

Е.Д. Гопченко, д-р геогр. наук, С.Д. Кузниченко
Одесский государственный экологический университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДНО-СОЛЕВЫХ БАЛАНСОВ ОЗ.КУГУРЛУЙ-ЯЛПУГ ЗА ПЕРИОД 1963 - 2001 ГГ.

В статье приведен анализ результатов моделирования водных и солевых балансов озера Кугурлуй-Ялпуг за период с 1963 по 2001 гг.

Ключевые слова: водный и солевой режимы, моделирование, минерализация, эксплуатационные уровни воды в озерах.

Введение. В настоящее время важное значение при проведении мониторинга экологического состояния водных объектов приобретает моделирование их водно-солевых балансов. Например, для водохранилищ анализ результатов моделирования позволяет разработать рекомендации относительно водного менеджмента озер, обеспечивающие оптимальные условия их функционирования с учетом имеющихся гидротехнических сооружений и некоторых альтернативных вариантов. В работе на примере системы озер Кугурлуй-Ялпуг, относящейся к группе придунайских пресноводных водоемов, было выполнено моделирование гидрологического и гидрохимического режимов по базовым данным 1963-2001 гг., включающим данные наблюдений за осадками и испарением с водной поверхности по м/ст Болград, а также данные фондовых материалов Облводхоза – об уровнях воды в водоемах.

Водный режим Придунайских озер определяется в основном поступлением воды за счет осадков, испарения с поверхности водоемов и самотечного водообмена с р. Дунай. Водообмен с рекой, осуществляемый при помощи трех каналов со шлюзами Скунда, «105-й км» и Репида, является главным источником водообновления и поддержания качества воды в озерах. Определенное влияние на водно-солевой режим водоема оказывает и река Ялпуг, протяженностью 142 км, площадью водосбора 3180 км², которая впадает в оз. Ялпуг с севера.

Учитывая важное значение р.Дунай как главного донора для системы озер Кугурлуй-Ялпуг, авторами ранее были проведены исследования влияния ее гидрохимического и уровня режимов на качество воды в водоеме [1]. Также были оценены основные составляющие водного и солевого балансов озера [2] и разработаны рекомендации относительно оптимального функционирования водоема, касающиеся учета влияния стока реки Ялпуг [3] и отметок сброса воды из водоема в р.Дунай [4] на минерализацию системы озер. Также было проведено моделирование водно-солевого режима с учетом подкачек воды в водоем из р.Дунай в период вегетации и поддержания его уровня на заданных отметках НПУ с помощью насосной станции [5].

Материалы и методы исследования. Приходную часть водного баланса водоема составляют: сток р. Ялпуг ($F=3180\text{км}^2$) V_{ja} , боковой приток с прилегающих территорий ($F=1220\text{км}^2$) V_b , грунтовые воды V_g , дренажные воды и коммунально-бытовые сбросы V_{dr} , атмосферные осадки V_p , поступление воды из р.Дунай V_D . К расходной относятся: испарение и транспирация надводной и полупогруженной водной растительности V_E и V_t , фильтрация по периметру водоема V_f , забор воды на

орошение и коммунально-бытовое потребление V_N (северная часть оз. Ялпуг) и V_Z (южная часть оз. Ялпуг и Кугурлуй), сброс воды в р. Дунай V'_D .

Уравнение водного баланса принимается в виде

$$\begin{aligned} W_1 + V_p + V_{ja} + V_b + V_g + V_{dr} + V_D = \\ = W_2 + V_E + V_t + V_f + V_N + V_Z + V'_D, \end{aligned} \quad (1)$$

где $W_1 = f(H_1)$ и $W_2 = f(H_2)$ - объемы воды в озере на начало и конец расчетных интервалов.

Опираясь на уравнение водного баланса (1), запишем уравнение солевого баланса в виде

$$\begin{aligned} W_1 S_1 + V_p S_p + V_{ja} S_{ja} + V_b S_b + V_g S_g + V_{dr} S_{dr} + V_D S_D = \\ = W_2 S_2 + 0.15(S_1 + S_2) V_t + 0.5(S_1 + S_2) V_Z + 0.5(S_1 + S_2) V_N \\ + 0.5(S_1 + S_2) V_f + V'_D S_D \left(\frac{k+z}{2} \right), \end{aligned} \quad (2)$$

где S_1 и S_2 - средние по водоему величины минерализации в начале и конце расчетных интервалов (месяцев),

$S_p, S_{ja}, S_b, S_g, S_{dr}, S_D, S_D \left(\frac{k+z}{2} \right)$ - концентрации соответствующих составляющих баланса;

k - минерализация в оз. Кугурлуй;

z - минерализация в южной части оз. Ялпуг.

