

中国近海月平均海面的变化 及其原因的初步分析

李坤平

周天华 陈宗镛

(国家海洋局第一海洋研究所)

(山东海洋学院)

一、概 述

本文所说的中国近海系指渤海,黄、东海西部和南海北部(为说明问题,在叙述过程中,也会涉及一些相邻海区)。整个海区由于受季风的影响比较显著,又有众多河流的注入,加之暖流黑潮主干及支流经过这里等原因,以致水文状况错综复杂。而月平均海面的变化,就是多种水文状况综合作用的结果。

关于月平均海面(以下简称水位)的季节变化这一重要课题,国外从上个世纪末叶即已着手研究,到目前为止已对世界大洋和各个海区做了大量的工作^[1-8],并有代表性的专著^[4]。本文根据有关资料,首次对整个中国近海水位的季节变化进行初步分析。

引起水位季节变化的原因,除了天文因素外,尚有水文气象因子的影响。天文因素对水位的影响只有几厘米的量级,而中国近海水位季节变化可达几十厘米,甚至半米以上。由此可见,海洋水文气象因子是引起中国近海水位季节变化的主要因素。

引起水位季节变化的水文气象因子一般有三种:(1)导致海水物理性质变化的因子,其中以海水密度的变化最为重要;(2)影响海区水量变化的因子,如径流、蒸发、降水、海流等;(3)引起海区水团不均匀分布的大气压力、风的增-减水效应等。许多作者对于不同的海区得出了不同的结论。就中国近海而言,我们认为季风、海流、大气压力的季节变化是其基本的原因。

二、中国近海月平均海面变化的特点

中国近海水位变化的年较差北大南小(见图1)。渤海50—70厘米,黄海35—50厘米,东海25—35厘米,南海20—40厘米。由此可见,东海和南海的水位变化年较差约比渤海小一倍或一倍以上。

冬季月平均海面(图2)在渤、黄、东海及南海北部和东部均比多年平均海面低,渤海

低 25 厘米左右, 黄海低 15—25 厘米, 东海、南海北部和东部低 5—20 厘米, 整个东中国海水位北低南高。但在南海西南部, 冬季月平均海面却比年平均海面高 5—15 厘米。

