

**ЕКОНОМІКО-ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ІНТЕНСИВНОСТІ
ЗОВНІШНЬОГО ВОДООБМІНУ НА КАХОВСЬКОМУ ВОДОСХОВИЩІ
В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ВПЛИВУ ВОДОБАЛАНСОВИХ СКЛАДОВИХ**

Обухов Є. В., Корецький Є. П.

На основі водобалансових складових та поступового їх врахування проведено дослідження зовнішнього водообміну на Каховському водосховищі з врахуванням максимальної та мінімальної водності року за весь період його експлуатації. Визначені коефіцієнти інтенсивності та показники зовнішнього водообміну по кожному місяцю року, місяці з максимальною та мінімальною інтенсивністю зовнішнього водообміну у часових одиницях та основний фактор впливу на нього. Результати досліджень можуть бути корисними при розробці режимів експлуатації водосховища в умовах зміни клімату.

Вступ та постановка проблеми. Сучасною проблемою водосховищ є їх функціонування в умовах мінливого клімату. В цих умовах управління водними ресурсами водних об'єктів, оцінка їх стану і процесів, які відбуваються в них, вимагають постійного моніторингу та аналізу [1-13].

Процеси інтенсивності водообміну у водосховищах є однією з найважливіших характеристик їх стану [1,8,10,11]. Взаємодія гідрологічних та гідродинамічних процесів впливає на зовнішній і внутрішній водообмін, на вміст розчинених речовин у водоймах, на якість води, на інтенсивність цвітіння води у водосховищах степової зони при накопиченні в них хімічних або біологічних речовин.

Дослідженнями процесів водообміну в озерах і штучних водоймах займалися Форель Ф., Богословський Б. Б., Муравейский С. Д., Бакулін К. А., Браславський А. П., Буторин Н.В., Вуглинський В.С., Григор'єв С. В. Девяткова Т. П., Дубровін Л. І., Знамянський В. А., Калінін Г. П., Караушев А.В., Китаєв А.Б., Литвинов А.С., Матарзін Ю.М., Тарасов М. Н., Філь С.А., Фуртунов М. А., Штефан В. Н., Едельштейн К. К. і автори

В результаті проведених досліджень були отримані характеристики водообміну багатьох водоймищ.

Метою даної роботи є дослідження інтенсивності зовнішнього водообміну на найбільшому Каховському водосховищі – яке працює в каскаді, з урахуванням водності року експлуатації, горизонтальної і вертикальної складових водообміну, а також інтенсифікації його господарського використання.

Основними матеріалами дослідження є реальні водобалансові показники по Каховському водосховищу за весь період його експлуатації (1956-2015 рр.), які розраховані на Каховській гідрометеорологічній обсерваторії.

Каховське водосховище – шостий ступінь Дніпровського каскаду – здійснює сезонне і частково багаторічне регулювання стоку. Повна і корисна ємність водосховища – 18,2 і 6,8 км³. Площа дзеркала водосховища при відмітці нормального підпертого рівня – 2155 км², при відмітці рівня мертвого об'єму – 1930 км². Довжина водосховища – 230 км, максимальна і середня

ширина – 25 і 9,3 км, максимальна і середня глибина – 36 і 8,4 м. Площа мілководь водосховища до 1 м - 44 км², до 2 м – 110 км². Розрахункова витрата ГЕС - 4962 м³/с, водоскидної греблі - 15438 м³/с. Розрахункова максимальна скидна витрата через споруду ($p=0,1\%$) – 20468 м³/с.

Середньобагаторічний стік р. Дніпро в створі гідровузла – 52,2 км³. Площа водозбору 482000 км².

На Каховському водосховищі розташовані водозабори комплексних каналів Дніпро-Кривий Ріг, Верхньо-Рогачинського, Каховського, Північно-Кримського з загальною витратою води на них близько 900 м³/с, а також водозабори Запорізьких ГРЕС та АЕС.

