

## Алгоритъм за определяне на концентрацията на кислорода в Черно море чрез Арго сонди

**Николай Николов\***

*Нов български университет, Департамент „Природни науки“,  
бул. „Монтевидео“ № 21, 1618 София, България*

*\*хоноруван преподавател  
niki.nikolow87@gmail.com*

## An algorithm for determining the oxygen concentration in the Black Sea by Argo probes

**Nikolay Nikolov\***

*New Bulgarian University, Department of Natural Science,  
21 Montevideo St., 1618 Sofia, Bulgaria*

*\*part-time lecturer  
niki.nikolow87@gmail.com*

**Резюме:** В този документ е представен алгоритъмът за определяне на концентрацията на разтворен кислород в Черно море по данни от Арго сонди. Направено е сравнение между данните от две Арго сонди, пуснати в Черно море през 2011 и 2014 година.

**Ключови думи:** Черно море, концентрация на кислород, алгоритъм, Арго сонди

**Abstract:** This paper presents the algorithm for determining the concentration of dissolved oxygen in the Black Sea according to data from Argo probes. A comparison was made between data from two Argo probes released in the Black Sea in 2011 and 2014.

**Keywords:** Black sea, oxygen concentration, algorithm, Argo probe

### Въведение

Черно море е едно от най-слабо изучаваните по отношение на разтворения кислород. За това е необходимо черноморските държави да се фокусират към осъществяване на наблюдения върху концентрацията на разтворения кислород. По този начин ще се доведе до възможност да се направят прогнози за изменението в качеството на водите и биологичното разнообразие на Черно море.

Широко приложение при реализирането на мониторинга на водите в Черно море намира използването на Арго сондите. Чрез тях могат да се събират данни за райони, в които не се организират оперативни хидрофизични и хидрохимични наблюдения.

Изграждането на механизъм за следене на разтворения кислород в Черно море подпомага за събирането на навременна информация, която е нужна не само за оценката на качеството на морската вода, но и е особено важна при анализиране на последиците за морската екосистема.

За тази цел е нужно създаването на методи и алгоритми за обработка и оценка на получената информация за концентрацията на разтворен кислород в Черно море по данни от Арго сондите.

Наличието на висококачествена база данни за концентрацията на разтворен кислород в морската вода ще послужи за описването на времевите и пространствени промени във физичните, химични и биологични характеристики на водоема. Създаваната база данни за разтворен кислород може да послужи за оптимизиране и валидиране на числените модели на биогеохимичните процеси в Черно море.

## **1. Алгоритъм**

В началото на алгоритъма се извършва прочитане на данни от всички файлове със записи от измерванията на температурата в Черно море чрез съответния температурен сензор на сондата Арго.

В следващата стъпка на алгоритъма се прави проверка за достоверност на данните от измерванията на температурата в Черно море. Това е модифицирана процедура за качествен контрол на данните от измерванията, при което се проверява съответно валидността на идентификационния номер на платформата, дали има нереални данни за време/дата или невъзможна позиция на платформата в Черно море. Ако някои от условията в съответните файлове не се изпълняват, то те се отстраняват и не се вземат предвид в следващите операции.

В представения алгоритъм основното действие е насочено към изчисляване на концентрацията на кислорода по данни от измерванията с температурния сензор и термистора на сондата Арго.

Получените резултати при изчисляване на концентрацията на кислорода се подлагат на следваща проверка за невъзможни/нетипични стойности, като се използват данни от публикувани световни източници на информация за измервания на концентрацията на кислорода. Ако някои от условията не са изпълнени в съответните файлове, то те се отстраняват и не се вземат предвид в други операции от алгоритъма.

Следващата стъпка от проверката е насочена към изчисляване на разликата между измерени чрез температурния сензор и термистора на сонда-

та Арго концентрации на кислорода. Следва интерполиране на данните по стандартните хоризонти.