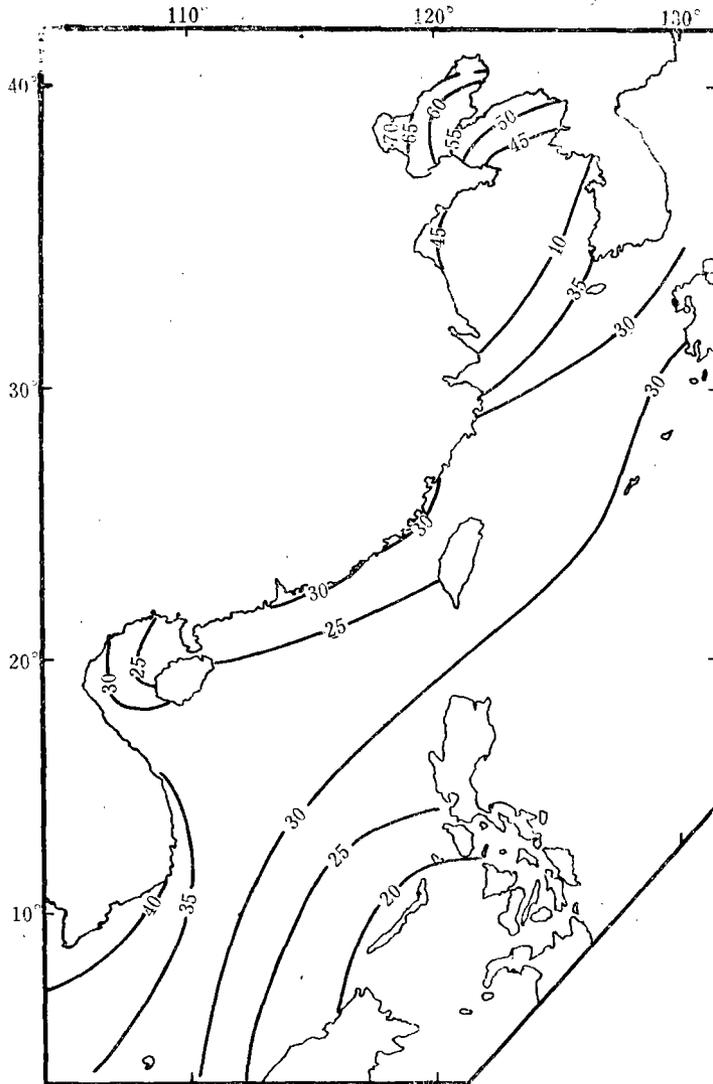


图1 水位年较差的分布

夏季月平均海面(见图 3), 浙南、闽、粤沿岸以至暹罗湾的水位均低于多年平均海面, 即自北向南下倾, 为 0—25 厘米。其余大部分海域平均海面高于多年平均海面。渤海高出 25—35 厘米, 黄海高出 20—25 厘米, 东海高出 10—15 厘米, 台湾海峡东部和南海(北部)东侧高出 5—14 厘米, 而总的形势是北高南低。

以上是月平均海面的分布特点。关于出现最高水位的日期如图 4 所示。整个海区自北向南依次递推, 分别出现在 7—12 月和 1 月份。最低值出现在 1—6 月和 8 月份。出现高水位的日期, 渤海在 7、8 月份, 南黄海 8、9 月份, 东海 9、10 月份, 南海北部 10、11

