

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ ХОЛОДНОГО ПРОМЕЖУТОЧНОГО СЛОЯ НА АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРЫ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИ ПАРАМЕТРОВ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

Ча Хо Сен<sup>1</sup>, Чан Сен Ир<sup>2</sup> Email: Cha1790@scientifictext.ru

<sup>1</sup>Ча Хо Сен - кандидат географических наук, преподаватель,  
факультет наук окружающей Земли,  
Университет им. Ким Ир Сена;

<sup>2</sup>Чан Сен Ир - кандидат математических наук, преподаватель,  
математический факультет,  
педагогический институт им. Ким Чхоль Чжу,  
г. Пхеньян, Корейская Народно-Демократическая Республика

**Аннотация:** в статье анализировали данные наблюдений температуры воды в море нашей страны и оценили влияние изменения температуры холодного промежуточного слоя на анализ температуры воды с помощью модели параметров вертикальной термической структуры.

Сначала, проанализировав данные наблюдений, уточнили характеристику изменения температуры воды в холодном промежуточном слое и решили основную причину её изменения.

Потом в модели параметров вертикальной термической структуры рассмотрели точность анализа температуры воды по изменению глубины нижней границы термоклина и температуры в ней.

**Ключевые слова:** параметризация вертикального профиля температуры воды, характеристика изменения температуры воды, вертикальная структура температура воды.

## STUDY ON THE EFFECT OF THE COLD INTERMEDIATE LAYER WATER TEMPERATURE VARIATION TO THE ANALYSIS OF WATER TEMPERATURE IN THE PARAMETRIC MODEL FOR VERTICAL STRUCTURE OF WATER TEMPERATURE

Cha Ho Song<sup>1</sup>, Jang Song Il<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Cha Ho Song - Master of geographical science, teacher,  
FACULTY OF GLOBAL ENVIRONMENTAL SCIENCE,  
KIM IL SUNG UNIVERSITY;

<sup>2</sup>Jang Song Il-master of mathematics, teacher,  
FACULTY OF MATHEMATICS,  
KIM CHOL JU EDUCATION COLLEGE, PYONGYANG, DPR OF KOREA

**Abstract:** in this paper the data of observing water temperature in the sea of our country was analyzed and the effect of the cold intermediate layer water temperature variation to the analysis of water temperature in the parametric model for vertical structure of water temperature was evaluated.

At first, we solved the main course of its variation by analyzing the observed data and resolving the variable characteristics of the cold intermediate layer water temperature.

And then we evaluated the correctness of water temperature analysis according to the depth of the lower boundary of the thermocline and its water temperature variation in the parametric model for vertical structure of water temperature.

**Keywords:** parameterization of the vertical section of water temperature, variable characteristics in water temperature, vertical structure of water temperature.

УДК 551.465.62(262.5)

В настоящее время один из основных методов моделирования вертикальной термической структуры – модель параметров [2, 3, 4].

При анализе температуры воды с помощью модели параметров вертикальной термической структуры главными являются точные определения четырёх основных параметров: температура на верхней границе термоклина, глубина верхней границы термоклина, глубина нижней границы термоклина и температура в нижней границе термоклина.

В статье анализировали данные наблюдений температуры воды за последние 15 лет (1999~2013) в море нашей страны и оценили влияние изменения температуры воды глубины нижней границы термоклина и температуры в нижней границе термоклина на анализ температуры воды при её изменении в холодном промежуточном слое с помощью модели параметров вертикальной термической структуры.

### 1. Характеристика изменения температуры воды в холодном промежуточном слое

Уточнение характеристики изменения температуры воды в холодном промежуточном слое имеет важное значение в анализе вертикальной термической структуры [2, 3].

Это связано с важными параметрами, в том числе глубиной нижней границы термоклина и температурой в ней при анализе температуры по глубине с помощью модели параметров вертикальной термической структуры.

Температура морской воды – это случайная величина и её изменение велико по времени и пространству.

Поэтому для просмотра характеристики изменения температуры воды используют амплитуда колебания, среднее абсолютное отклонение и среднее квадратичное отклонение, которые являются статистическими величинами характеристик, характеризующими изменчивость случайных величин.