Результати досліджень та їх аналіз. Показники інтенсивності зовнішнього водообміну включають як горизонтальну, так і вертикальну його складові [1.8.10.11]. До горизонтальних складових зовнішнього водообміну відносять приплив води у водосховище (по основній річці і бічний), а також стік води з водосховища через гідровузл. Вертикальна складова зовнішнього водообміну враховує випадання атмосферних опадів на водну поверхню водосховища, випаровування з його поверхні і суттєво впливає на показники зовнішнього водообміну у внутрішньорічному аспекті [10]. При оцінці зовнішнього водообміну пропонується у внутрішньорічному аспекті враховувати і інші складові

водного балансу водойми – скидання у водоймище побутових стічних вод, забір води на господарські потреби та ін..

Використовуючи викладену в [1,8,10,11] методику були розраховані за 1956-2015 р. р. коефіцієнти інтенсивності K_v і показники зовнішнього водообміну T_u великого Каховського водосховища в характерні по водності роки (1970 – багатоводний, 1972 – маловодний і 2015 – дуже маловодний) (табл.1 і рис.1 і 2).

В табл. 1 наведені порівняльні характеристики коефіцієнтів інтенсивності зовнішнього водообміну з поступовим урахуванням всіх складових водного балансу водосховища: K_{v1} – враховує тільки основний приплив і стік через гідровузл; K_{v2} – враховує ще й бічний приплив; K_{v3} – враховує ще опади і випаровування з водосховища; K_{v4} – враховує суму прибуткових і видаткових складових водного балансу.

Відзначимо, що чим більше коефіцієнт інтенсивності зовнішнього водообміну K_v , тим менше показник зовнішнього водообміну в часових одиницях T_u та інтенсивніше відбувається зміна води у водосховищі і її самоочищення. Якщо показник T_u менше одиниці, то зміна нормативних водних ресурсів водосховища буде відбуватися менше ніж за рік.

На рис.1 спостерігаємо протягом усього року найменшу інтенсивність зовнішнього водообміну в 2015 році, дещо краще в 1972 році і найбільш інтенсивний водообмін у багатоводному 1970 році, в якому інтенсивність зростає з січня до квітня – травня, потім слабшає до серпня, після чого знову зростає до наступного квітня – травня. У маловодному 1972 році, за винятком різкого зниження інтенсивності зовнішнього водообміну в березні, відбувається практично вирівнювання її з травня до кінця року.