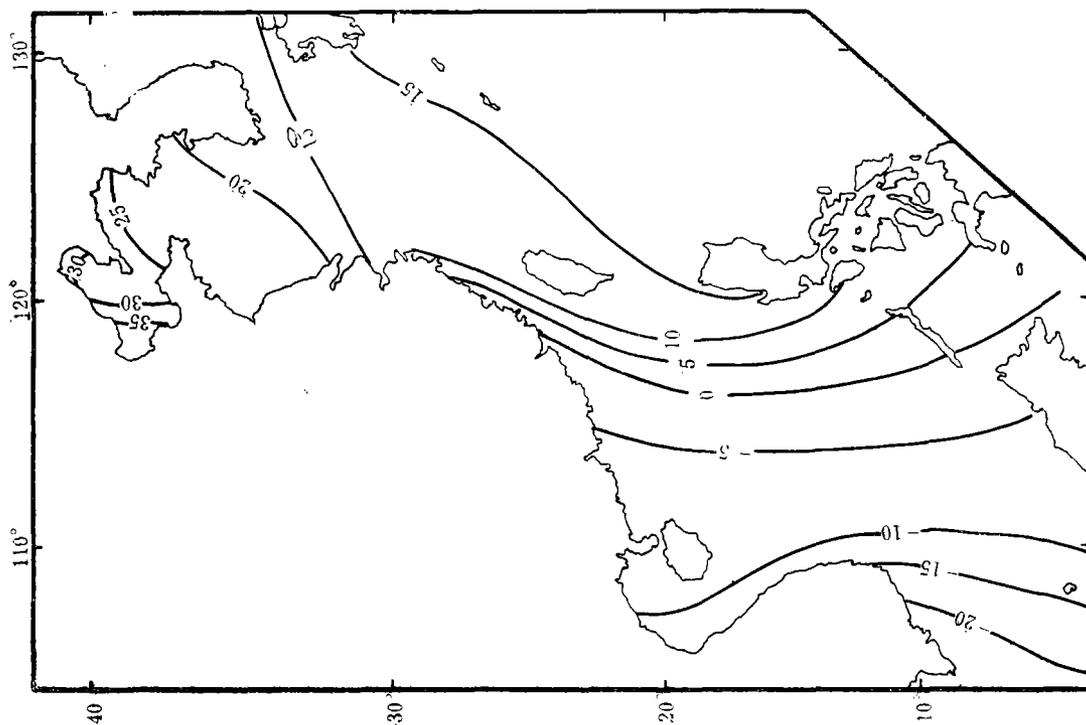


图3 夏季水位的分布

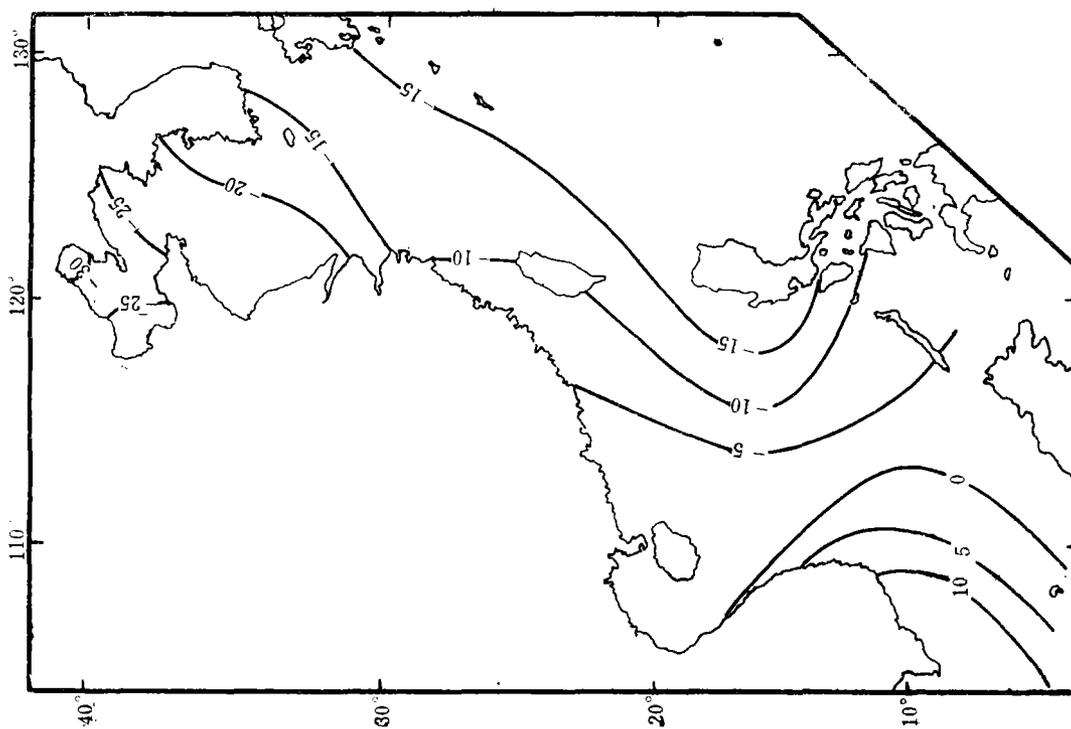


图2 冬季水位的分布

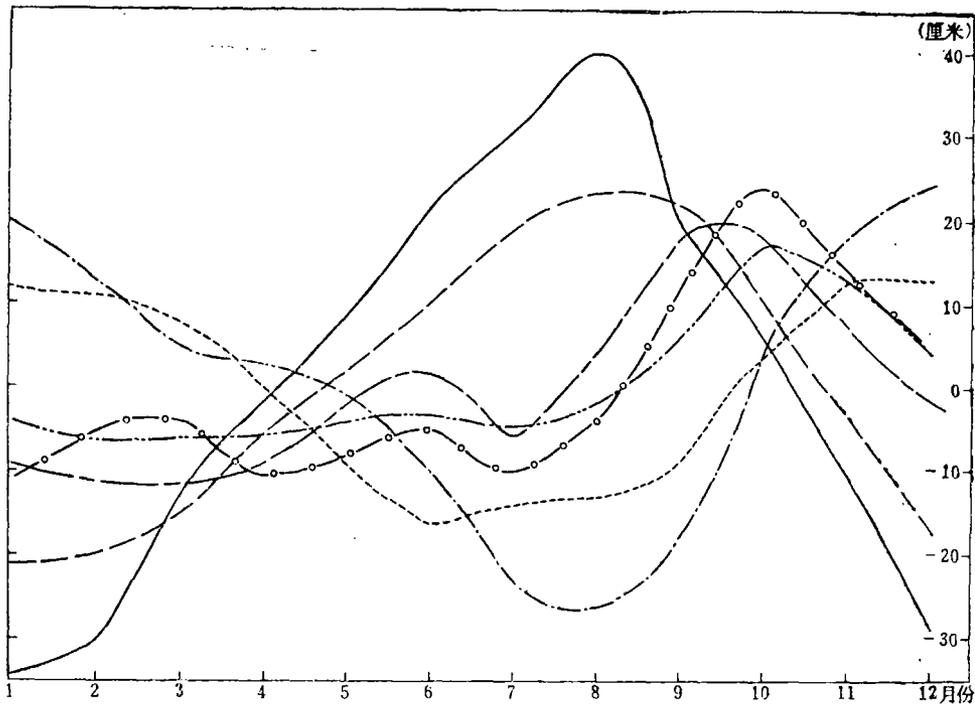


图4 水位年过程曲线

— 塘沽, - - - 连云港, - · - · - 坎门,
 - ● - 汕尾, - · · · · 海口, - · - · - 西贡,
 - - - 曼谷.

