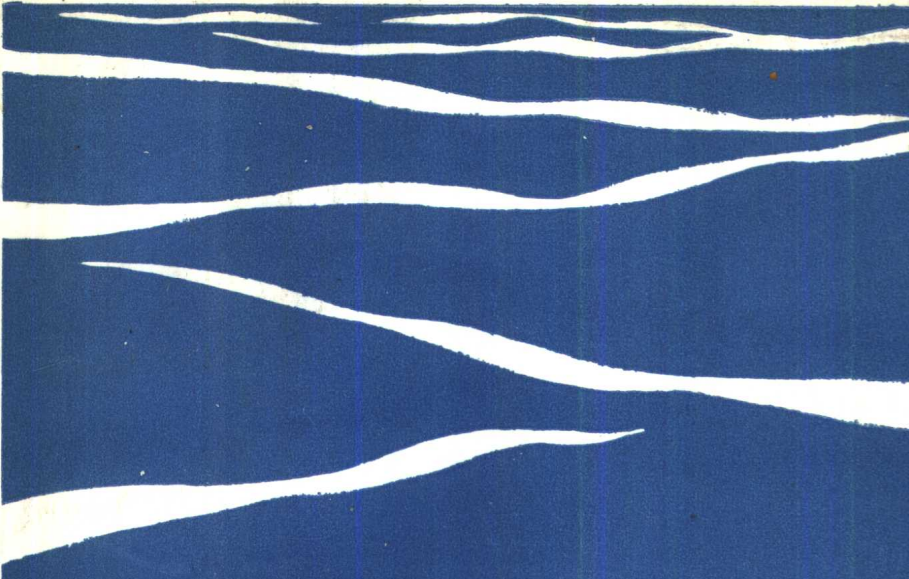




[苏] A. N. 沃兹涅辛斯基 主编

海洋出版社

海洋研究 与开发

内 容 简 介

本书为苏联《海洋开发技术》丛书的第一卷，共分四部分，由21篇文章组成。第一部分世界大洋研究与开发的一般问题，第二部分海洋研究方法，第三部分海洋矿物资源和生物资源的开发，第四部分深海开发。第一部分概述了海洋研究与开发的现状和趋势、国际合作问题、经济生态学和海水化学污染监测等问题。第二部分研究了宇宙海洋学问题及其前景及航空法、浮标、调查船、无线电电子设备在海洋研究中的应用。第三部分讨论了海洋资源经济开发的前途、开发中的技术、设备、工艺等诸问题。第四部分介绍了深海开发中载人潜水器和无人潜水器的发展前景及潜水专业人员的培养问题。

本书各篇文章的作者均为苏联在此领域的专家学者，在文章中均有详细介绍。

本书适于广大海洋科学技术管理工作人员阅读。

Проблемы исследования и освоения Мирового океана

海洋研究与开发

[苏]A.И.沃兹涅辛斯基 主编

吴国柱 盖明举 译

周 晓 校

海洋出版社出版 (北京市复兴门外大街)
新华书店北京发行所发行 人民印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 13 3/8 字数: 300千字

1984年4月第一版

1984年4月第一次印刷

印数: 1—3,000册

统一书号: 13193·0266 定价: 1.80 元

目 录

第一部分 世界大洋研究与开发的一般问题	(1)
世界大洋研究与开发的现状和趋势.....	(3)
世界大洋研究的国际合作.....	(32)
世界大洋开发的经济生态学问题.....	(47)
海水化学污染的监测.....	(76)
第二部分 海洋研究方法	(95)
宇宙海洋学问题及其前景.....	(97)
研究海洋和洋底的航空法.....	(123)
大洋涡旋.....	(155)
海洋浮标与浮标试验室.....	(173)
科学调查船.....	(196)
无线电电子设备在海洋开发与研究中的应用.....	(213)
第三部分 海洋矿物资源和生物资源的开发	(227)
海洋资源的经济开发.....	(229)
开采海底固体矿床的工艺和技术设备的制造问题	(247)
海上石油和天然气开发技术设备的建造方法.....	(265)
世界大洋的生物资源及其利用前景.....	(290)
发展海水养殖的技术情况.....	(301)
深海渔业的某些问题.....	(323)
第四部分 深海开发	(331)
无人潜水器的发展现状与远景.....	(333)
自动化综合技术设备的操纵系统.....	(355)