Таблиця 1

Коефіцієнти інтенсивності зовнішнього водообміну Каховського
водосховища

Місяць	$K_{в1}$	$K_{в2}$	$K_{в2}/K_{в1}$ %	$K_{в3}$	$K_{в3}/K_{в1}$ %	$K_{в4}$	$K_{в4}/K_{в1}$ %	T_y , років
Багатоводний 1970 рік								
I	0.304	0.306	0.65	0.310	1.93	0.315	3.49	3.17
II	0.334	0.339	1.47	0.342	2.30	0.346	3.47	2.89
III	0.454	0.460	1.30	0.462	1.73	0.467	2.78	2.14
IV	0.647	0.863	25.03	0.865	25.20	0.874	25.97	1.14
V	0.701	0.998	29.76	1.007	30.39	1.022	31.41	0.98
VI	0.379	0.406	6.65	0.416	8.89	0.432	12.27	2.31
VII	0.162	0.165	1.82	0.176	7.95	0.196	17.35	5.10
VIII	0.120	0.122	1.64	0.134	10.45	0.152	21.05	6.58
IX	0.154	0.156	1.28	0.164	6.10	0.174	11.49	5.75
X	0.210	0.212	0.94	0.220	4.54	0.226	7.08	4.42
XI	0.246	0.248	0.81	0.251	2.00	0.255	3.53	3.92
XII	0.350	0.351	0.28	0.356	1.68	0.360	2.78	2.78
Маловодний 1972 рік								
I	0.358	0.359	0.28	0.360	0.55	0.364	1.60	2.75
II	0.232	0.233	0.43	0.234	0.85	0.238	2.50	4.20
III	0.080	0.081	1.23	0.084	4.80	0.091	12.10	10.99
IV	0.088	0.091	3.30	0.093	5.40	0.110	20.10	9.09
V	0.118	0.137	7.10	0.143	10.50	0.149	20.50	6.71
VI	0.095	0.115	17.40	0.127	25.20	0.132	28.10	7.58
VII	0.099	0.120	17.50	0.133	25.60	0.139	28.60	7.19
VIII	0.093	0.113	17.70	0.125	25.60	0.130	28.60	7.69
IX	0.098	0.107	7.20	0.119	17.60	0.125	22.00	8.00
X	0.126	0.131	3.80	0.138	8.70	0.142	11.30	7.04
XI	0.130	0.133	2.25	0.136	4.40	0.141	7.80	7.09
XII	0.150	0.152	1.30	0.153	1.96	0.158	5.10	6.33
Дуже маловодний 2015 рік								
I	0.127	0.128	0.78	0.129	1.55	0.136	6.62	7,35
II	0.143	0.144	0.69	0.147	2,72	0.154	7,14	6,49
III	0.098	0.099	1.01	0.104	5,77	0.112	12,50	8,93
IV	0.079	0.080	1,25	0.086	8,14	0.095	16,84	10,53
V	0.085	0.086	1,16	0.093	8,60	0.109	22,02	9,17
VI	0.070	0.070	0,00	0.080	12,50	0.096	27,08	10,42
VII	0.095	0.095	0,00	0.105	9,52	0.124	23,39	8,06
VIII	0.081	0.082	1,22	0.096	15,62	0.117	30,77	8,55
IX	0.058	0.058	0,00	0.067	13,43	0.081	28,39	12,34
X	0.053	0.060	11,67	0.067	20,89	0.070	24,28	14,29
XI	0.070	0.070	0,00	0.076	7,89	0.084	16,67	11,90
XII	0.106	0.107	0,93	0.109	2,75	0.116	8,62	8,62

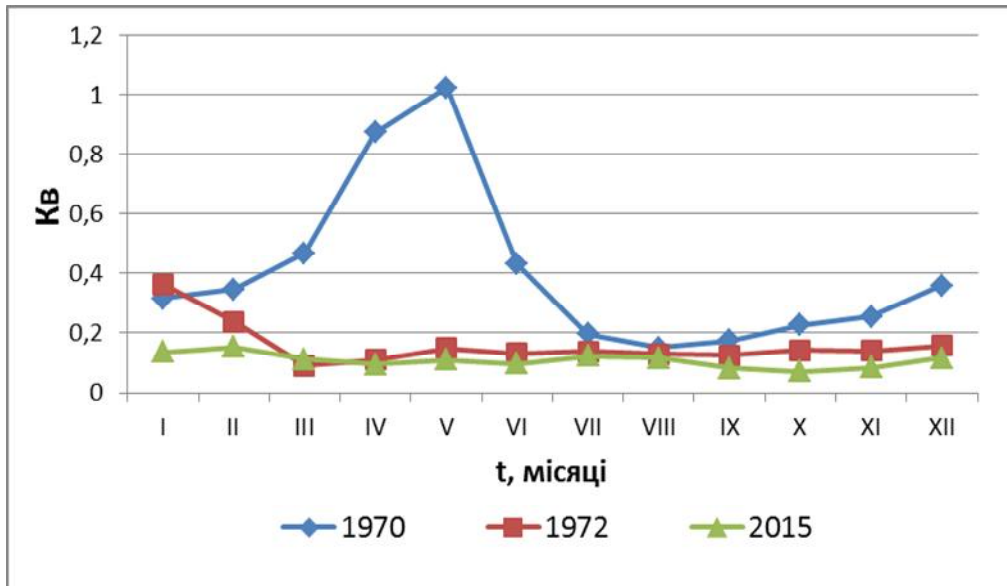


Рис.1 Графік змінювання коефіцієнтів інтенсивності зовнішнього водообміну K_v на Каховському водосховищі

У 2015 році ослаблення інтенсивності водообміну на високих показниках відбувається з лютого до жовтня, особливо різке із серпня до жовтня. В цей рік показники зовнішнього водообміну виявилися найгіршими за 60 років експлуатації водосховища.