Необходима е също така и проверка дали след изчисленията са получени други нетипични стойности за концентрацията на кислорода, като се използват характерни за региона данни.

Допълнително се извършват тестове, при които се използват данни от други налични измервания. Тези тестове включват проверка за наличие на стойности, които прекомерно да превишават допустимите (спайк тест), определяне на градиента в получени при определянето на концентрацията на кислорода данни (тест за градиент). В случаите, когато данните са преминали през всички стъпки, тогава те се записват. Записват се също и резултатите от тестовете при определянето на концентрацията на кислорода в Черно море на базата на стойностите на температурата, измерена чрез температурния сензор на сондата Арго.

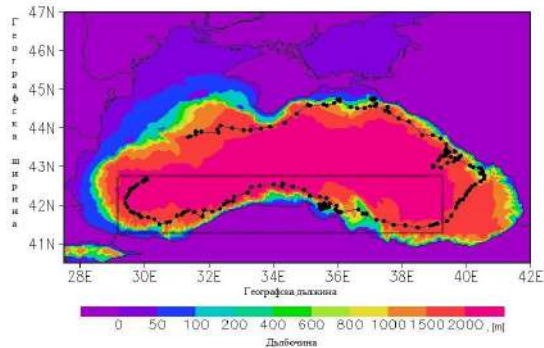
## **2. Резултати**

Като пример за набиране на данни за разтворения кислород, на Фиг. 2 е представена схема на траекторията [Palazov et al., 2012] на профилиращата сонда АРЕХ 6900804 в акваторията на Черно море. Изследваният район е ограден с правоъгълник. С черни точки са означени местата, от които сондата събира данни. С различни цветове са означени и метрите, на които самата сонда се спуска, като лилавото отговаря на 0 m, зеленото представлява дълбочина от 500-600 m и така до розовото, което съответства на 2000 m дълбочина.



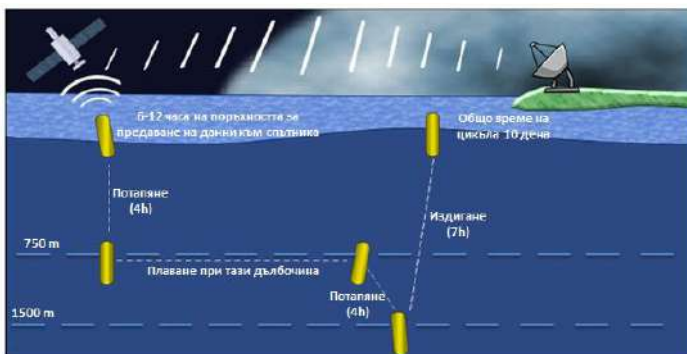


**Фиг. 1.** Алгоритъм за определяне на концентрацията на кислорода в Черно море на базата на стойностите на температурата, измерена чрез температурния сензор на сондата Арго



**Фиг. 2.** Траектория на движение на профилираща сонда APEX 6900804 в Черно море

На Фигура 3 са показани двата работни цикъла на сондата. При първия сондата се спуска до дълбочина 750 m, а при втория – до 1500 m. Събирането на данните става по време на издигане на сондата на повърхността.



**Фиг. 3.** Работен режим на сондата

Времето на живот на сондата е около 3 години, но качеството на данните невинаги е добро. Често има липсващи данни, откриват се също грешки, дължащи се на нереалистично измерени стойности за налягане, температура и соленост [E. Peneva et al, 2010].