载人潜水器的现状和发展前景.....	(375)
潜水专业人员的培养问题.....	(395)
深海住人与生活保障系统.....	(410)

第一部分

世界大洋研究与开发

的一般问题

世界大洋研究与开发的现状和趋势

Л.М.布列霍夫斯基*

世界大洋的资源是极其丰富的，但并不是所谓无穷无尽的。由于世界人口在不断增长，陆地上的生物、矿物和其他资源的消耗日益加快，因此开发大洋中的资源就显得非常重要了。现在，我们地球上平均每个居民从大洋和其毗邻海域大约得到15公斤的生物。若能对大洋生物资源进行合理开发，所获得的这一生物量还可以增加。目前，世界上有五分之一的石油与天然气都是从近岸大陆架上开采的。大洋底的矿物资源非常丰富，只是当前尚未开发。海水中有70多种元素，包括铀与金。应该说，目前从海水中提取金是不大经济的，然而已经从海水中大量提取了镁、钾、溴等元素。

海洋的能源也是极为丰富的，当今还很少利用。

地球上居民呼吸的氧气有二分之一是由海洋上层的光合作用产生的。

在运输方面，海洋是极为重要的大动脉。几万艘运输船在大洋中航行，其运费每年计达数十亿卢布。

可以毫不夸张地说，海洋对地球上的天气起着决定性的

* 列奥尼特·玛克西莫维奇·布列霍夫斯基赫是苏联科学院院士、苏联科学院主席团委员、苏联科学院海洋、大气物理、地理学分院院士书记、《海洋学》杂志主编、海洋声学专家、水下声道发现人之一（1946年）、许多海洋调查（包括“多边形-70”）的领导人、马宁和国家奖金获得者、英国声学学会瑞利金质奖章获得者。

作用，比如，苏联大部分领土上的天气都是由经过大西洋和北冰洋的大气过程决定的。

在大洋的广阔洋面上，各个国家的几百艘科学调查船正在不停地活动。全世界有几万名科学工作者分别从海洋调查船上，从潜入大洋的调查潜艇上，从卫星和载人宇宙飞船的试验室上，日以继夜地注视着海洋，试图揭开海洋的秘密。为了解决许多比较复杂的问题，很多国家联合起来，共同试验。有时，在联合调查中有几十艘船只同时参加作业。

苏联海洋科学家正在与波兰、东德、保加利亚、英国、法国、美国的科学家一起执行一些共同的调查计划。尽管有了这样的调查计划，我们还应当承认，大洋有很多方面仍然是很神秘的。就是说，对海洋的研究目前还是很不够的。但是，在我们的面前，会逐渐出现越来越新的海洋知识。因此，已有的海洋方面的概念，如海水运动、洋底构造、生物体系的特征等，暂时都可以视为“一次近似”的知识。

研究世界大洋的有物理学家、地质学家、生物学家、化学家及其他许多专业的科学家。物理学家的任务是研究大洋中的动力过程，即从行星范围的大洋流到各种尺度的水团运动；研究大气与海洋的相互作用以及大洋的各种物理场——重力场、磁场、声场等。地质学家则不仅研究沿岸地带，也研究开阔大洋的洋底构造。这些问题对确定洋底矿物在沉积层中分布的规律性是十分必要的，对研究地球史和各个地质年代史的大陆与海洋的构造等，都是很有价值的。

