

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПРОЦЕСИТЕ НА ИЗПАРИЕНИЕ ОТ ПОВЪРХНОСТТА НА АТАНАСОВСКО ЕЗЕРО

Радостин Куцаров, Иван Чобанов

*Университет „Проф. д-р Ас. Златаов“ - Бургас,
катедра „Екология и опазване на околната среда“, Бургас 8010, България.
Email: rkutsarov@btu.bg; ichobanov@btu.bg*

EXPERIMENTAL STUDY OF VAPORIZATION PROCESSES FROM SURFACE OF ATANASOVSKO LAKE

Radostin Kutsarov, Ivan Chobanov

*Burgas Prof. Assen Zlatarov University,
Department of Ecology and Protection of the Environmental,
8010 Burgas, Bulgaria. Email: rkutsarov@btu.bg; ichobanov@btu.bg*

ABSTRACT

Atanasovsko lake is one of the two coastal saltwater lakes of the Balkans. It is an important ecological reserve. In this article an experimental study of vaporization processes from surface of lake is made. The quantity of evaporated water was measured by using control vessel (pan) submerged in the lake. The implementation of pan technique allows the conditions in the vessel to be the same as in the lake. The obtained results show that during the course of the experiment, the amount of evaporated water from the lake was 110 586.47 m³/day. The experimental result was compared with calculated data obtained by calculation algorithm. The comparison shows that the calculated result is about 4 times smaller than the experimental.

Key words: Atanasovsko lake, mass transfer, vaporization;

1. Въведение

Атанасовското езеро е част от комплекса на Бургаските езера. То е свръхсолено крайбрежно езеро. Северната му част е поддържан резерват, а южната – защитена местност. Езерото е заобиколено от по-малки водоеми и система от канали, обрасли с блатна растителност. Разположено на 1.5 м под морското равнище, поради което е силно уязвимо. Средната дълбочина на езерото е около 30 см, но на места достига и до 1 м. Северната част е с преобладаващо лиманен характер, а южната е с белези на лагуна. Солеността на водата е много висока – от 20 до 27,5%. То граничи на изток с Черно море чрез Атанасовската коса – тясна наносна пясъчна ивица, дълга около 1 км.

Материалният баланс е основен метод за количествена характеристика на водите на едно езеро. При неговото съставяне е необходимо количествено да се оценят всички възможни материални потоци, водещи до промени в количеството на водите в езерото. Един от основните материални потоци, влияещ значително върху количеството на водите в езерата е изпарението. Съществуващите теоретични модели за предсказване на изпарението на вода от повърхността на едно езеро твърде често дават резултати, които се различават значително помежду си. Получените с подобни модели изчислителни резултати имат само ориентировъчен характер. Прецизирането на тези резултати може да стане единствено по експериментален път. [1-7]

Цел на настоящата работа е да направи количествена оценка на процесите на изпарение, протичащи в Атанасовско езеро, чрез извършване на полеви експеримент на територията на самото езеро.

2. Описание на проведения експеримент

Експериментът бе извършен в полеви условия, на територията на самото Атанасовско езеро. За целите на експеримента бе използван стъклен съд с размери 23,1×49×35 cm. Съдът бе напълнен с вода от Атанасовско езеро и бе поставен в самият басейн на езерото. Това дава основание да се приеме допускането, че температурата на водата в съда е еднаква с тази на водата в езерото. Освен това, тъй като езерото е плитко (средната му дълбочина е около 30 cm), поради прозрачността на водата, тя се загрява в целия си обем и не е необходимо да се търси температурен профил в дълбочина. Периодично бе измервано нивото на течността в стъкления съд. Получените резултати бяха обработени и бе получено количеството изпарена от съда вода между две последователни измервания. Тези стойности позволяват да се преизчисли количеството на изпарена от цялата повърхност на езерото вода.

