансовые показатели по Среднеднепровскому водохранилищу за многоводный (1970 г. с объемом годового руслового притока 75,55 км³), маловодный

(1972 г. – 32,67 км³) и очень маловодный (2015 г. – 19,5 км³) года.

Среднеднепровское водохранилище – четвертая ступень в составе Днепровского каскада, на которой осуществляется суточное и недельное регулирование стока.

Среднеднепровское водохранилище расположено на территории Кировоградской, Полтавской и Днепропетровской областей. Площадь водосбора – 434000 км². Среднегодовое количество стока – 52 км³. Проектная установленная мощность ГЭС – 352 МВт, среднегодовая выработка электроэнергии – 1250 млн. кВт·ч.

Проектная полная и полезная емкость водохранилища, соответственно, 2,40 и 0,3 км³. Его площадь при отметке нормального подпертого уровня – 567 км², при уровне мертвого объема – 471 км². Длина водохранилища 149 км, максимальная ширина – 8 км, средняя ширина – 5,1 км, максимальная глубина – 16,1 м, средняя – 4,3 м. Площадь мелководий водохранилища – 182 км². Максимальный статический напор – 15,5 м, минимальный – 8,4 м, расчетный – 9,85 м. Расчетный расход водосбросной плотины – 20100 м³/с. Расчетный максимальный сбросной расход через сооружения (p=0,1%) – 23300 м³/с.

После начала реконструкции установленная мощность ГЭС составляет 388 МВт [2], а выработка электроэнергии за 2018 год – 1197,443 млн кВт·ч.

Современная площадь Среднеднепровско-

го водохранилища равна 526,1 км², а полезный объем его 0,25 км³ [1].

Результаты исследований и их обсуждение

Интенсивность внешнего водообмена водохранилища включают как горизонтальную, так и вертикальную составляющие. К горизонтальным составляющим внешнего водообмена относят приток воды в водохранилище (по основной реке и боковой), а также сток из водохранилища через гидроузел.

Одна из вертикальных составляющих внешнего водообмена учитывает выпадение атмосферных осадков на водную поверхность водохранилища, а также испарение с его поверхности. Эта составляющая иногда существенно влияет на показатели

внешнего водообмена во внутригодовом аспекте. При оценке внешнего водообмена предлагается также во внутригодовом аспекте учитывать и другие составляющие водного баланса водоема – сброс в водохранилище сточных и бытовых вод, забор воды на хозяйственные нужды.

Используя изложенную в [3] методику, по формулам Штефана В.Н., Литвинова А.С., Калинина Г.П. и Караушева А.В. и рекомендации [4] были рассчитаны коэффициенты интенсивности K_v и показатели внешнего водообмена T_u для заполненного (рис. 1) и полезного объема Среднеднепровского водохранилища в характерные по водности годы (табл. 1 и рис.2-5).

Таблица 1. Показатели внешнего водообмена Среднеднепровского водохранилища.

Table 1. Indicators foreign exchange Middlednieper reservoir.