生物学家研究大洋中生命在各发展阶段的规律，研究海洋生物结构的各个环节的相互作用，以及确定最为合理的利用生物资源的方法。

化学家与生物学家一起研究大洋中水的化学成分，特别重视如何防止海洋污染。

下面我们讨论世界大洋研究的主要方向、当代大洋研究的战略与现今的研究方法。

1. 大洋的天气式变化

大洋涡旋

在大洋动力学研究，即大洋水团运动的研究方面，有了某些新的发现。大约十五年前，苏联学者发现了大西洋次表层赤道逆流。这是一股在水深300—500米处、宽为数百公里的强大水流，它沿着赤道由西向东流动，流的方向与表层水流流向相反。一年以后，苏联科学家在印度洋也发现了类似的逆流，取名为塔列耶夫流。现在确定，在太平洋也有赤道逆流。它最初是由美国科学家发现的，叫做克伦威尔潜流。

1970年苏联科学家在大西洋进行的“多边形-70”试验中，有了杰出的发现。这次实验的目的，是在认为海流比较稳定的区域内阐明海流的稳定性。为此，选定了北信风流区和海底比较平坦的区域。这是第一次在较大的范围内采用多边形试验场的研究方法（该方法在第九篇文章中有详细叙述）。科学家们将面积为 200×200 平方公里的水域，划定为研究试验场，在试验场中布设了由17个浮标站组成的巨大的十字形海洋“天线”。每一个浮标站在各不同的水层上都装有测流和测温的仪器。这一实验持续了半年之久。海流的性质与过去想象的和在所有海图上标示的毫无相同之处，这一问题在最初的几周就弄清楚了。此外，还成功地查清了有数百公里的巨大涡旋通过试验场地。这类涡旋在一定的意义上

与大气中的气旋和反气旋相似。水团进入涡旋的速度为15—20厘米/秒。涡旋向西部的运动速度(具有不大的南向分量)约为4厘米/秒。实际上, 涡旋运动分布在大洋的整个水层。¹⁾

几年以后, 1973年美国科学家在马尾藻海做过一次类似的试验。研究了从500米水深到海底水层内的海流。这一试验叫做МОДЕ-1(中大洋动力学试验)。在试验中也采用了“多边形-70”试验时所用的方法。但同时还应用了中性声学浮标。这种浮标(详见第九篇文章)在预定的深度上随水团一起运动并用声信号报告浮标所在的位置。

这一试验和其他试验的结果证明, 实际上, 在大洋中到处都有由各种作用力产生的涡旋运动, 甚至在北冰洋的冰层之下也有涡旋运动。当然, 在北冰洋冰层下面的涡旋尺度要小一些(约有50公里)。靠近南极水域也能遇到这种涡旋。很显然, 在很多水域, 涡旋运动的动能要比大家已经熟悉的海流的动能大几十倍, 有时甚至大到几百倍。

卓有成效的大洋涡旋研究计划已经在国际的 ПОЛИМ-ОДЕ(扩大的洋中动力学实验)试验过程中实现了。这一试验的名称是由“ПОЛИГОН”的前几个字母和美国МОДЕ试验的名称组合而成的, 这种表示比较准确地反映了实验的实质。苏美联合试验的目的, 在于解释大洋涡旋是如何发生的, 它们是如何相互作用的, 涡旋与相邻的洋流又是如何作用的以及涡旋的最终命运等问题。已经查明, 至少存在

1) 大西洋热带区域试验场的水文物理试验。П.М.布列霍夫斯基赫, М.Н.柯舍列克夫, К.Н.费多罗夫, П.М.福明, А.Д.雅姆鲍里斯基——苏联科学院报告, 1971年, 198卷, 第6期, 1434—1437页。

两种涡旋。第一种涡旋，就是所谓环形流，产生在大洋，因湾流的蛇曲形成的。这种环形流在大洋中独立地向前移动，大约能持续两三年之久，然后再汇入湾流。每年大约生成五个环形流。因而，每年在一定时间内约有15个环形流在大西洋中“漫游”。第二种涡旋（自由涡旋）是由于水团运动的不稳定性产生的，或象海洋学家所说的，是由斜压不稳定性引起的。这种涡旋与环形流相比，是具有另一种结构的涡旋。涡旋中的温度差和流的涡速表现得很不明显。