月份, 而南海南部则出现在 11、12 和 1 月份, 出现低水位的日期, 渤海、黄海在 1、2 月份, 东海 1、2、3 月份, 台湾海峡 3、4、5 月份, 南海北部出现于 6、7 月份, 南海西南部出现于 6、7、8 月份。

三、中国近海平均海面变化的原因

(一) 季风引起的增-减水效应

季风是中国近海气候的主要特征。一般说来, 冬季盛行北风或西北风, 夏季整个海区主要盛行偏南风或西南风, 春秋为过渡性季节。

众所周知, 风作用于海面的切应力引起沿岸海水的堆积和流失, 产生水位的升降, 这就是增-减水效应, 其特大的增-减水发生的次数较少, 对水位的季节变化贡献甚小。因此, 水位变化的主要因素是季风产生的平均增-减水效应和海流的变化导致的结果。

冬季是中国近海季风最强盛的季节, 海上一般以偏北风为主。正是这种偏北季风的减水效应使渤海大约降低 10 厘米量级的水位, 黄海约为 6—8 厘米, 东海和南海北部, 除北

部湾减少较大外, 一般减水不甚明显。但东北季风在南海产生的漂流, 除一部分进入爪哇海外, 还使南海南部和暹罗湾产生较大增水^[6]。

夏季东南季风, 影响东中国海, 而西南季风则影响南海, 使南海西部的暹罗湾发生减水, 使其平均海面下降。其他区域受季风的影响出现增水现象。夏季黑潮与季风流基本一致, 使得黄、渤海出现高水位。

(二) 海流

中国近海海流的基本流系是黑潮和季风流, 在东部近海以前者为主, 南部近海以后者为主。根据管秉贤的估算, 东海黑潮的平均流量达 20×10^6 米²/秒, 相当于长江年径流量的 500 倍以上。这个强大的海流, 在日本九州大隅海峡以西分出一个向北的支流, 叫做对马暖流; 其西分支流入南黄海形成黄海暖流。由于黄海沿岸有自北南下的沿岸流, 因而多数月份, 在南黄海维持一个逆时针的环流, 这个环流对海区水位变化的作用不明显。

从 5 月份起台湾海峡的海流一般均向东海流动, 6 月份起, 浙闽沿岸、台湾海峡和北纬 30° 以南流向一致, 均向北或东北方向流动。这一动力学条件, 使得注入东中国海的径流基本上保持在本海区, 形成环流并构成当地的水团。这是夏、秋季使东中国海出现高水位的一个原因, 而南海的西南季风所造成的增水, 则在南海菲律宾沿岸产生较高的水位。

值得注意的是, 夏季从南海北部到东海中部北纬 30° 附近, 整个海面都是东高西低。海南岛至吕宋岛水位差值为 19 厘米, 台湾海峡为 17—13 厘米, 东海为 18—10 厘米。这与海流和地转效应是一致的(见图 5)^[6]。

冬季, 东海的黑潮主干仍向东北流去, 然而, 中国沿岸流十分强盛, 它从黄海流向南海。东中国海的水体大量流失, 从而使其水位降低。从 10 月份起, 台湾海峡的表面流已转向西南流入南海, 一直到 2、3 月份为止。中国沿岸流向南流去的大量水体, 除一部分进入爪哇海, 大部分在南海的西南部和暹罗湾堆积, 产生高水位。在台湾海峡和南海, 海流流去的方向仍呈现右高左低的现象(见图 5^[6])。南海北部水位东西之差达 12 厘米, 台湾海峡南部为 10 厘米。由此可见, 流海是引起本海区水位变化的重要因素。

(三) 气压效应

大气压力效应也是引起水位季节变化的重要原因之一。有人认为, 大气压力所引起的水位变化占总变化的 30—40%。T. Nomitsu 等人^[2]认为只有 20—35%, 而大多数作者仅取 20—30% 左右。中国近海由大气压力所引起的变化也符合这一估计, 大约占总变化的 30%。