Формула вычисления следующая. [1]

$$\text{амплитуда колебания } R = x_{\max} - x_{\min} \quad (1)$$

$$\text{среднее абсолютное отклонение } \Delta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}| \quad (2)$$

$$\text{среднее квадратичное отклонение } \sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

Здесь  $x$  : значение морских элементов,  $x_{\max}$  : максимальное значение морских элементов,  $x_{\min}$  : минимальное значение морских элементов,  $n$  : количество морских элементов,  $i$  : номер морских элементов

На основе формулы вычисления получили величину характеристик изменения по глубинам и месяцам.

Таблица 1. Вычисленные значения величин характеристик изменения в типичных пунктах

| <b>75-метровый слой</b>  |              |              |              |             |             |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
|                          | $T_{\max}$   | $T_{\min}$   | $R$          | $\Delta$    | $\sigma$    |
| <b>февраль</b>           | <b>14.33</b> | <b>5.34</b>  | <b>8.99</b>  | <b>1.22</b> | <b>2.00</b> |
| <b>апрель</b>            | <b>13.94</b> | <b>6.67</b>  | <b>7.27</b>  | <b>1.7</b>  | <b>2.18</b> |
| <b>июнь</b>              | <b>15.29</b> | <b>2.46</b>  | <b>12.83</b> | <b>4.22</b> | <b>5.04</b> |
| <b>август</b>            | <b>16.2</b>  | <b>3.27</b>  | <b>12.93</b> | <b>3.49</b> | <b>4.24</b> |
| <b>октябрь</b>           | <b>17.62</b> | <b>4.07</b>  | <b>13.55</b> | <b>3.05</b> | <b>3.8</b>  |
| <b>декабрь</b>           | <b>17.41</b> | <b>11.06</b> | <b>6.35</b>  | <b>1.42</b> | <b>1.84</b> |
| <b>100-метровый слой</b> |              |              |              |             |             |
|                          | $T_{\max}$   | $T_{\min}$   | $R$          | $\Delta$    | $\sigma$    |
| <b>февраль</b>           | <b>12.06</b> | <b>3.92</b>  | <b>8.14</b>  | <b>1.18</b> | <b>2.01</b> |
| <b>апрель</b>            | <b>11.98</b> | <b>5.45</b>  | <b>6.53</b>  | <b>1.77</b> | <b>2.2</b>  |
| <b>июнь</b>              | <b>13.62</b> | <b>1.74</b>  | <b>11.88</b> | <b>3.78</b> | <b>4.5</b>  |
| <b>август</b>            | <b>12.01</b> | <b>2.33</b>  | <b>9.68</b>  | <b>2.97</b> | <b>3.48</b> |
| <b>октябрь</b>           | <b>15.33</b> | <b>2.78</b>  | <b>12.55</b> | <b>3.47</b> | <b>4.04</b> |
| <b>декабрь</b>           | <b>16.28</b> | <b>6.12</b>  | <b>10.16</b> | <b>2.49</b> | <b>3.13</b> |
| <b>150-метровый слой</b> |              |              |              |             |             |
|                          | $T_{\max}$   | $T_{\min}$   | $R$          | $\Delta$    | $\sigma$    |
| <b>февраль</b>           | <b>10.93</b> | <b>2.03</b>  | <b>8.9</b>   | <b>2.63</b> | <b>3.01</b> |
| <b>апрель</b>            | <b>10.19</b> | <b>2.6</b>   | <b>7.59</b>  | <b>2.74</b> | <b>3.07</b> |
| <b>июнь</b>              | <b>9.57</b>  | <b>1.19</b>  | <b>8.38</b>  | <b>2.33</b> | <b>2.77</b> |
| <b>август</b>            | <b>10.51</b> | <b>1.22</b>  | <b>9.29</b>  | <b>1.87</b> | <b>2.61</b> |
| <b>октябрь</b>           | <b>11.3</b>  | <b>1.58</b>  | <b>9.72</b>  | <b>2.31</b> | <b>2.87</b> |
| <b>декабрь</b>           | <b>10.65</b> | <b>2.07</b>  | <b>8.58</b>  | <b>2.11</b> | <b>2.62</b> |

Как видно из **таблицы 1**, изменение температуры воды больше в холодном промежуточном слое.