Ме- сяц	K_{v1}	T_{u1} лет	K_{v2}	T_{u2} лет	$K_{v2}>$ K_{v1} %	K_{v3}	T_{u3} лет	$K_{v3}>$ K_{v1} %	K_{v4}	$K_{v4}>$ K_{v1} %	T_{u4} лет
<i>Многоводный 1970 год</i>											
I	12,54	0,080	12,76	0,078	1,70	12,81	0,078	2,09	12,82	2,19	0,078
II	9,77	0,102	9,93	0,100	1,64	9,98	0,100	2,08	9,99	2,19	0,100
III	18,12	0,055	19,57	0,051	7,44	19,61	0,051	7,64	19,63	7,70	0,051
IV	33,41	0,030	36,00	0,028	7,20	36,02	0,028	7,26	36,03	7,29	0,028
V	32,17	0,031	32,60	0,031	1,32	32,69	0,031	1,59	32,70	1,62	0,031
VI	14,78	0,068	14,95	0,067	1,12	15,05	0,066	1,81	15,06	1,88	0,066
VII	9,57	0,104	9,71	0,103	1,45	9,86	0,101	2,98	9,87	3,11	0,101
VIII	9,08	0,110	9,23	0,108	1,61	9,46	0,106	4,08	9,48	4,26	0,105
IX	12,88	0,078	13,09	0,076	1,59	13,22	0,076	2,56	13,24	2,70	0,075
X	12,55	0,080	13,19	0,076	4,81	13,38	0,075	6,16	13,40	6,33	0,074
XI	10,72	0,093	11,08	0,090	3,16	11,10	0,090	3,38	11,11	3,49	0,090
XII	13,90	0,072	14,10	0,071	1,39	14,14	0,071	1,65	14,15	1,73	0,070
<i>Маловодный 1972 год</i>											
I	11,34	0,088	11,44	0,087	0,87	11,45	0,087	0,96	11,46	1,05	0,087
II	9,60	0,104	9,65	0,104	0,52	9,65	0,104	0,52	9,66	0,63	0,103
III	4,01	0,249	4,12	0,243	2,64	4,16	0,241	3,53	4,17	3,83	0,240
IV	5,07	0,197	5,49	0,182	7,65	5,53	0,181	8,35	5,54	8,59	0,180
V	7,03	0,142	7,29	0,137	3,58	7,39	0,135	4,85	7,40	5,04	0,135
VI	7,99	0,125	8,14	0,123	1,77	8,30	0,120	3,66	8,30	3,75	0,120
VII	8,57	0,117	8,79	0,114	2,54	8,98	0,111	4,57	8,99	4,76	0,111
VIII	9,93	0,100	10,06	0,099	1,26	10,29	0,097	3,41	10,31	3,69	0,097
IX	8,58	0,116	8,65	0,115	0,80	8,83	0,113	2,83	8,85	3,02	0,113
X	7,61	0,131	7,73	0,129	1,51	7,81	0,128	2,49	7,82	2,68	0,128
XI	8,15	0,123	8,38	0,119	2,75	8,45	0,118	3,51	8,46	3,70	0,118
XII	10,84	0,092	11,12	0,090	2,49	11,14	0,090	2,65	11,16	2,81	0,090
<i>Очень маловодный 2015 год</i>											
I	6,156	0,162	6,289	0,159	2,13	6,318	0,158	2,56	6,346	3,00	0,157
II	7,564	0,132	7,783	0,128	2,81	7,825	0,128	3,33	7,867	3,85	0,127
III	5,960	0,167	6,324	0,158	5,76	6,414	0,156	7,07	6,458	7,71	0,155

Ме- сяц	$K_{в1}$	$T_{у1}$ лет	$K_{в2}$	$T_{у2}$ лет	$K_{в2}>$ $K_{в1}$ %	$K_{в3}$	$T_{у3}$ лет	$K_{в3}>$ $K_{в1}$ %	$K_{в4}$	$K_{в4}>$ $K_{в1}$ %	$T_{у4}$ лет
IV	3,754	0,266	4,113	0,243	8,74	4,220	0,237	11,05	4,289	12,48	0,233
V	4,975	0,201	5,200	0,192	4,32	5,304	0,188	6,21	5,357	7,12	0,187
VI	3,639	0,275	3,750	0,267	2,97	3,959	0,252	8,26	4,000	9,04	0,250
VII	5,281	0,189	5,374	0,186	1,74	5,494	0,182	3,88	5,521	4,35	0,181
VIII	5,306	0,188	5,380	0,186	1,38	5,544	0,180	4,29	5,574	4,80	0,179
IX	4,298	0,233	4,358	0,229	1,39	4,480	0,223	4,07	4,518	4,87	0,221
X	3,342	0,299	3,434	0,291	2,70	3,506	0,285	4,68	3,548	5,83	0,282
XI	3,845	0,260	3,945	0,253	2,53	4,005	0,250	3,99	4,038	4,78	0,248
XII	5,325	0,188	5,462	0,183	2,51	5,495	0,182	3,09	5,534	3,78	0,181
<i>Очень маловодный 2015 год*</i>											
I	7,387	0,135	7,547	0,132	2,13	7,582	0,132	2,56	7,615	3,00	0,131
II	9,077	0,110	9,340	0,107	2,81	9,390	0,106	3,33	9,441	3,85	0,106
III	7,152	0,140	7,589	0,132	5,76	7,697	0,130	7,07	7,750	7,71	0,129
IV	4,505	0,222	4,936	0,202	8,74	5,064	0,197	11,05	5,147	12,48	0,194
V	5,970	0,167	6,240	0,160	4,32	6,365	0,157	6,21	6,429	7,12	0,155
VI	4,367	0,229	4,500	0,222	2,97	4,751	0,210	8,26	4,800	9,04	0,208
VII	6,337	0,158	6,449	0,155	1,74	6,593	0,152	3,88	6,625	4,35	0,151
VIII	6,367	0,157	6,456	0,155	1,38	6,653	0,150	4,29	6,689	4,80	0,149
IX	5,158	0,194	5,230	0,191	1,39	5,376	0,186	4,07	5,422	4,87	0,184
X	4,010	0,249	4,121	0,243	2,70	4,207	0,238	4,68	4,258	5,83	0,235
XI	4,614	0,217	4,734	0,211	2,53	4,806	0,208	3,99	4,846	4,78	0,206
XII	6,390	0,156	6,555	0,153	2,51	6,594	0,152	3,09	6,641	3,78	0,151