Подробнее методика расчета и моделирование водно-солевых балансов оз. Ялпуг-Кугурлуй приведены в работе [3].

Оценка некоторых составляющих водного баланса была проведена на основе данных мониторинга на оз. Кугурлуй-Ялпуг, выполненного в рамках проекта ТАСИС с марта 2001г. по январь 2002г. Мониторинг включал в себя декадные гидрохимические съемки, измерения температурного режима водоема, атмосферных осадков, выпадающих на поверхность озера, стока и химического состава воды с малых водосборов и др.

Результаты исследования и их анализ. При моделировании водного баланса за период 1963-2001гг. были получены следующие средние многолетние процентные соотношения составляющих приходной части водного баланса: 54.5% водообмена приходится на донорскую воду р. Дунай, а 45.5% - на все остальные источники, среди которых 31.4% - это поступление воды с атмосферными осадками. Сток р. Ялпуг и боковой приток в сумме составляют 11% от величины водообмена.

Наглядно динамика приходных составляющих водного баланса (в %) представлена рис. 1 и их соотношение достаточно неоднородно.

В многоводные годы, когда поступление воды с атмосферными осадками в озеро составляет почти половину от всего водообмена, что обеспечивает поддержание высоких отметок уровня воды в водохранилище, на донорские воды р. Дунай приходится менее 30% от приходной части водного баланса. В маловодные годы, когда доля осадков составляет менее 20%, основной вклад (более 70%) приходится на сток р. Дунай.

В расходной части водного баланса средний многолетний объем сброса воды в р. Дунай составляет только 27%, тогда как на остальные источники приходится 73%, в том числе на транспирацию и испарение – 54.6%. Обращает внимание, что расходная часть водного баланса, по существу, связана с испарением, сбросом воды в р. Дунай и забором воды на орошение.

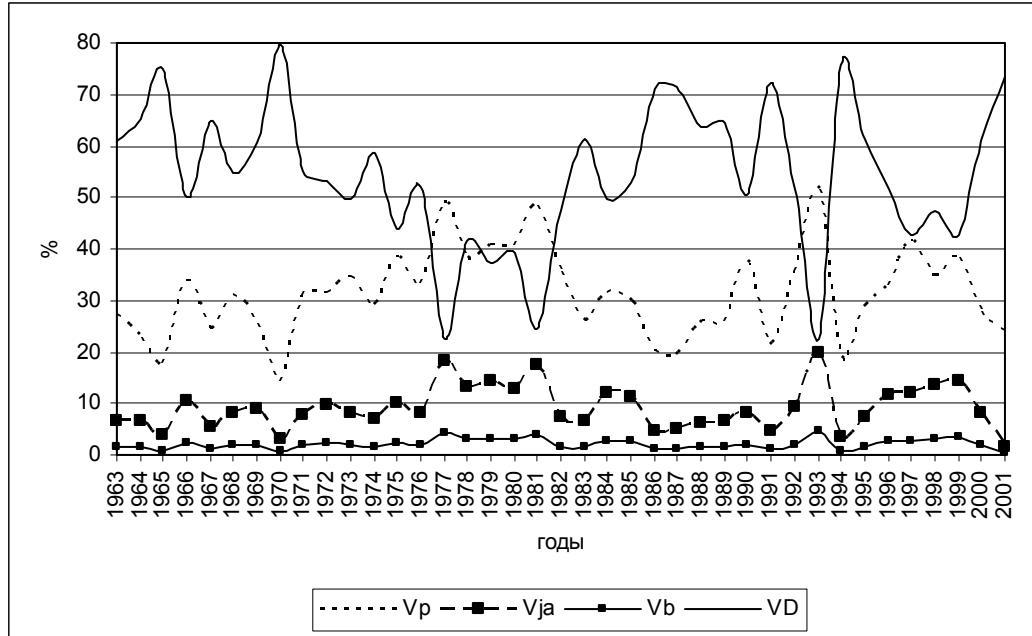


Рисунок 1 - Изменение основных составляющих приходной части водных балансов за период 1963-2001гг.