Для Каховського водосховища – шостій сходинці Дніпровського каскаду – максимальні коефіцієнти інтенсивності зовнішнього водообміну в багатоводному (1970) році в травні: $K_{v1} = 0,701$, $K_{v2} = 0,998$, $K_{v3} = 1,01$, $K_{v4} = 1,02$; мінімальні в серпні: $K_{v1} = 0,120$, $K_{v2} = 0,122$, $K_{v3} = 0,134$, $K_{v4} = 0,152$. Показники зовнішнього водообміну T_u змінювалися в травні від 1,43 до 0,98 років, а в серпні від 8,33 до 6,58 років (рис.2). Вплив бічного припливу найбільше (22,76%) у травні та квітні (25,03%), а з урахуванням випаровування та опадів – 30,4% у травні та 25,2% - у квітні

У маловодному (1972) році експлуатації Каховського водосховища відповідні максимальні коефіцієнти інтенсивності зовнішнього водообміну в січні наступні (табл.1): $K_{v1} = 0,358$, $K_{v2} = 0,359$, $K_{v3} = 0,360$, $K_{v4} = 0,364$; а мінімальні в березні: $K_{v1} = 0,080$, $K_{v2} = 0,081$, $K_{v3} = 0,084$, $K_{v4} = 0,091$.

Показники зовнішнього водообміну T_u змінювалися в січні від 2,79 до 2,75 років, а в березні від 12,50 до 10,99 років (рис.2). Максимальний вплив бічного припливу на зовнішній водообмін становить 17,7% (серпень), 17,5% (липень), 17,4% (червень), а з урахуванням опадів і випаровування в ті ж місяці - 25,6; 25,6; 25,2%, навіть у вересні – 17,6%. Високий відсоток протягом шести місяців (квітень-вересень) від 20,1% до 28,6% має вплив на інтенсивність зовнішнього водообміну сумарних складових водного балансу водосховища, а максимальний вплив тільки господарського використання водосховища (в квітні) становить близько 15%.