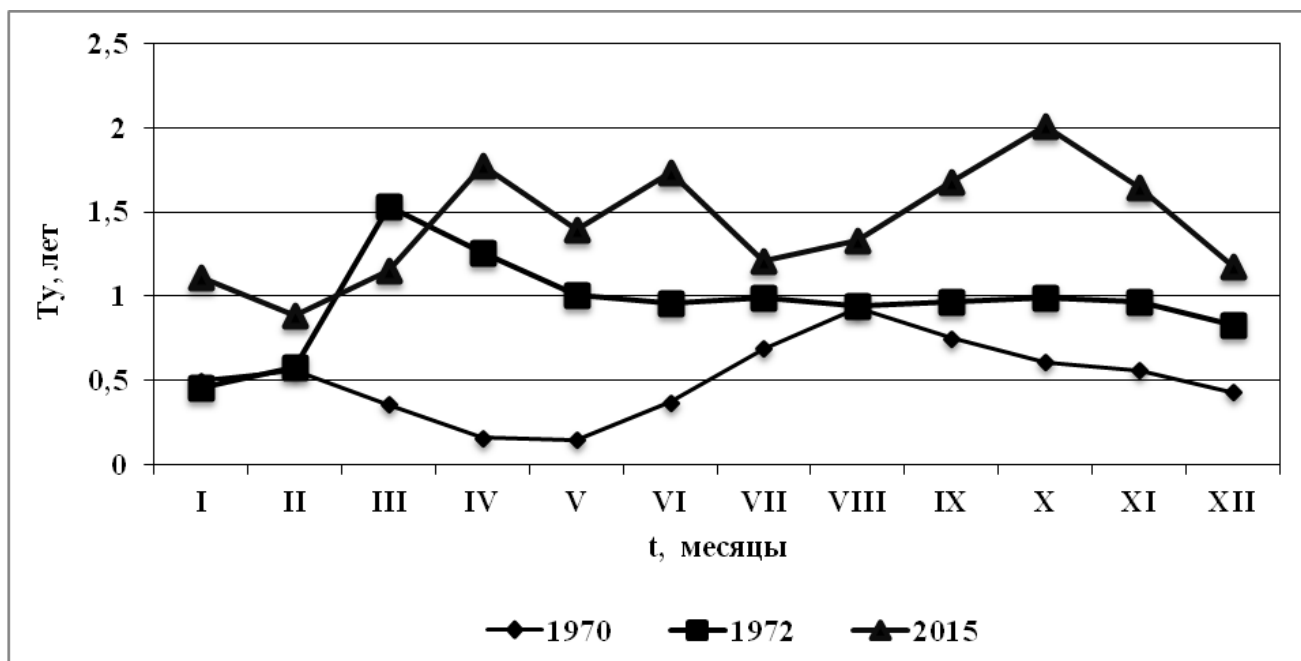


Рис. 1. График $T_u=f(t)$ показателей внешнего водообмена в заполненном Среднеднепровском водохранилище в проектных параметрах [3].

Fig. 1. Graph $T_u=f(t)$ indicators of external water exchange in the filled Middlednieper reservoir in the project settings [3].