Из рис.2 можно видеть, что значения V_D' (%) изменяются в достаточно широких пределах. Это обусловлено тем, что в гидрологическом режиме оз. Кугурлуй-Ялпуг можно выделить три различных периода:

1963–1970 гг. – наполнение озера и сброс из озера в р. Дунай происходили самотечным путем с учетом уровней воды в реке (амплитуда хода уровней воды в озере соответствовала речному);

1971–1983 гг. – период жесткого менеджмента, когда уровень в озере поддерживался относительно стабильным, что привело к частичному сокращению объемов дунайской воды в приходных и расходных частях водных балансов (сброс из озера в реку не превышал 20% от величины водообмена);

1984–2001 гг. - период внедрения Правил эксплуатации озер, обеспечивающих проведение водного менеджмента с учетом естественного гидрологического процесса.

Моделирование гидрологического режима оз. Кугурлуй-Ялпуг позволило провести анализ суммарных объемов воды в приходной и расходной частях водного баланса за 1963-2001гг. Водообмен можно рассматривать в целом за год (или сезоны) и за каждый месяц, в отдельности. Охарактеризовать же его можно при помощи коэффициента водообмена k_v , равного

$$k_v = \frac{\sum_P V_j}{\sum_R V_j}, \quad (3)$$

где $\sum_P V_j$ - поступление воды в водоем от j источников (включая р.Дунай);
 $\sum_R V_j$ - расход воды из водоема через j источников (включая р.Дунай).

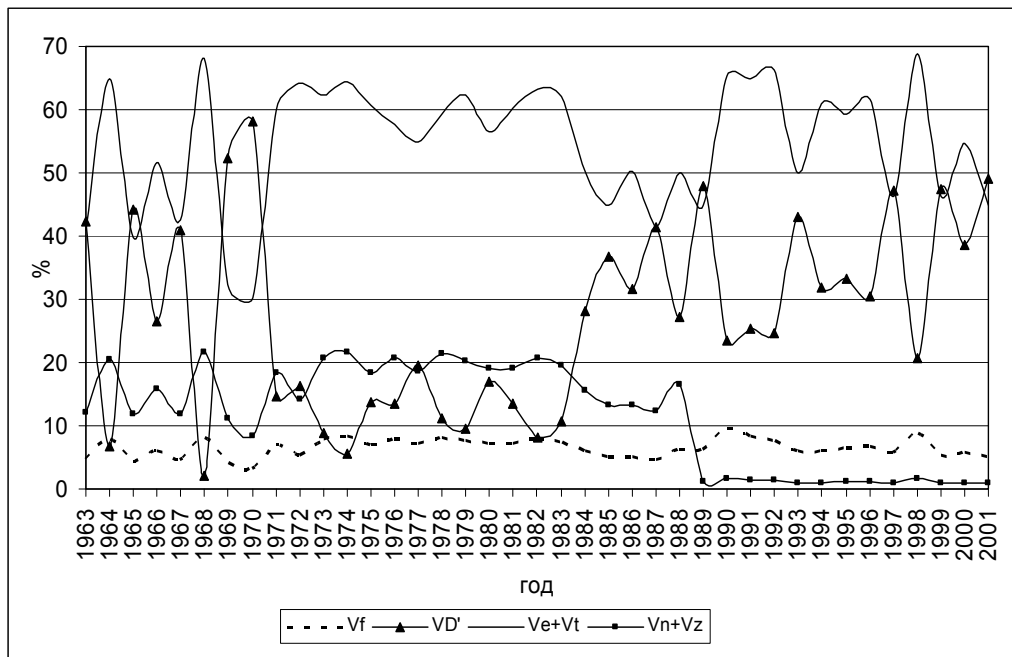


Рисунок 2 - Изменение основных составляющих расходной части водных балансов за период 1963-2001гг.

Значение коэффициента водообмена за рассматриваемый период составило $k_v=1.0$.

Если рассматривать водообмен по годам, то

$$k_{v_i} = \frac{\left(\sum_P V_j \right)_i}{\left(\sum_R V_j \right)_i}. \quad (4)$$

Как видно из рис.3, годовые коэффициенты водообмена за период с 1963 по 2001гг. изменяется в интервале от 0.63 (1982г.) до 2.02 (1991г.).