Ещё амплитуда колебания температуры воды по увеличению глубины стала меньшей, но её величины были немалыми.

Для рассмотрения характеристики изменения по времени температуры воды в холодном промежуточном слое составили кривую изменения по сравнению с температурой воды на поверхности и провели анализ спектра.

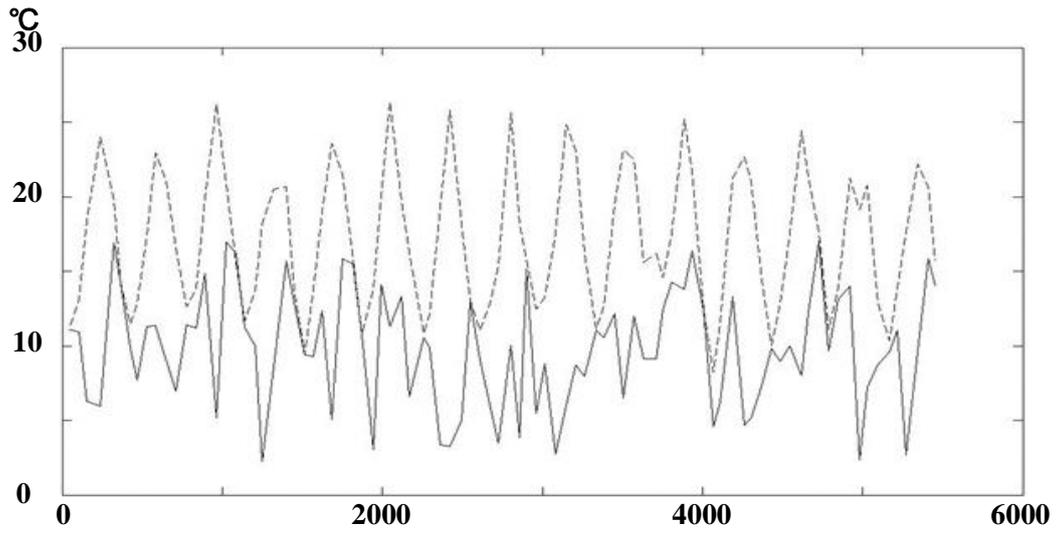


Рисунок 1. Кривая изменения температуры воды на поверхности и на глубине 75 метров

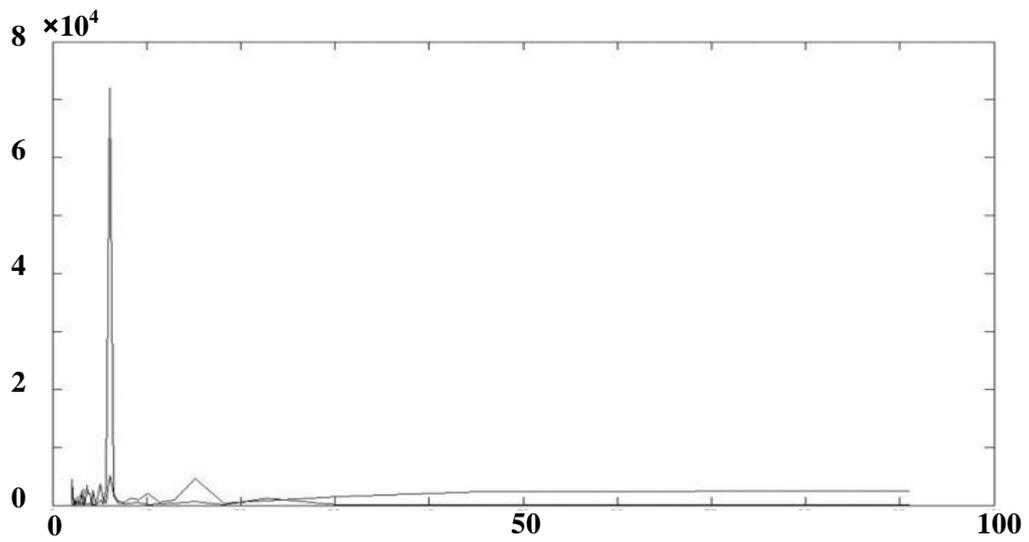


Рисунок 2. Результат анализа спектра температуры воды на поверхности и на глубине 75 метров