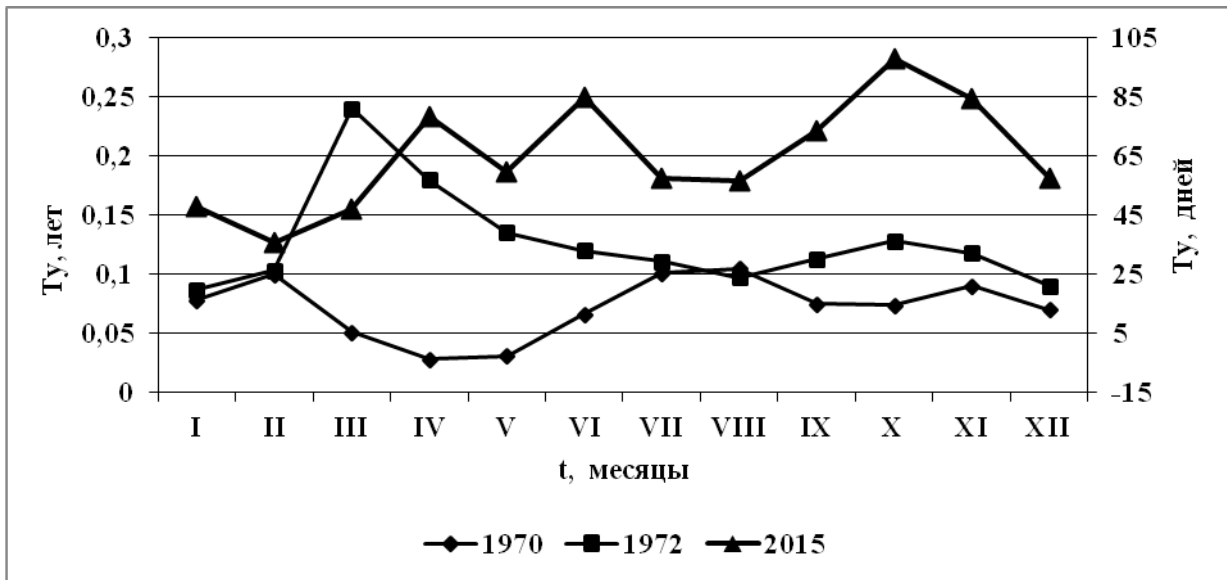


Рис. 2. График $Tu=f(t)$ показателей внешнего водообмена в полезном объеме Среднеднепровского водохранилища в проектных параметрах.

Fig. 2. Graph $Tu=f(t)$ indicators of external water exchange in useful volume Middelnieper reservoir in the project settings.

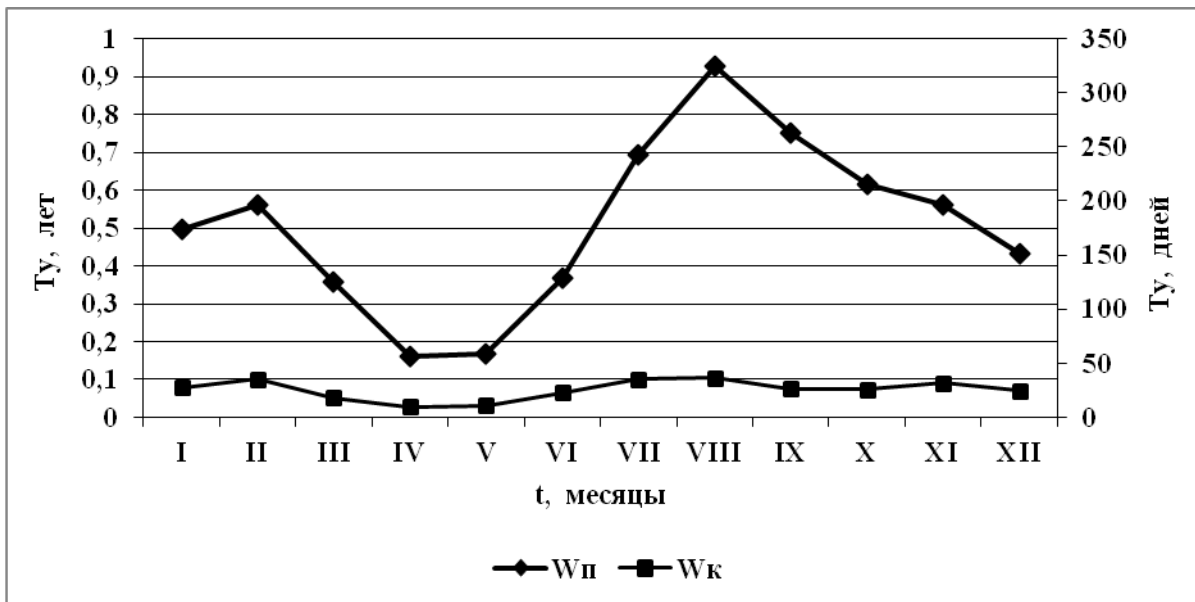


Рис. 3. График $Tu=f(t)$ показателей внешнего водообмена в Среднеднепровском водохранилище в многоводном 1970 году.

Fig. 3. Graph $Tu=f(t)$ indicators of external water exchange in Middelnieper reservoir in low water 1970.