大气静压效应, 一般说来气压变化 1 毫巴, 水位将向相反方向变化 1 厘米, 为此, 用各点的月平均气压与海区多年平均气压的偏差来估算静压水位是一种良好的近似。

冬季, 由于高压系统的影响, 所以整个海区气压分布明显地呈现出北高南低(1,027—1,010 毫巴)。静压水位则出现北低南高的分布规律: 渤海静压水位减低至 10 厘米左右, 黄海 7—8 厘米, 向南依次减少, 到南海中部便只有 4—5 厘米, 而南海南部的静压效应不明显。

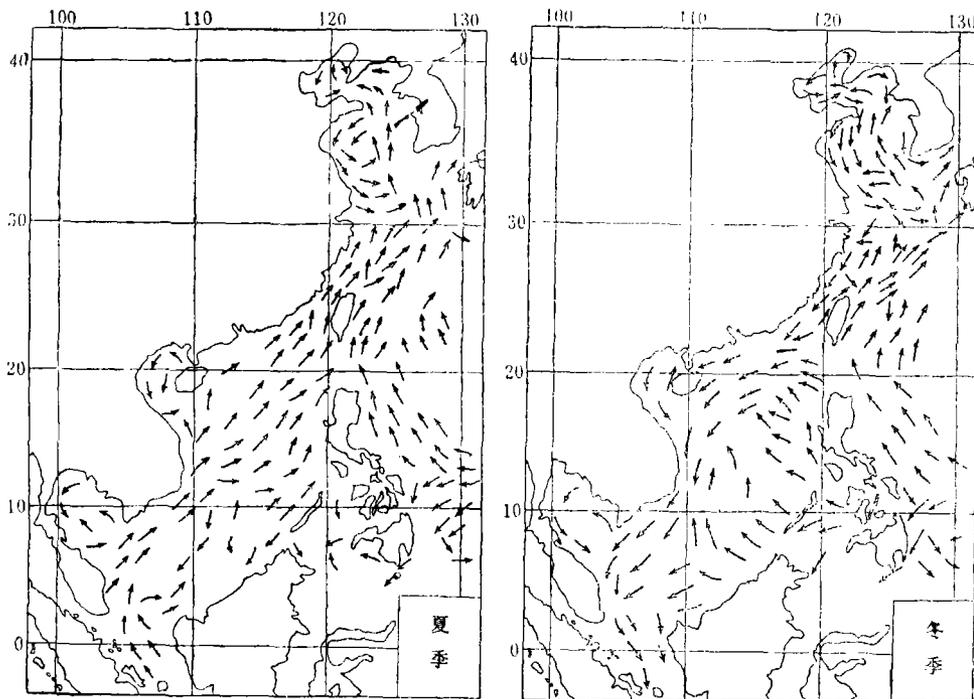


图5 中国近海海流系统

夏季, 整个海区气压分布虽然比较均匀, 但仍然呈现出北低南高的趋势(1,005—1,008毫巴), 静压水位, 渤海、黄海大约升高 8—10 厘米, 东海升高 6—8 厘米, 而到南海的中部和北部便只有 2—5 厘米。

由此可见, 由气压导致的水位变化与季节性的平均风增-减水效应同样是北大南小。

(四) 海水密度效应

大家知道, 在给定面积的水柱中, 比容 α 的变化必然导致水柱高度的变化。总的效应为:

$$z_s = g^{-1} \int_{P_s}^{P_0} \Delta \alpha dP.$$

式中, P_s 为大气压力, P_0 为海水温度和盐度季节变化影响甚小的某一深层的压力, z_s 是比容变化所产生的水位变化。

由上式估算结果, 冬季 2 月份, 渤海平均下降 3 厘米, 黄海 5—6 厘米, 东海和南海的近海 7—9 厘米; 而夏季 8 月份, 可使海面升高 4—7 厘米。由此可见, 由密度变化而导致水位变化的量值, 相对重要性南部海区比北部海区为大, 其中深度起主要作用。

(五) 水位季节变化的动力学解释

作为强迫力(风和大气压力)作用于密度均匀的海表面, 必将引起海面的起伏和海流,

根据浅水线性全流方程:

$$BU - fV + gh \frac{\partial \xi}{\partial x} = \tau^x - gh \frac{\partial P}{\partial x}, \quad (1)$$

$$BV + fU + gh \frac{\partial \xi}{\partial y} = \tau^y - gh \frac{\partial P}{\partial y}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial \xi}{\partial t} = 0. \quad (3)$$