2. 海洋中的波浪运动

研究人员极为重视海洋中各种不同的波动过程。我们所要研究的只是机械性质的过程，而不是讨论海洋中电磁波的传播。在机械性质的波动中，声波频率范围最宽、传播速度最大。声波的传播速度约为5400公里/小时。低频声波衰减得特别慢，甚至可以穿越广阔的太平洋。当然，横穿太平洋需要两个多小时。周期为1秒的低频声波（这种声音人的耳朵是听不到的，故叫做次声波）是由水下火山爆发和水下地震产生的。根据这种声波可以判断出海啸的远近。（关于声波问题，下面还要详细叙述。）

在开阔大洋上，所出现的海啸是由水下地震或水下火山爆发引起的，不会造成灾害。当逐渐接近岸边和进入浅水区时，海啸就会变得越来越陡。这种浪冲上岸后，可以越过沿岸数米高的墙壁，造成巨大的破坏力。科学家们不仅努力研究海啸本身，而且还在探索预报海啸的方法。在危害地区，已经摸索到了两种预报方法：连续记录地震波法和监测海面水位法。在地震或火山爆发时，也会产生低频声波，这种声

波的传播速度要比海啸大很多倍。在海啸能够接近的岸边装设专用仪器——水听器，当接收到地震时的低频声波时，就可以预报将要到达的海啸。

海啸在开阔大洋上的传播规律是很有意思的。科学院院士玛·阿·拉夫林节夫确认，水下的山脊可以做为海啸的特殊波导，海啸沿着这种波导可传播较远的距离而不减弱。

每当提到大洋波浪时，首先就想到大洋表面的波动。研究表面波的工作开始得比较早，因为掌握表面波的规律，对航海和造船业是很重要的。

然而到目前为止，还远未揭开表面波的所有奥秘，特别是还没有建立起一种能够精确描述表面波在风力作用下的生成和发展状况的理论。其困难之处，就在于波浪本身能够改变风场的特性。目前，对表面波的时空谱的实验研究还很差。

有着实际价值的是各种不同周期的表面波，其周期由零点几秒（表面张力波）到几十秒。研究开阔大洋表面波的复杂性在于不易找到测量表面波参数的固定基面。各种测量仪器往往都是安装在船上，而船本身又随着波浪浮动。因此，记录下的测量结果是波浪和船只在波浪上运动的总效应。现有的可携带式仪器是一种安置得离船较远的测波仪。当然，用这种仪器取得的表面波空间特性方面的资料还是很少的。

近年来，用人造地球卫星研究波浪的方法，正在不断地发展，展现着研究波浪的极好远景。

大洋表面有时非常平静和安宁，但这并不意味着在大洋深处没有任何运动。在大洋深层的内波是狂涌的，其范围可达数百米。当然，“狂涌”一词在此并不十分确切，因为内

波是比较缓慢的，其周期经测定为几十分钟至数小时。但这并不影响会出现不祥之兆。曾有推测，美国“特列谢尔”号潜艇就是遇到内波后沉没的。

内波在某种程度上与表面波相似。实际上，水面就是水和空气间的界面，即密度不同的两种介质的界面。在大洋中存在着密度不同的水层，尽管各水层之间的密度差并不大。现已提出了这两个分层间的界面问题。在静态下，界面就象水面一样，是水平的。假定由于某种原因使密度大的水层上升，界面就会象驼峰一样凸起。然后，在重力的作用下，它会下沉。这样，所产生的扰动将向四面八方扩展开来，这就是内波。按其性质来说，内波比表面波复杂些。内波不仅象表面波那样在水平方向上运动，而且也可在垂直方向上，甚至在与海面成任一倾角的方向上运动。很明显，这种波浪实际上不论在什么地方都有。但是，内波的主要波源是什么呢？它们之间有什么关系？它与表面波、湍流之间是如何相互作用的？它的能量最终消耗在哪里等，这些问题至今还是不清楚的。

另一类型的大洋波——罗斯贝波。这种波的周期最大，约有1.5—2个月。罗斯贝波的波长从几十公里到几百公里不等，它由东向西以每秒几厘米的速度缓慢移动，并扩展到大洋的整个水层。值得注意的是，它的能量输送的方向与波的传播方向相反。这种波最初是在大气中发现的，一般都叫做罗斯贝-布利诺娃²⁾波。