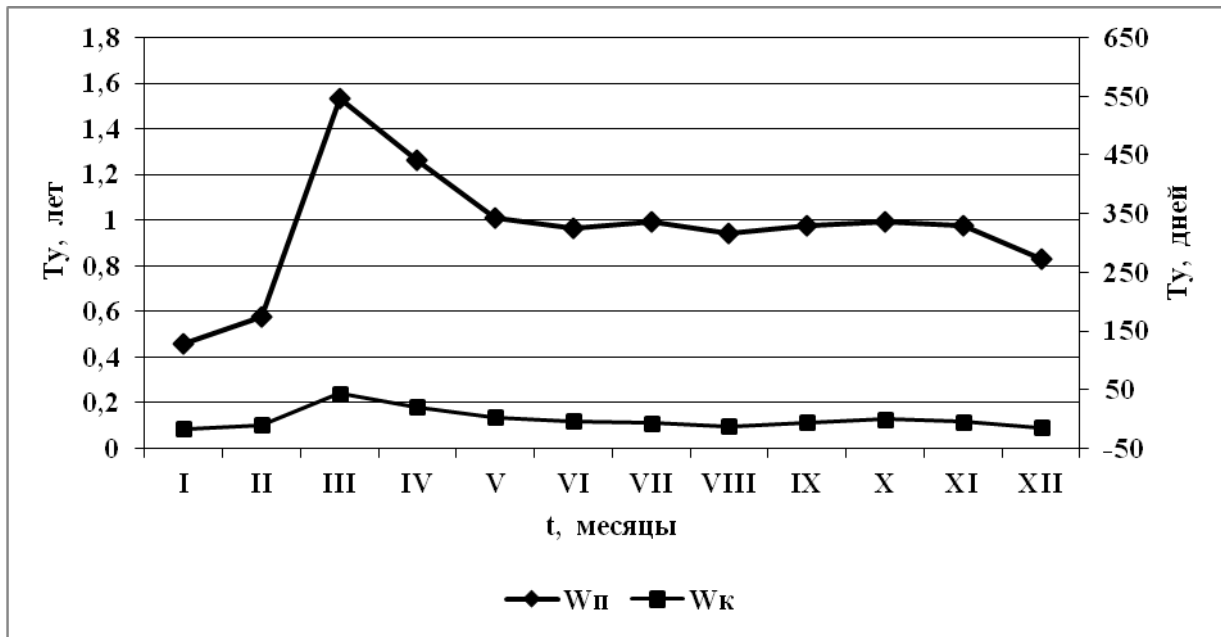


Рис. 4. График $Tu=f(t)$ показателей внешнего водообмена в Среднеднепровском водохранилище в маловодном 1972 году.

Fig. 4. Graph $Tu=f(t)$ indicators of external water exchange in Middelnieper reservoir in low water 1972.

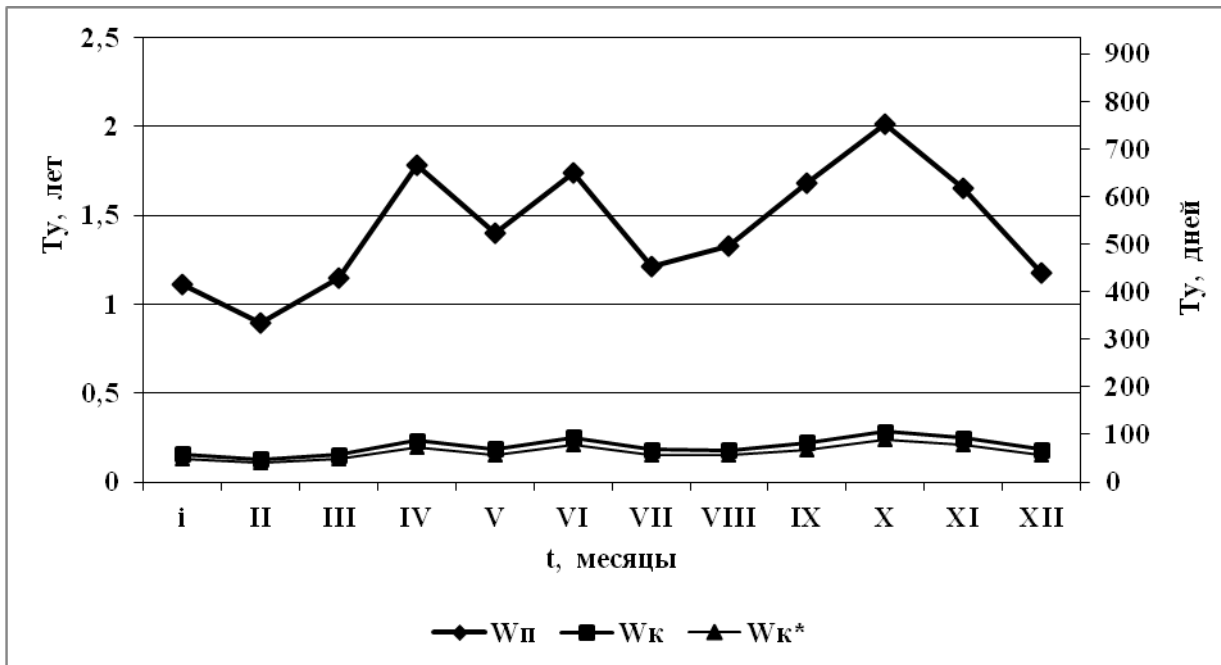


Рис. 5. График $Tu=f(t)$ показателей внешнего водообмена в Среднеднепровском водохранилище в проектных и современных параметрах в очень маловодном 2015 году.

Fig. 5. Chart $Tu=f(t)$ indicators of external water exchange in the Middelnieper reservoir in design and modern parameters in very low water 2015.