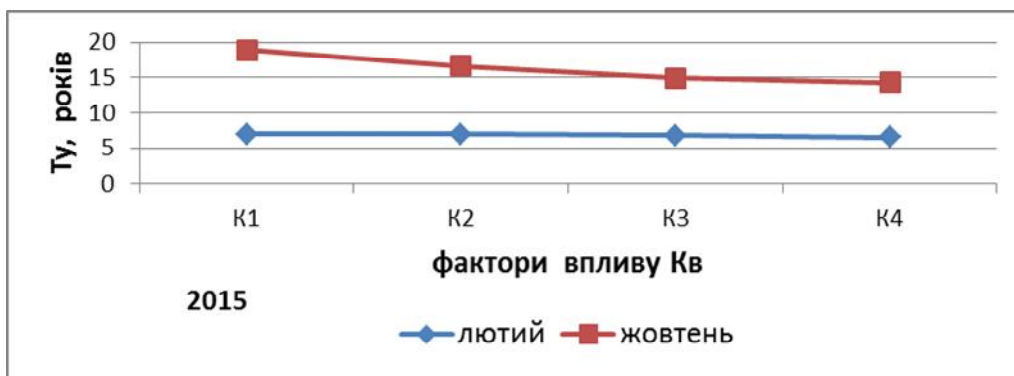
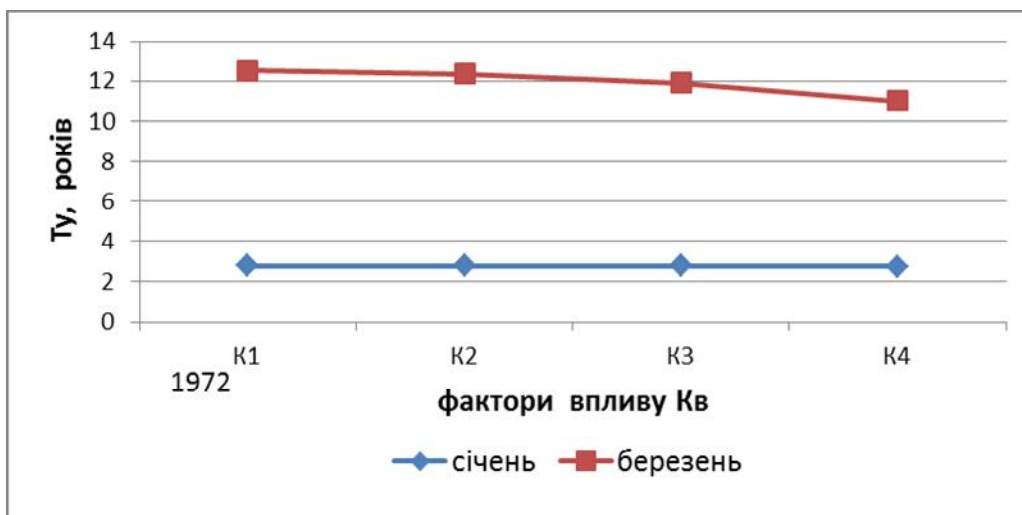
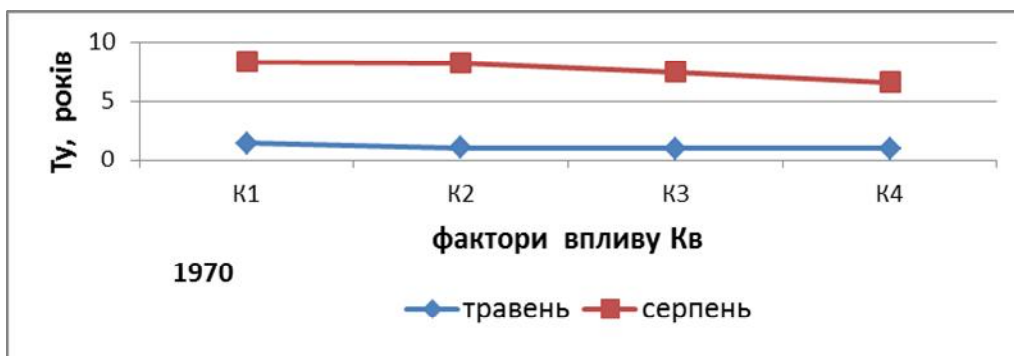


Рис.2 Графіки залежності характерних показників зовнішнього водообміну (років) на Каховському водосховищі від факторів впливу Кв

В дуже маловодному (2015) році експлуатації Каховського водосховища максимальні коефіцієнти інтенсивності зовнішнього водообміну спостерігаються в лютому (табл. 1): $K_{в1} = 0,143$, $K_{в2} = 0,144$, $K_{в3} = 0,147$, $K_{в4} = 0,154$; а мінімальні в жовтні: $K_{в1} = 0,053$, $K_{в2} = 0,060$, $K_{в3} = 0,067$, $K_{в4} = 0,070$. Показники зовнішнього водообміну T_u змінювалися у лютому від 6,99 до 6,49 років, а в жовтні від 18,86 до 14,29 років (рис.2). Максимальний вплив бічного припливу на зовнішній водообмін становить 11,67% у жовтні, а мінімальний (нульовий) в червні, липні і вересні. Максимальний вплив тільки опадів і випаровування (13,43%) спостерігається у вересні. Сумарні складові водного балансу максимально впливають на зовнішній водообмін (30,77%) у серпні, а вплив господарського використання води максимальний (близько 15%) в червні, серпні і вересні.