其中, U , V 分别表示沿 x 、 y 方向的全流分量, $U = \int_0^h u dz$, $V = \int_0^h v dz$, ξ ——与未扰动水平面的水位偏差, f ——柯氏参数, $B = \frac{\partial}{\partial t} + \gamma$, γ ——底摩擦系数, τ^x , τ^y ——沿 x 、 y 方向的风切应力分量, g ——重力加速度, h ——水深, P ——大气压力。

假若是稳定流动, 先不计算静压影响, 则上述方程改为:

$$\gamma U - fV + gh \frac{\partial \xi}{\partial x} = \tau^x, \quad (1)'$$

$$\gamma V - fU + gh \frac{\partial \xi}{\partial y} = \tau^y, \quad (2)'$$

$$\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial \xi}{\partial t} = 0. \quad (3)'$$

又若讨论海峡或某些海区, 它们只存在一个方向的流动, 横向流动可忽略不计, 这时通过海峡某一截面(宽度为 b)的流量为:

$$\int_0^b U dy = Q, \quad \int_0^b V dy = 0.$$

于是上式改为:

$$\gamma Q + ghb \frac{\Delta \xi}{\Delta x} = b\tau^x, \quad (4)$$

$$-fQ + ghb \frac{\Delta \xi}{\Delta y} = b\tau^y. \quad (5)$$

式中 $\Delta \xi$ 代表两岸的水位差。这两式任一式都可估算出流速。

对于东中国海南部, 由于主风向几乎沿着海的轴线吹刮, 这时对某些海区可假定 $\tau_y = 0$, 则上述方程便简化为:

$$\gamma Q + ghb \frac{\partial \xi}{\partial x} = b\tau^x, \quad (4)'$$

$$-fQ + ghb \frac{\partial \xi}{\partial y} = 0. \quad (5)'$$

取台湾海峡北部作为计算海区, x 轴朝北, y 轴朝西, 由 (5)' 式 b 取 130 公里, 而 $Q = bhU$, 于是, 季夏由图 3, $\Delta \xi = 15$ 厘米, U 约为 0.3 节; 冬季由图 2, $\Delta \xi = 10$ 厘米, U 约

为 0.2 节, 这一结果与实测资料相近. 对东海南部, 取 $b = 300$ 公里, 夏季 $\Delta\zeta = 20$ 厘米, U 约为 0.2 节, 除黑潮主干外, 这一量值与实测结果平均值基本一致. 同理可对 (4)' 式和其他海区作出估算.

由图 2、3 看出, 台湾海峡和东海南部, 水位等值线几乎与海岸平行, 因而 $\frac{\partial\zeta}{\partial x}$ 趋于零, 所以由 (4)' 式所决定的海流速度则是由地转偏向力来维持的. 总起来说, 水位的变化主要与季风流和地转效应有关.

四、几点结论

1. 中国近海的水位主要呈现出年周期变化的特点.

2. 中国近海水位的年较差渤海最大, 为 50—70 厘米, 其它海区除暹罗湾口外, 水位年较差一般随纬度降低而减小.

3. 水位变化出现最高值的时间, 渤海 7、8 月份, 向南逐次推迟, 一直到 12 月和 1 月份, 水位最低值出现的时间从渤海的 1 月向南推迟直到南海的 7、8 月份.

4. 引起东中国海水位季节变化的基本原因是季风、沿岸流系、大气静压效应, 而南中国海则以季风海流为主.

参 考 文 献

- (1) 陈宗镛, 潮汐学, 科学出版社, 1980, 204—209.
- (2) Nomitsu, T. and Okamoto, M., *Mem. Coll. Sci. Kyoto Univ. A*, 10(1927), 125—161.
- (3) Pattullo, J. et al., *Mar. Res.*, 14(1955), 1, 88—156.
- (4) Lisitzin, E., *Sea-Level changes*, Elsevier Sci. Publishing Company, 1974, 59—137.
- (5) Wyrski, K., *NAGA Report*, 2(1961), 117—120.
- (6) U.S. Navy, *Marine Climatic Atlas of the World 1977*, 1364—1367.