В табл.1 приведены сравнительные характеристики коэффициентов интенсивности K_v и показатели внешнего водообмена T_u с постепенным учетом всех составляющих водного баланса водохранилищ: K_{v1} – учитывает только основной приток и сток через гидроузел; K_{v2} – учитывает еще боковую приточность и перекачку; K_{v3} – учитывает осадки и испарение с водохранилища; K_{v4} – учитывает сумму приходных и расходных составляющих водного баланса. Показатели внешнего водообмена T_u во временных единицах – величина, обратная соответствующим коэффициентам интенсивности K_v , которые определяются как отношение суммы притока и расхода воды из водохранилища к удвоенному среднему объему за расчетный период.

Отметим, что коэффициент интенсивности внешнего водообмена K_v с увеличением в расчетах числа составляющих водного баланса возрастает для всех месяцев, характерных по водности лет эксплуатации водохранилища, а показатель внешнего водообмена T_u снижается.

Для заполненного W_p Среднеднепровского водохранилища максимальные коэффициенты интенсивности внешнего водообмена в многоводном (1970) году наблюдаются в мае – $K_{v1} = 6,677$, $K_{v2} = 6,766$, $K_{v3} = 6,785$, $K_{v4} = 6,787$; минимальные в августе – $K_{v1} = 1,034$, $K_{v2} = 1,051$, $K_{v3} = 1,078$, $K_{v4} = 1,080$.

Соответствующие показатели внешнего водообмена в мае для всех факторов равны $T_u = 0,15$ лет, а в августе – $T_u = 0,97$; $0,95$; $0,93$; $0,93$ лет (рис.1,3).

Влияние бокового притока в 1970 году наибольшее (7,44%) в марте, а наименьшее (1,12%) – в июне. Осадки и испарение оказывали максимальное влияние (более 2,4%) на интенсивность внешнего водообмена в августе, минимальное (0,06%) – в апреле. Влияние суммарных составляющих водного баланса K_{v4} на внешний водообмен мало отличаются от влияния K_{v3} .

Для полезного объема W_k Среднеднепровского водохранилища максимальные коэффициенты интенсивности внешнего водообмена в многоводном (1970) году наблюдаются в апреле – $K_{v1} = 33,407$, $K_{v2} = 35,999$, $K_{v3} = 36,022$, $K_{v4} = 36,033$; минимальные в августе – $K_{v1} = 9,076$, $K_{v2} = 9,225$, $K_{v3} = 9,462$, $K_{v4} = 9,480$.

Соответствующие показатели внешнего водообмена в апреле для всех факторов равны

$T_u = 0,030 - 0,028$ лет, а в августе – $T_u = 0,110$; $0,108$; $0,106$; $0,105$ лет (табл 1, рис.2, 3).

Влияние бокового притока, осадков и испарения, суммарных составляющих водного баланса на интенсивность внешнего водообмена в полезном объеме в 1970 году аналогично заполненному водохранилищу.

Для маловодного (1972) года для заполненного W_p Среднеднепровского водохранилища соответствующие максимальные коэффициенты интенсивности внешнего водообмена наблюдаются в январе и равны: $K_{v1} = 2,164$; $K_{v2} = 2,183$; $K_{v3} = 2,185$; $K_{v4} = 2,187$; минимальные в марте: $K_{v1} = 0,628$; $K_{v2} = 0,645$; $K_{v3} = 0,651$; $K_{v4} = 0,653$.

Соответствующие показатели внешнего водообмена в январе для всех факторов равны $T_u = 0,46$ лет, а в марте $T_u = 1,59$; $1,55$; $1,53$; $1,53$ лет (рис.1, 4).

Для полезного объема W_k Среднеднепровского водохранилища соответствующие максимальные коэффициенты интенсивности внешнего водообмена в маловодном (1972) году наблюдаются в январе и равны: $K_{v1} = 11,345$; $K_{v2} = 11,444$; $K_{v3} = 11,455$; $K_{v4} = 11,465$; минимальные в марте: $K_{v1} = 4,009$; $K_{v2} = 4,118$; $K_{v3} = 4,156$; $K_{v4} = 4,169$. Соответствующие показатели внешнего водообмена в январе для всех факторов равны $T_u = 0,088-0,087$ лет, а в марте $T_u = 0,249$; $0,243$; $0,241$; $0,240$ лет (табл.1, рис. 2, 4).

Влияние бокового притока, осадков и испарения, суммарных составляющих водного баланса на интенсивность внешнего водообмена в полезном объеме в 1972 году аналогично заполненному водохранилищу.