Широкий диапазон изменения k_{v_i} часто связан с тем, что естественный режим водообмена между озером и р.Дунай, который обеспечивается главным образом уровенным режимом р.Дунай в периоды наполнения озера и сброса из него воды в р.Дунай, не всегда возможен в нужных объемах. Так, высокое значение k_{v_i} в 1991г. (в остальные годы его значение не превышает 1.4) во многом объясняется тем фактом, что маловодный 1990 год характеризовался очень низким стоком р.Дунай и данное обстоятельство не позволило произвести наполнение озера дунайской водой в нужных

для поддержания уровня объемах. Это привело к понижению уровня в водоеме к концу года до отметки 1.11мБС. В 1991г. сброс воды из водоема в реку производился в очень малых объемах, что позволило повысить уровень в озере до 2.89м БС. Во избежание дальнейшего повышения уровня в озере в последующие 1992 и 1993гг. водообмен производился в основном в режиме сброса из водоема в реку, что привело к понижению коэффициента водообмена до 0.61.

Был произведен также расчет средних месячных коэффициентов водообмена k_{v_i} за 1963-2001гг. (рис.4).

Характер внутригодового распределения k_{v_i} соответствует требованиям эксплуатации водоема, суть которых состоит в том, что, как правило, наполнение водоема дунайской водой осуществляется обычно с января (иногда и раньше) и продолжается, если позволяют уровни р.Дунай, до мая. После чего шлюзы закрываются и водоем вступает в фазу простоя, характеризующуюся главным образом процессами испарения и расходования воды на различные виды хозяйственного потребления (в основном на орошение). В осенний период, когда уровни р.Дунай соответствуют межени, производится регламентный сброс воды из озера в реку.

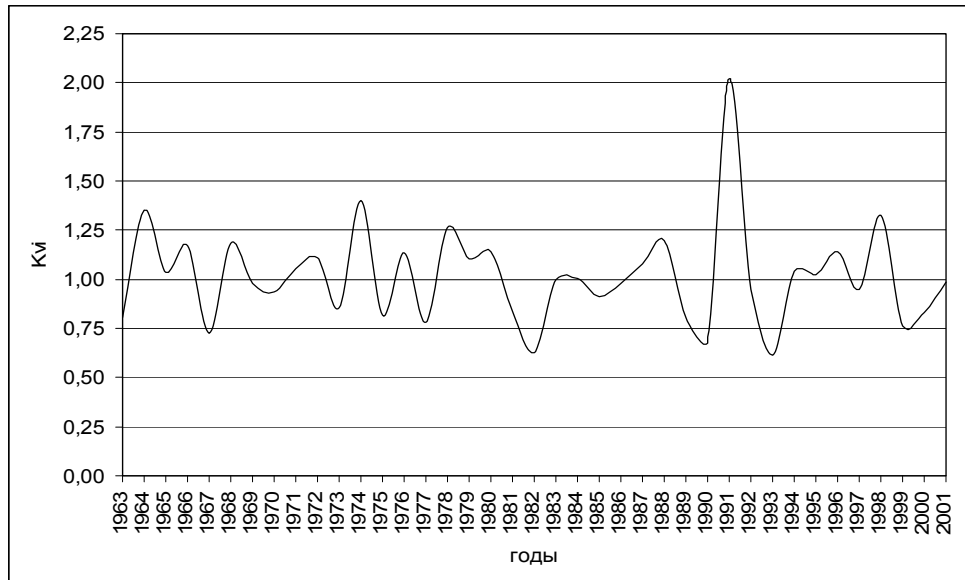


Рисунок 3 - Динамика коэффициента водообмена k_{v_i} .

Одной из объективных характеристик, позволяющей судить о степени засоления или рассоления водоема на конец года, является коэффициент водообновления k_w , который равен отношению

$$k_{w_i} = \frac{S_{2_1}}{S_{2_{12}}}, \quad (5)$$

где S_{2_1} и $S_{2_{12}}$ - минерализация в озере на конец января и декабря, соответственно.

Изменение относительного коэффициента водообновления воды оз.Кугурлуй-Ялпуг k_{w_i} для периода с 1975 по 2001 гг. иллюстрирует рис.5.