3. Получени резултати и анализ

В таблица 1 са дадени измерените стойности за дълбочината на водата в стъкления съд, поставен в Атанасовското езеро. Обемът на изпарената вода за съответния период от време (времето между две последователни измервания) може да бъде изчислена по следната формула:

$$V_{изп} = a \cdot b \cdot (D_i - D_{i+1}) \quad (1),$$

където a – дължина на стъкления съд; $a = 0,49$ m; b – широчина на стъкления съд; $b = 0,231$ m; D_i, D_{i+1} – измерени дълбочини на водата в стъкления съд, при две последователни измервания, m.

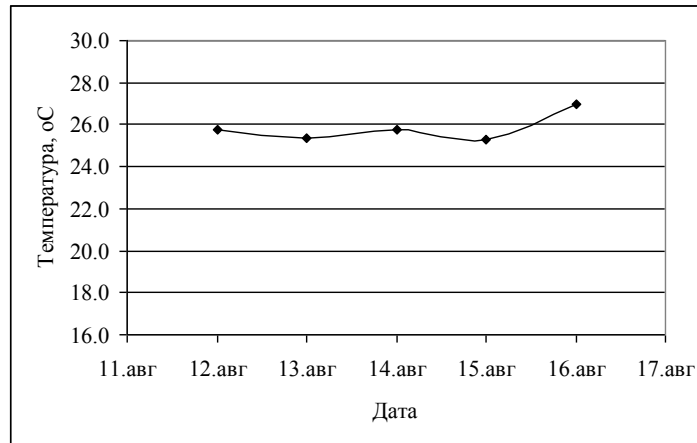
Таблица 1

Експериментални резултати за нивото на водата в контролния съд

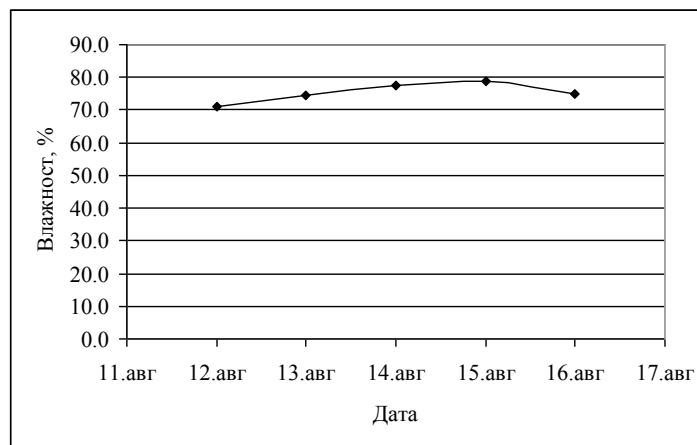
No	Дата и час на прочитане	Дълбочина, m
Експеримент 1		
1	12.08.2014, 6.45 ч	0,250
2	13.08.2014, 9.00 ч	0,245
3	15.08.2014, 6.15 ч	0,235
4	16.08.2014, 6.20 ч	0,230
Експеримент 2		
1	19.08.2014, 6.30 ч	0,295
2	20.08.2014, 6.45 ч	0,291
3	21.08.2014, 6.08 ч	0,282

На фигури 3, 4 и 5 е показано изменението на температурата, влажността и скоростта на вятъра по време на провеждането на експеримента. От фигурите се вижда, че и за трите климатични показателя, през този период не се наблюдават значителни промени в стойностите. По тази причина в настоящата работа са използвани средните стойности на климатичните показатели за периода на провеждане на експериментите.