Зіставляючи показники інтенсивності зовнішнього водообміну з Каховського водосховища в багатоводному і маловодних роках його експлуатації (рис. 2) відзначимо значний вплив бічного припливу у весняні (квітень-травень) місяці в багатоводному році і в літні (серпень) – в дуже маловодному 2015 році. Опади і випаровування помітно впливають на водообмін у серпні 1970 і в жовтні 2015 років. Господарське використання водосховища найбільш ефективно для водообміну в 1970 і 1972 роках.

Показники зовнішнього водообміну в одиницях часу в річному аспекті для Каховського водосховища в багатоводному році – 0,21 років, в маловодному 1972 році – 0,59 років, в дуже маловодному 2015 році – 0,77 років.

Висновки. Проведені дослідження і отримані результати показали значимість обліку всіх складових водного балансу при визначенні показників інтенсивності зовнішнього водообміну у водосховищі в різні періоди його експлуатації. Проведені дослідження повинні допомогти при розробці режимів експлуатації водосховища в умовах зміни клімату з метою інтенсифікації процесів внутрішнього і зовнішнього його водообміну, водопоновлення та поліпшення якості води.

Література

1. Обухов Е.В. Оценка интенсивности внешнего водообмена в Кременчугском и Каховском водохранилищах //Український гідрометеорологічний журнал.- Одеса, 2014.- №15.- С.134-140.
2. Обухов Є.В. Оцінка впливу вертикальної складової на інтенсивність зовнішнього водообміну на Кременчугському водосховищі / Матер. II Міжн. н.-пр. інтернет-конференції. «Інноваційні технології та інтенсифікація розвитку національного виробництва».-Тернопіль, 2015.- С. 324-326.
3. Обухов Є.В. Оцінка інтенсивності зовнішнього водообміну на Каховському водосховищі в умовах зміни клімату/ Зб. наук. праць Міжн. н.-пр. інтернет-конф. «Національне виробництво й економіка в умовах реформування: стан і перспективи інноваційного розвитку та міжрегіональної інтеграції».- Кам'янець-Подільський, 2015.- С. 280-282.
4. Обухов Е.В. Внешний водообмен водохранилищ Днепровского каскада / Материалы 6-го Межд. Эколог. Форума «Чистый ГОРОД. Чистая РЕКА. Чистая ПЛАНЕТА».- Херсон: ХТПП, 2015.- С. 140-146.

5. Обухов Е.В. Внешний водообмен Днестровского водохранилища/ Зб. Центру наукових публікацій «Велес» за матер. міжн. н.-пр. конф. «Досягнення науки в 2015 році», 19.12.2015 р ч.2–К:ЦНП, 2015.–С.31– 38..

6. Обухов Е.В. Внешний водообмен на украинских водохранилищах/ Сб. статей научно-информационного центра «Знание» по матер. IХ Межд. н.-пр. конф. «Развитие науки в XXI веке», 30.12.2015.- Харьков: НИЦ «Знание», 2015.- С. 32-37.

7. Обухов Е.В., Корецкий Е.П. Внешний водообмен на Днепродзержинском водохранилище/ Сб. научных статей X межд. н.-пр. конф. «Развитие науки в XXI веке», 15.02.2016.- Харьков: НИЦ «Знание», 2016. – С. 99-104.

8. Обухов Е.В. Внешний водообмен украинских водохранилищ / Научно – технический бюллетень серии «Экология, экономика, безопасность».- Вып.1(37).- Одесса: УО МАНЭБ.- «Пассаж», 2016.- 48 с.