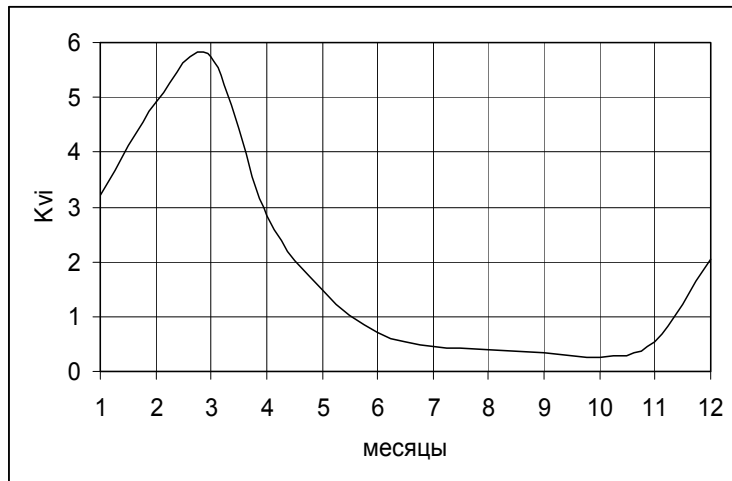


Рисунок 4 - Внутригодовое распределение месячных коэффициентов водообмена k_{vi}

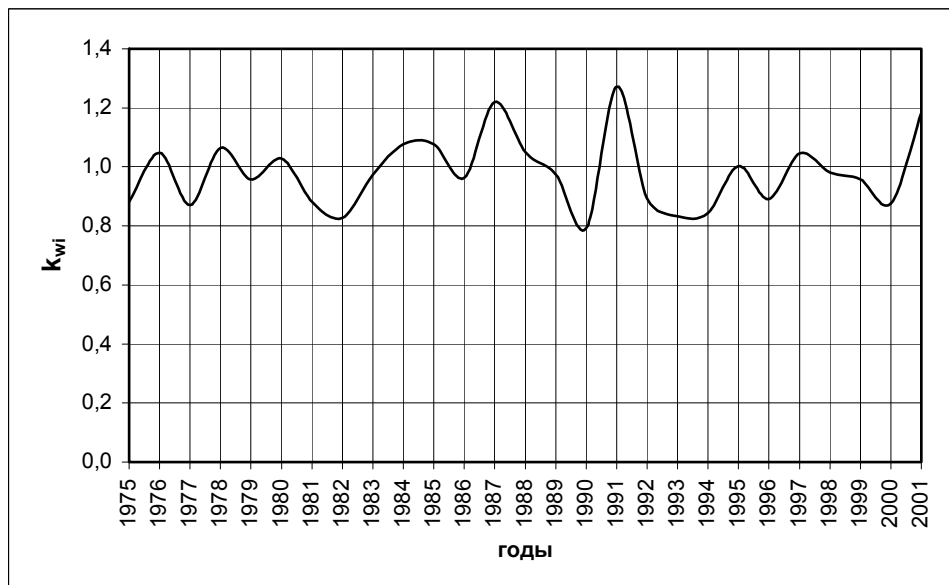


Рисунок 5 - Изменение относительного коэффициента водообновления воды оз.Кугурлуй-Ялпуг k_{wi} для периода с 1975 по 2001 гг.

Значения k_{wi} колеблются в интервале от 0.79 в 1990г. до 1.27 - в 1991г. Среднее значение относительного коэффициента водообновления составило 0.98.

Динамика среднего многолетнего значения динамического коэффициента водообновления k'_{wi} , характеризующего степень водообновления в течение года определяется соотношением

$$k'_{wi} = \frac{\bar{S}_{1i}}{\bar{S}_{2i}}, \quad (6)$$

где \bar{S}_{1i} - средняя по водоему минерализация на начало i -го месяца;

\bar{S}_{2i} - средняя по водоему минерализация на конец месяца.

Как видно из рис.6, в фазе рассоления водоема k'_{w_i} возрастает к апрелю до 1.05. В дальнейшем, в связи с увеличением притока поверхностных вод с повышенной минерализацией и под влиянием испарения, коэффициент водообновления снижается, опускаясь в июне ниже единицы, а затем продолжает падать, вплоть до 0.95 – в июле. С августа и по ноябрь k'_{w_i} плавно возрастает до единицы, возвращаясь в декабре к значению, отмеченному на начало года.