Для очень маловодного 2015 года для заполненного W_p Среднеднепровского водохранилища максимальные коэффициенты интенсивности внешнего водообмена наблюдаются в феврале и равны: $K_{v1} = 1,074$; $K_{v2} = 1,105$; $K_{v3} = 1,111$; $K_{v4} = 1,117$; минимальные – в октябре: $K_{v1} = 0,468$; $K_{v2} = 0,481$; $K_{v3} = 0,491$; $K_{v4} = 0,497$. Соответствующие показатели внешнего водообмена в феврале для всех факторов равны $T_u = 0,931$; $0,905$; $0,900$; $0,895$ лет, а в октябре $T_u = 2,14$; $2,08$; $2,04$; $2,01$ лет (рис.1, 5).

Для проектного полезного объема W_k Среднеднепровского водохранилища соответствующие максимальные коэффициенты интенсивности внешнего водообмена в очень маловодном (2015) году наблюдаются в феврале и равны: $K_{v1} = 7,564$; $K_{v2} = 7,783$; $K_{v3} = 7,825$; $K_{v4} = 7,867$;

минимальные в октябре: $K_{в1} = 3,342$; $K_{в2} = 3,434$; $K_{в3} = 3,506$; $K_{в4} = 3,548$. Соответствующие показатели внешнего водообмена в феврале для всех факторов равны $T_y = 0,132$; $0,128$; $0,128$; $0,127$ лет, а в октябре $T_y = 0,299$; $0,291$; $0,285$; $0,282$ лет (табл. 1, рис. 2, 5).

Для современного полезного объема W_k^* Среднеднепровского водохранилища соответствующие максимальные коэффициенты интенсивности внешнего водообмена в очень маловодном (2015) году наблюдаются в феврале и равны: $K_{в1} = 9,077$; $K_{в2} = 9,340$; $K_{в3} = 9,390$; $K_{в4} = 9,441$; минимальные в октябре: $K_{в1} = 4,010$; $K_{в2} = 4,121$; $K_{в3} = 4,207$; $K_{в4} = 4,258$. Соответствующие показатели внешнего водообмена в феврале для всех факторов равны $T_y = 0,110$; $0,107$; $0,106$; $0,106$ лет, а в октябре $T_y = 0,249$; $0,243$; $0,238$; $0,235$ лет (табл. 1, рис. 5).

Влияние бокового притока, осадков и испарения, суммарных составляющих водного баланса на интенсивность внешнего водообмена в проектом и современном полезном объеме в 2015 году аналогично заполненному водохранилищу.

Сопоставляя показатели интенсивности внешнего водообмена в полезном объеме и в заполненном Среднеднепровском водохранилище в многоводном и маловодных годах его эксплуатации (рис. 1, 2) отметим заметное расхождение кривых $T_y=f(t)$ с марта по июль и с сентября по декабрь.

Показатели внешнего водообмена в единицах времени в годовом аспекте для заполненного Среднеднепровского водохранилища в многоводном 1970 г. равны $0,031$ и $0,0046$ лет для его полезного объема, в маловодном 1972 г., соответственно, $0,072$ и $0,0098$ лет, а в очень маловодном 2015 г. – $0,113$ лет или 41 день для заполненного водохранилища, $0,0158$ лет или 6 дней для его проектного полезного объема W_k и $0,0131$ лет или 5 дней для его современного полезного объема W_k^* .

Для сравнения показатели внешнего водообмена заполненных водохранилищ для многоводного 1970 года на Киевском - равен $0,062$ лет, Кременчугском - $0,13$ лет, Днепровском - $0,039$ лет, Каховском – $0,21$ лет, для маловодного 1972 года на Киевском – $0,135$, Кременчугском – $0,29$, Днепровском – $0,099$, Каховском – $0,59$ лет, а для очень маловодного 2015 года – на Киевском - $0,203$, Каневском – $0,117$, Кременчугском – $0,502$,

Днепровском – $0,144$, Каховском – $0,770$ лет.

Выводы. 1. Из шести водохранилищ Днепровского каскада Среднеднепровское имеет самую высокую интенсивность внешнего водообмена в пределах многоводного и маловодных годов в заполненном и в полезном объеме водохранилища.

2. При сопоставлении максимальных показателей внешнего водообмена в заполненном и в полезном объеме водохранилища в апреле многоводного года улучшение водообмена в полезном объеме составило $81,3\%$, в январе маловодного года – 81% , в феврале очень маловодного года (в проектных параметрах водохранилища) – $85,8\%$, а при сопоставлении минимальных показателей по соответствующим годам улучшение водообмена составило в августе – $88,7\%$, в марте – $84,3\%$, в октябре – 86% .

3. При сопоставлении показателей внешнего водообмена в полезном объеме водохранилища в проектных и современных его параметрах улучшение водообмена составило $16,6\%$.

4. Влияние бокового притока, осадков и испарения, суммарных составляющих водного баланса на интенсивность внешнего водообмена в заполненном и полезном объеме в рассматриваемые годы аналогично заполненному водохранилищу.