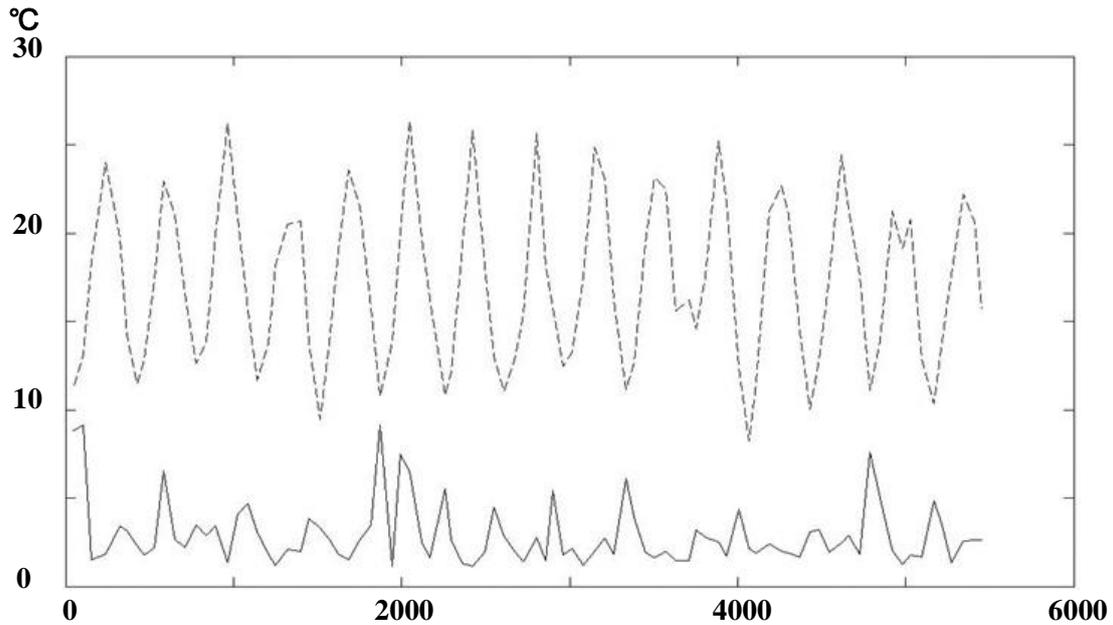


Рисунок 3. Кривая изменения температуры воды на поверхности и на глубине 150 метров