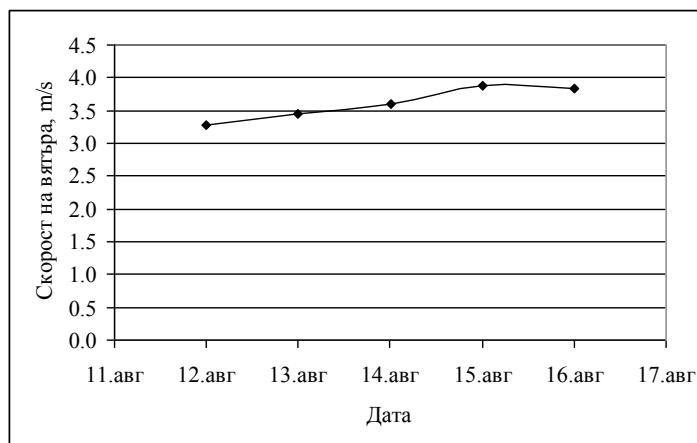
Получените експериментални резултати бяха сравнени с резултатите, получени по изчислителната методика посочена по-долу, която се базира на класическата теория на масопренасянето.



Фиг. 3. Изменение на средноденонощните температури по време на първия експеримент



Фиг. 4. Изменение на средноденонощните стойности на влажността по време на първия експеримент



Фиг. 5. Изменение на средноденонощните стойности на скоростта на вятъра по време на първия експеримент

4. Методика на изчисляването

Изчислителната процедура за определяне количеството изпарена вода от повърхността на Атанасовско езеро бе извършена по посочения по-долу алгоритъм:

1. Определяне вида на въздушното течение чрез изчисляване на критерия на Рейнолдс:

$$Re = \frac{w \cdot d_e}{\nu}, \quad [1], \quad (1)$$

където Re – критерий на Рейнолдс, *безразмерен*; w – скорост на вятъра, m/s ; d_e – еквивалентен диаметър, m ; ν – кинематичен вискозитет, m^2/s ;

За неправилни фигури (каквато е повърхността на езерото), еквивалентния диаметър се определя по следната формула:

$$d_e = \frac{S}{P}, \quad m, \quad (2)$$

където S – площ на езерото, m^2 ; P – периметър на езерото, m ;

2. Определяне на критерия на Шервуд:

- за турбулентен режим:

$$Sh = 1,036 \cdot Re^{0,8} \cdot Sc^{1/3} \quad (3)$$

Критерият на Шмид в уравнение (3) се изчислява по следното уравнение:

$$Sc = \frac{\nu}{D_{AB}} \quad (4),$$

където Sc – критерий на Шмид, *безразмерен*; ν – кинематичен вискозитет, m^2/s ; D_{AB} – коефициент на дифузия на водни пари във въздух, m^2/s ;

3. Определяне на коефициента на конвективен масообмен:

$$\beta = \frac{Sh \cdot D_{AB}}{d_e} \quad (5),$$

където β – коефициент на конвективен масообмен, m/s ;

4. Определяне концентрацията на водни пари на повърхността на езерото:

$$C_A(F) = \frac{M_A P_{нас}}{R \cdot T} \quad (6),$$

където $C_A(F)$ – концентрация на водни пари на повърхността на езерото, kg/m^3 ; M_A – молна маса на водата, $M_A = 18 \text{ kg/kmol}$; R – универсална газова константа, $R = 8314 \text{ J.mol}^{-1}.K^{-1}$; T – температура, K ; $P_{нас}$ – налягане на насищане, Pa ;

Връзката между парциалното налягане на водната пара, относителната влажност на въздуха и налягането на насищане има вида:

$$P_A = \phi \cdot P_{нас} \quad (7),$$

където P_A – парциалното налягане на водната пара, Pa ; ϕ – относителната влажност на въздуха, *части от единица*; $P_{нас}$ – налягането на насищане, Pa ;

5. Определяне концентрацията на водни пари в заобикалящия въздух:

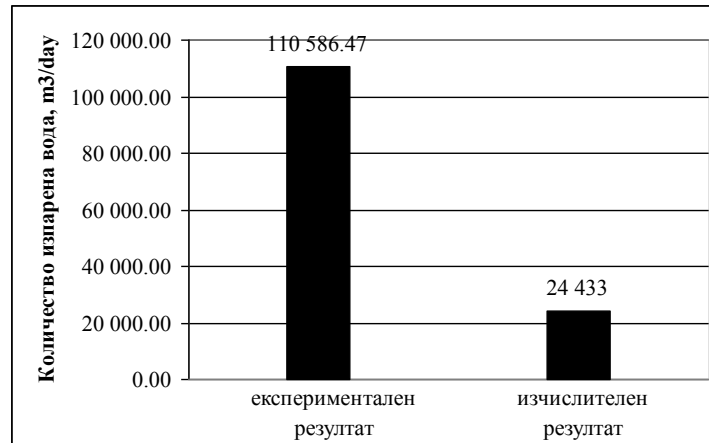
Прилагат се формули (6) и (7), но за влажност на въздуха се използва не 100 %, а реалната влажност, преизчислена от проценти в части от единица.

6. Определяне скоростта на изпарение на водата:

$$\bar{m}_A = \beta \cdot F \cdot (C_A(F) - C_A(\infty)) \quad (8),$$

където \bar{m}_A – скорост на изпарение на водата, kg/s ; β – коефициент на конвективен масообмен, m/s ; F – площ на езерото, m^2 ; $C_A(F)$ – концентрация на водни пари на повърхността на езерото, kg/m^3 ; $C_A(\infty)$ – концентрация на водни пари в заобикалящия въздух, kg/m^3 ;

На фиг. 6 е направено сравнение на получените експериментални резултати, с изчислителните резултати, получени по алгоритъма, посочен в точка 3.3.1. От фигурата се вижда, че изчисленият резултат е около 4 пъти по-малък от експерименталния.



Фиг. 6. Сравнение на получените експериментални и изчислителни резултати за количеството на изпарена вода от повърхността на Атанасовско езеро

Експерименталните резултати в настоящата работа са получени в година с рекордни количества на падналите валежи. Фактът, че климатичните условия през годината на провеждане на експеримента са нетипични за района на Атанасовско езеро означава, че измерванията трябва да бъдат повторени и през други години, с по-нормални климатични условия.

5. Изводи

Въз основа на изложеното до тук могат да бъдат направени следните изводи:

1. Проведен е полеви експеримент за определяне на количеството изпарена вода от повърхността на Атанасовско езеро. Чрез контролен съд, поставен в самото езеро е измервано количеството на изпарената вода
2. Извършен е изчислителен експеримент за определяне на количеството изпарена вода от повърхността на Атанасовско езеро, като е приложен изчислителен алгоритъм, използващ зависимостите на класическата теория на масопренасянето.
3. Получените резултати от сравнението на получените експерименталните и изчислителни данни показва, че изчислителният резултат е около 4 пъти по-малък от експерименталния.

Литература

1. Johnson, M., L. Saito, M. A. Anderson, P. Weiss, M. Andre and D. G. Fontaine, 2004. Effects of climate and reservoir and dam operations on reservoir thermal structure. *J. Water Resources Planning and Management*, 130 (2):112-122.
2. Jensen, M. E., A. Dotan, and R. Sanford, 2005. Penman-Monteith estimates of reservoir evaporation. Paper presented at the 2005 ASCE Conference in Palmer, Alaska, May 19.
3. Алевкин О. А., Основы гидрохимии, Гидрометеиздат, Москва, 1955 г.;
4. Овчинников А. М., Общая гидрогеология, Москва, 1970 г.;
5. Петров П., Евг. Стоева, Т. Мирчев, Опазване на подземните води от замърсяване и изтощаване, Техника, София, 1976 г.;
6. Добревски Ив., Химия на водата и воднодисперсните системи, Техника, София, 1989 г.;
7. Добревски И. Д., А. Т. Звездов, М. И. Димова - Тодорова, В. Ст. Мавров, В. А. Ненов и др., Ръководство за упражненията по технология на водата, Бургас, 2003 г.;