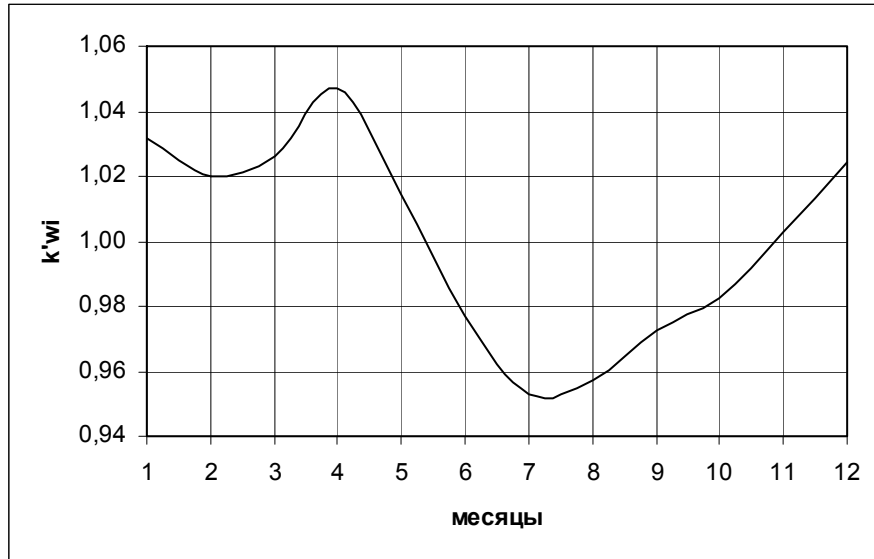


Рисунок 6 - Динамика среднего многолетнего коэффициента водообновления k'_{w_i} .

Выводы. Приведенный в статье анализ результатов моделирования водных балансов оз. Кугурлуй-Ялпуг за период 1963 – 2001 г. дало возможность оценить вклад основных составляющих в приходной и расходной статьях балансов. При этом отмечается, что:

- в приходной части водного баланса около 54.5% водообмена приходится на донорскую воду р.Дунай, а 45.5% - на все остальные источники, среди которых 31.4% - это поступление воды с атмосферными осадками. Сток р.Ялпуг и боковой приток в сумме составляют 11% от величины водообмена;
- в расходной части водного баланса средний многолетний объем сброса воды в р.Дунай составляет только 27%, тогда как на остальные источники приходится 73%, в том числе на транспирацию и испарение – 54.6%;
- наибольшие среднемесячные значения объемов наполнения озера дунайской водой приходятся на весенний период, составляя примерно 60 млн.м³ в марте и мае и 84 млн.м³ - в апреле. Осенью, напротив, наполнение водоема речной водой практически не производится;
- значение коэффициента водообмена за рассматриваемый период составило $K_v=1.0$. Годовые коэффициенты водообмена изменяются в широком диапазоне (от 0.63 в 1982г. до 2.02 - в 1991г.). Это во многом объясняется тем, что естественный режим водообмена между озером и р.Дунай, который обеспечивается главным образом уровенным режимом р.Дунай в периоды наполнения озера и сброса из него воды в р.Дунай, не всегда возможен в нужных объемах.

Список литературы

1. Гопченко Е.Д., Кузниченко С.Д. Изменчивость характеристик водного и гидрохимического режимов р. Дунай у г. Рени // Метеорологія, кліматологія та гідрологія.- 2004. – Вип.48.- С.376-386.
2. Гопченко Е.Д., Кузниченко С.Д. О моделировании водно-солевого режима озер Кугурлуй-Ялпуг // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – 2002. – Вип.46. – С.338-345.
3. Кузниченко С.Д. Влияние стока реки Ялпуг на минерализацию системы озер Ялпуг-Кугурлуй // Матеріали міжнародної конференції „Гідрометеорологія і охорона навколишнього середовища-2002”. Одеса, ОДЕКУ, 2002. - С.98-105.
4. Кузниченко С.Д. Об эксплуатационном режиме озера Кугурлуй-Ялпуг // Метеорологія, кліматологія та гідрологія.- 2003. – Вип.47. – С.356-361.
5. Гопченко Е.Д., Кузниченко С.Д. Солевой режим озера Ялпуг-Кугурлуй в условиях искусственного регулирования // Вісник Одеського державного екологічного університету. – К.:КНТ, 2005. – Вип.1. – С.106-112.

Модельовання водно-сольових балансів оз.Кугурлуй-Ялпуг за період 1963 - 2001 рр. Гопченко Є.Д., Кузніченко С.Д.

У статті наведений аналіз результатів модельовання водного і сольового балансів озера Кугурлуй-Ялпуг за період з 1963 по 2001 рр.

Ключові слова: водний і сольовий режими, модельовання, мінералізація, експлуатаційні рівні води в озері.

Modeling of the water-salt balances of lakes Kugurluy-Yalpug in a period from 1963 to 2001 years. Gopchenko E.D., Kuznichenko S.D.

Analysis of results of modeling of the water-salt balances of lakes Kugurluy-Yalpug in a period from 1963 to 2001 years are presented here.

Key words: water and salt regimes, simulation, mineralization, operating water levels of the lake.