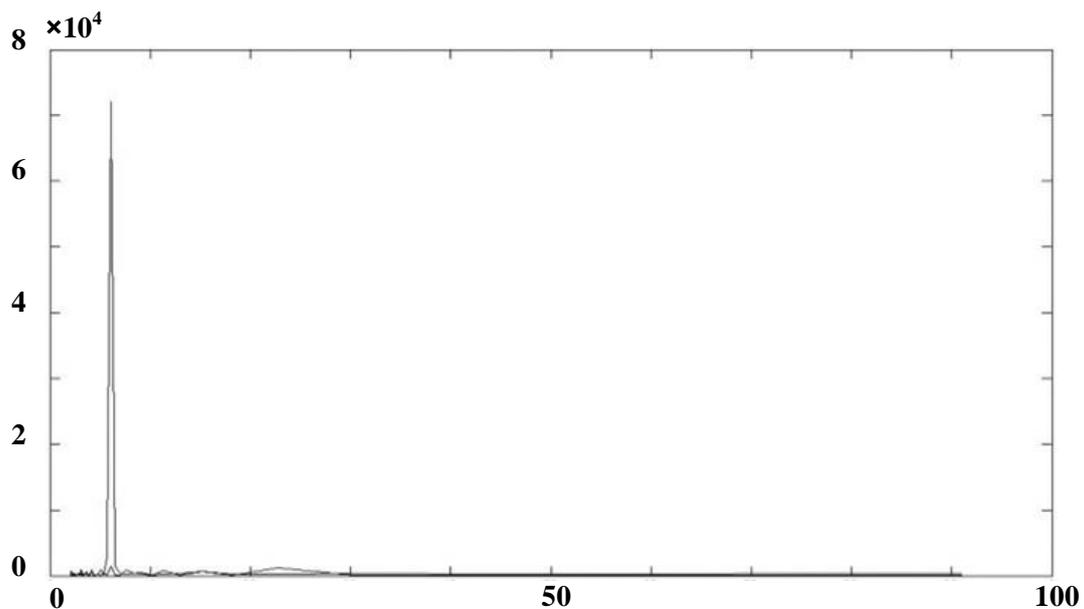


Рисунок 4. Результат анализа спектра температуры воды на поверхности и на глубине 150 метров

Как показано на рисунках, изменение температуры воды в холодном промежуточном слое имеет другую характеристику при сравнении с изменением температуры воды на поверхности.

При изменениях температуры воды на поверхности ясно появляется период одного года, но при изменениях в холодном промежуточном слое слабо появляется и не может найти основной период.

Это объясняется тем, что слабо влияние теплобаланса и процесса атмосферы на изменение температуры воды в холодном промежуточном слое.

Отсюда основной причиной изменения температуры воды в холодном промежуточном слое можно анализировать морское течение.

Итак, можно сказать, что больше изменение глубины нижней границы термоклина и температуры в ней, которое определили изменением температуры воды в холодном промежуточном слое.

От характеристик изменения температуры воды в холодном промежуточном слое имеет большое значение оценить влияние глубины нижней границы термоклина и температуры в ней на анализ температуры воды по глубинам с помощью модели параметров вертикальной термической структуры.

## 2. Влияние глубины нижней границы термоклина и температуры в ней на моделирование вертикальной термической структуры

Чтобы оценить влияние глубины нижней границы термоклина и температуры в ней на моделирование вертикальной термической структуры, анализировали характеристику изменения глубины нижней границы термоклина и температуры в ней с помощью данных наблюдений температуры воды.

Таблица 2. Температура воды в нижней границе термоклина (в феврале)

| год | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1   | 2.29 |      | 2.37 | 3.18 | 3.32 | 3.19 |      | 3.12 |
| 2   | 2.86 |      | 2.59 | 2.32 | 2.85 | 3.14 |      | 3.11 |
| 3   |      | 3.08 | 5.65 | 2.92 | 4.44 | 2.69 |      |      |
| 4   |      | 2.65 | 2.57 | 3.05 | 5.14 | 3.01 |      |      |
| год | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |      |
| 1   | 3.18 | 2.77 |      | 3.38 | 4.60 | 3.0  | 3.17 |      |
| 2   | 3.56 | 3.39 | 2.33 | 3.97 | 3.18 | 2.38 | 2.95 |      |
| 3   | 2.62 | 3.73 | 3.43 | 3.51 | 2.85 | 3.32 | 4.2  |      |
| 4   | 2.33 | 3.13 | 4.18 | 3.71 | 3.67 | 2.75 | 3.7  |      |

Таблица 3. Глубина нижней границы термоклина (в феврале)

| год | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1   | 197  |      | 168  | 149  | 150  | 230  |      | 143  |
| 2   | 244  |      | 231  | 191  | 194  | 265  |      | 179  |
| 3   |      | 158  | 130  | 295  | 147  | 292  |      |      |
| 4   |      | 121  | 116  | 295  | 128  | 342  |      |      |
| год | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |      |
| 1   | 102  | 192  |      | 92   | 111  | 197  | 181  |      |
| 2   | 166  | 210  | 190  | 99   | 147  | 241  | 224  |      |
| 3   | 101  | 98   | 289  | 218  | 97   | 96   | 97   |      |
| 4   | 120  | 164  | 294  | 237  | 167  | 115  | 126  |      |