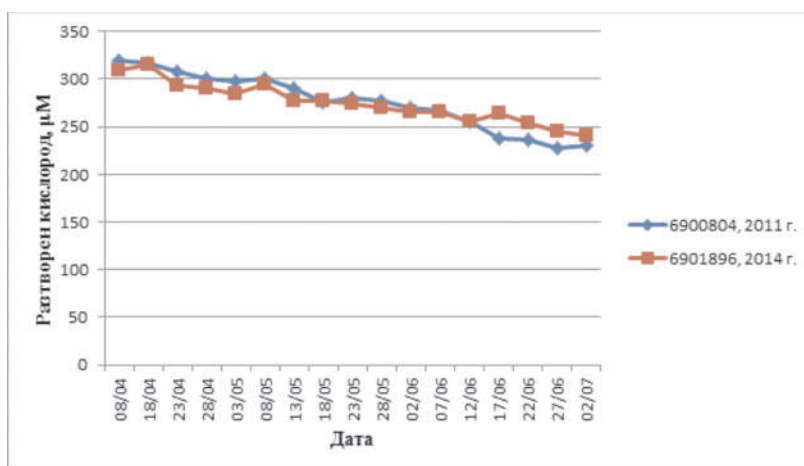
Изчисляването на концентрацията на разтворения кислород става чрез оптичния сензор Aandera Optode 3830. Принципът на работа на сензора е даден в [Nikolov N., Pandelova A., 2015].

Чрез представения алгоритъм е определена концентрацията на кислорода в изследвания район на Черно море за периода април – юли 2011 година на APEX Argo сонда 6900804.

За да се провери дали предложения алгоритъм може да се използва за изчисляване на концентрацията на разтворен кислород, е направено сравнение между получените данни от Арго сонда 6900804 и друга Арго сонда 6901896. Траекторията и получените стойности на разтворения кислород за сонда 6901896 са дадени в [<http://www.ifremer.fr/co-argoFloats/float?detail=false&ptfCode=6901896&active=true&ocean=A&lang=en&techChart=false>].

На Фиг. 4 са представени времеви вариации между стойностите на разтворения кислород от Арго сонда 6900804 (син цвят) за периода април – юли 2011 г. и 6901896 (червен цвят) за същия период, но през 2014 г. Получените стойности са за повърхностния слой (5 m).

От графиката се вижда, че стойностите за разтворен кислород и за двете сонди са почти еднакви. Максимумът на концентрацията на разтворения кислород е 332  $\mu\text{M}$  през месец април, а минимум от 215  $\mu\text{M}$  се наблюдава през юни. Това доказва приложимостта на предложения алгоритъм за изчисляване на концентрацията на разтворен кислород в Черно море по данни от Арго сонда.



**Фиг. 4.** Времеви вариации на стойностите на разтворения кислород за сонда 6900804 и 6901896

### Заклучение

Арго сондите са модерен метод за изследване на разтворения кислород в соленоводни басейни. Те предоставят широк набор от данни във времето и пространството. Важно е да се следи постоянно и в реално време каква е концентрацията на разтворен кислород, т.к. липсата му води до намаляване на многообразието на екосистемата.

Предложеният алгоритъм може да се използва за изчисляване на концентрацията на разтворен кислород в морските басейни. По този начин се дава оценка в реално време на получените данни

## ЛИТЕРАТУРА

- Nikolov N., Pandelova A., Calculation of oxygen concentration in the Black Sea using data from Argo automatic profiling floats, Bulgarian Chemical Communications, Volume 47 Special Issue B, 2015, ISSN: 0324-1130, pp. 349–354.
- Palazov, A., V. Slabakova, E. Peneva, V. Marinova, A. Stefanov, M. Milanova, G. Korchev, BulArgo activities in the Black Sea, Proceedings of Third International Scientific Congress of TU-Varna, Varna , 4-6 October 2012.
- Peneva, E., Stanev, E., Palazov, A., Kortchev, G., Slabakova, V., Milanova, M., Gencheva, A., BulArgo national infrastructure: the present state and perspectives for the Argo data in the Black Sea”, in the proceedings of the 10th international conference on marine sciences and technologies, held in Varna, Bulgaria, 2010.
- <http://www.ifremer.fr/co-argoFloats/float?detail=false&ptfCode=6901896&active=true&ocean=A&lang=en&techChart=false>