1. *Вишневецький В., Шевчук С., Шевченко І.* Сучасні розміри дніпровських водосховищ. Водне господарство України. 2017. № 4. С. 23-29.

2. *Кліщ В.А.* Середньодніпровський ГЕС – 55. Гідроенергетика України. 2018. № 3-4. С. 8-9.

3. *Обухов Е.В.* Внешний водообмен Днепровского каскада водохранилищ. Монография. Одесса. Полиграф. 2017. 100 с.

4. *Яцьк А. В., Шмаков В. М.* Гидроэкология. К. Урожай. 1992. 192 с.

REFERENCES

1. *Vishnevsky V., Shevchuk C., Shevchenko I.* Suchasni rozmiry dniprovs'kikh vodokhovichch. [Modern sizes of Dnieper reservoirs]. Water economy of Ukraine. 2017. No. 4. Pp. 23-29. [in Ukraine].

2. *Klishch V.A.* Serednodniprovs'kiyi GES – 55. [Middle Dnieper hydroelectric – 55]. Hidroenergetika Ukrainy. [Hydropower in Ukraine]. 2018. No. 3-4. Pp. 8-9. [in Ukraine].

3. *Obukhov E.V.* Vneshniy vodoobmen Dneprovskogo kaskada vodokhranilishch. [External water exchange of the Dnieper cascade reservoirs]. Odessa. Poligraf. 2017. 100 p. [in Russian].

4. *Yatsyk A.V., Shmakov V.M.* Hidroecologiya. [Hydroecology]. K. Urozhai. [Harvest]. 1992. 192 p. [in Russian].

ЗОВНІШНІЙ ВОДООБМІН В КОРИСНОМУ ОБ'ЄМІ СЕРЕДНЬОДНІПРОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА В ПРОЕКТНИХ ТА СУЧАСНИХ ЙОГО ПАРАМЕТРАХ

Є.В. Обухов, докт. екон. наук, канд. техн. наук, професор,
акад. МАНЕБ, УВ (Одеса)

65039, вул. Середньофонтанська, 30а, м. Одеса, Україна.

Проблемою водосховищ в даний час є їх функціонування в умовах мінливого клімату. Управління водними ресурсами водних об'єктів, оцінка їх стану і процесів які відбуваються в них, вимагають постійного моніторингу та аналізу. Мета роботи автора - дослідження інтенсивності зовнішнього водообміну на Середньодніпровському (Дніпродзержинському) водосховищі, його горизонтальної та вертикальної складових, а також господарського використання об'єкта. На основі водобалансових складових досліджено інтенсивність зовнішнього водообміну в корисному об'ємі водосховища в проектних і сучасних його параметрах з урахуванням водності року за весь період його експлуатації: багатовод-

ний 1970 р., маловодний 1972 р. і дуже маловодний 2015 р. Визначено коефіцієнти інтенсивності і показники зовнішнього водообміну по кожному місяцю року, місяці з максимальною і мінімальною інтенсивностями зовнішнього водообміну у часових одиницях і основний фактор впливу на нього – бічна приточність у водосховищі. Максимальна інтенсивність зовнішнього водообміну у водосховищі в дуже маловодному році у весняний та осінній періоди його експлуатації погіршилася по відношенню до багатоводного року в чотири рази. Встановлено, що чим більше коефіцієнт інтенсивності зовнішнього водообміну, тим менше показник зовнішнього водообміну в часових одиницях і інтенсивніше відбуваються зміна і самоочищення води у водосховищі. Якщо показник зовнішнього водообміну менше одиниці, то зміна нормативних водних ресурсів водосховища відбуватиметься менше ніж за рік. Результати досліджень можуть бути корисними при розробці режимів експлуатації водосховища в умовах зміни клімату. Бібл. 4, табл. 1, рис. 5.

Ключові слова: водосховище, водний баланс, водообмін, інтенсивність, коефіцієнт.

Стаття надійшла до редакції 08.11.19
Остаточна версія 20.03.20

НАБЛИЖАЄМО ЕНЕРГЕТИКУ МАЙБУТНЬОГО СЬОГОДНІ



**XIII МІЖНАРОДНА
СПЕЦІАЛІЗОВАНА ВИСТАВКА
ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ, ЕКОЛОГІЇ,
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ**

EcoEnergy Expo

10-12 листопада 2020

Технічний партнер: *Rekt Media*



**МІЖНАРОДНИЙ
ВИСТАВКОВИЙ ЦЕНТР**
Київ, Броварський проспект, 15
М "Лівобережна"

☎ (044) 201-11-57, 206-87-96
e-mail: lyudmila@iec-expo.com.ua
www.iec-expo.com.ua