Таблица 4. Температура воды в нижней границе термоклина (в августе)

| год | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1   |      | 2.27 | 2.45 | 2.35 | 2.37 | 2.57 | 3.30 |      |
| 2   |      | 3.32 | 2.0  | 2.03 | 1.83 | 2.47 | 2.89 |      |
| 3   |      | 2.38 | 2.40 | 2.82 | 2.23 | 2.5  | 4.0  | 5.77 |
| 4   |      | 3.63 | 1.58 | 3.35 | 2.46 | 2.95 | 4.05 | 3.82 |
| год | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |      |
| 1   | 3.37 | 2.34 | 2.66 |      | 3.32 | 2.56 | 3.4  |      |
| 2   | 3.3  | 3.21 | 2.98 |      | 3.35 | 2.55 | 4.41 |      |
| 3   | 2.67 | 3.69 | 2.47 | 2.85 | 3.96 | 2.88 | 3.8  |      |
| 4   | 2.25 | 3.39 | 3.34 | 3.46 | 3.29 | 2.62 | 4.09 |      |

Таблица 5. Глубина нижней границы термоклина (в августе)

| год | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1   |      | 122  | 193  | 99   | 144  | 97   | 193  |      |
| 2   |      | 133  | 273  | 111  | 170  | 122  | 172  |      |
| 3   |      | 95   | 193  | 175  | 119  | 90   | 195  | 95   |
| 4   |      | 179  | 294  | 132  | 186  | 89   | 161  | 108  |
| год | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |      |
| 1   | 107  | 119  | 147  |      | 123  | 170  | 123  |      |
| 2   | 123  | 145  | 178  |      | 193  | 95   | 135  |      |
| 3   | 89   | 248  | 86   | 122  | 151  | 88   | 159  |      |
| 4   | 136  | 238  | 142  | 230  | 156  | 95   | 146  |      |

Средняя амплитуда колебания температуры воды в нижней границе термоклина равна 3.6 градуса, её среднее абсолютное отклонение равно 1.1 градуса, среднее квадратичное отклонение равно 1.6 градуса.

Ещё средняя амплитуда колебания глубины нижней границы термоклина равна 134 метра, её среднее абсолютное отклонение равно 46 метров, среднее квадратичное отклонение равно 67 метров.

На основе этого проверяли точность анализа температуры воды каждого слоя по изменениям глубины нижней границы термоклина и температуры в ней.

Когда точно давали глубину нижней границы термоклина, среднее абсолютное отклонение анализа температуры воды было 0.4 градуса, а когда давали погрешность глубины нижней границы термоклина с 50 метрами с учётом характеристики изменений, то среднее абсолютное отклонение было 2.4 градуса.

Когда точно давали температуру воды в нижней границе теплоклина, среднее абсолютное отклонение анализа температуры воды было 0.4 градуса, а когда давали погрешность температуры воды в нижней границе термоклина с 1 градусом с учётом её изменений, то среднее абсолютное отклонение было 0.8 градуса.

Можно узнать, что изменение глубины нижней границы термоклина больше влияет, чем изменение температуры воды в ней при анализе температуры воды по глубинам с помощью модели параметров вертикальной термической структуры.

Изменение нижней границы теплоклина тесно связано с полем морского течения особенно с вертикальным течением, поэтому целесообразно соединить с числовой моделью анализа трёхмерного морского течения и температуры воды при анализе её вертикальной структуры.

#### **Заключение**

В акватории моря нашей страны изменение температуры воды в холодном промежуточном слое велико, особенно изменение глубины нижней границы термоклина очень велико.

При анализе температуры воды с помощью модели параметров вертикальной термической структуры надо точно учитывать влияние глубины нижней границы термоклина и температуры в ней, особенно колебания глубины нижней границы теплоклина.

#### ***Список литературы / References***

1. *Kwak Il Hwan*. Process of ocean information, Publishing house of Kim Il Sung University. 28~36, 59~65, Juche 97 (2008).
2. *Акимов Е.А., Полонский А.Б., Станичный С.В.* Параметризация вертикального профиля температуры в сезонном термокLINE Черного моря // морской гидрофизический журнал, 2014. № 3. С 21-29.
3. *Gonza'lez-Polaa Ce'sar\_ Fernandez-Di'azb Julio M., Lavi'nc Alicia*. Vertical structure of the upper ocean from profiles fitted to physically consistent functional forms // Deep-Sea Research, 2007 № 1 (54), 1985–2004.
4. *Chu Peter C. and Fralick Jr Charles R.*. A parametric model for the Yellow Sea thermal variability // JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, 1997. № 5 (102). P. 10, 499-10, 507.