9. Обухов Е.В. Внешний водообмен на Киевском водохранилище / Зб. наук. праць 11 міжн. н.-пр. конф. «Стратегія збалансованого використання економічного, технологічного та ресурсного потенціалу країни». 1.06.2016 р.(ПДАТУ, м.Кам'янець-Подільський),-Тернопіль: Крок, 2016.- С.176-179.

10. Обухов Е.В. Сравнительные показатели внешнего водообмена на водохранилищах Днепровского каскада в условиях изменения климата // Географический вестник. - 2016. - №2(37). - С. 61-69.

11. Обухов Е.В., Корецкий Е.П. Исследование влияния водности года на интенсивность внешнего водообмена днепровских водохранилищ // Географический вестник - 2016. - №3(38).. - С. 62-71.

12. Обухов Е.В., Корецкий Е.П. Экономико-экологический фактор влияния изменений климата на интенсивность внешнего водообмена Каховского водохранилища // Економічні інновації = Economic innovations: зб. наук. пр./ Ін-т проблем ринку та екон.- еколог. дослідж. НАН України. – Одеса: ІПРЕЕД НАН України, 2016 - №61. - С. 275 – 284.

13. Обухов Е.В. Внешний водообмен на Днепровском (Запорожском) водохранилище в условиях меняющегося климата / Материалы X межд. н.-пр. интернет-конф. «Проблемы экологической безопасности и развития морехозяйственного и нефтегазового комплексов», 10.10.2016.– Одесса: УО МАНЭБ, Пассаж, 2016.– С. 29–35.

Abstract

The problem of reservoirs is currently functioning in a changing climate. Under these conditions, the water resources management of water bodies, assess their condition and ongoing processes require constant monitoring and analysis.

The process intensity of water exchange in reservoirs are one of the most important characteristics of their condition. The interaction of hydrological and hydrodynamic processes affect external and internal water exchange, the concentration of solutes in ponds, quality of water, the intensity of algal blooms in the reservoirs of the steppe zone in the accumulation of chemical or biological substances.

The aim of this work is to study the intensity of external water exchange in the Kakhovka reservoirs considering the water year for the period of its exploitative 1956-2015, the horizontal and vertical components of the water cycle and its economic use.

The main materials of the study are real bodibalance indicators Kakhovsky reservoir for abounding 1970 (inflows 86,08 km³) and shallow 1972 (32,09 km³) and 2015 (to 21.8 km³) years of its operation, is designed to Kakhovska hydro-meteorological Observatory.

On the basis of the components of the water balance of the characteristic years and their gradual accounting a study of the external water exchange in the reservoir using the established method. Determined intensity factors and indicators of external water exchange for each month of the year, the months with the maximum and minimum intensity of the external water exchange in temporary units and the main factor of influence is the lateral inflow in the reservoir, precipitation and evaporation, the economic use of water. A comparison of the intensity of the external water exchange in the Kakhovka reservoir by years of water availability. Indicators of external water exchange in the reservoir in time units in annual aspect in abounding 1970 - 0.21 years (77 days) in dry years 1972-0.59 (215 days) in the very shallow, 2015-0.77 years (281 days). The maximum ratio of the intensity of external water exchange in the reservoir in wet 1970 equal to 1.02 (may), and consequently, the rate of external water exchange $T_u=0.98$ years, the minimum $K_v=0.152$ (August), $T_u=6.58$ years. In the dry year 1972 maximum $K_v=0,364$ (January) and $T_u=2.75$ years, minimum $K_v=0,091$ (March) and $T_u=10.99$ years. In the low-water year 2015 maximum $K_v=0,154$ (February) and $T_u=6.49$ years, the minimum $K_v=0,070$ (October) and $T_u=14.29$ years. Note that the higher the intensity of the external water exchange of the K_v , the lower the rate of external water exchange in time units T_u and intense change of water in reservoir and its purification. If that figure is less than one, then the shift of regulatory water resources of the reservoir will occur in less than a year.

The results of the research can be useful in the formation of hydrochemical and development of operational modes of the reservoir in terms of climate change.