据推测，在“多边形-70”试验中发现的大洋涡旋系统

2) 苏联科学院通讯院士E.H.布利诺娃最早建立了这种波的较为全面的理论。

就是罗斯贝波的系统。在罗斯贝波中，水质点运动的方向几乎是绝对水平的。在所谓正压罗斯贝波中，从表面到海底的整个水团都是以同样的速度运动的。但是，“斜压”罗斯贝波却大不相同，它的特点是运动速度随深度不同而有变化。

3. 大洋水体的小尺度结构

大洋不断地吸收太阳能和风能，同时把这种能转换成海流、涡旋、内波和表面波的能。因此，就产生了这样的问题，即这些运动的能量都消耗到哪里去了呢？正象科学家所说的那样，能量究竟聚集在何处呢？很明显，太阳能和风能以大尺度的形式转入海洋，而海洋将能量最终转变成热，这都是在小尺度的不均匀水层中发生的。首先是小尺度涡流（特有的尺度为毫米）区。此外，大洋水的小尺度结构还影响其他许多过程，特别是声波和光波的传播。因此，这种结构的研究受到了重视。

只是在最近，科学家和工程师们研制成功一种较为灵敏的、分辨力达到小于毫米的探测器之后，才能研究大洋水体的小尺度或薄结构的形成。使用这种探测仪可以详细地研究温度与深度的关系。从前有人认为，温、盐随深度的变化是很均匀的，而对实验中得到的非均匀性变化，只单纯地认为是由于仪器的不完善造成的。当仪器完善之后，却发现温度和盐度随深度变化的现象突出地显示出来了：在某些薄水层内（水层的厚度从几十厘米到几十米）温度和盐度是一个常值，但从一个水层过渡到另一个水层时，则变化较快，几乎是跃变的。

因此，大洋就好象一个很大的“千层饼”。

当前，研究人员已经研制成一种分辨力较高的仪器，以供测量大洋中各种水平流的垂直结构。至于提到洋流，则利用上述仪器就可发现，在某些水层中的海流差不多也是定常的，而在各水层界面过渡时则变化比较大。这就是所说的大洋流的薄结构。

这种薄水层的水平长度可达几十公里。一些地区的薄结构能够持续几昼夜而不发生变化。就是说，调查人员在几昼夜间可多次测量温度与深度的关系，其每次测量结果都是相同的。

那么，大洋中这种不寻常的特殊薄结构是怎样产生的呢？目前还没有任何人确切地知道。但是有一点是清楚的：薄结构对整个大洋的动力起着非常重要的作用。此外，大洋的薄结构还能引起一系列特殊现象。比如，在几乎是均匀水层的界面上，有高频内波传播，其周期为几十秒甚至几十分钟。在这以前，谁也没能预料到这样高频率的内波能够在大洋中传播。

无疑，薄结构也会影响到低级生物在大洋中的生长。各种类型的浮游生物和细菌就可能停留在有密度跃变的水层界面上。并且就象过去所想象的那样，现在存在密度跃变的不只是一层（所谓液体海底），而是上百层。

4. 海洋与大气的相互作用

地球的天气与气候

照射到我们星球的大多数太阳能量主要落到了大洋的热带区域。在这一区域，太阳能被厚度为10—20米的上层水吸收。然后，部分能量以热的形式被海流带走，部分能量则由

洋面散发到大气中去。转换的机制是这样的：水从洋面蒸发，以蒸汽的形式上升到空中，在较冷的大气层中凝结。这时，释放出凝结潜热，这种潜热再使大气增温。由于在不同的地理纬度上加热的程度不等，就生成了风，而风首先要吹动大洋的表层水，等等。这样，在海洋和大气之间就出现了连续不断的动力学关系。此外，大气与海洋还有物质和动量形式的交换。

大家知道，大洋状态基本上可以决定大陆上的天气。但是，现在还没有能够确切地知道，在考虑大洋影响的情况下，如何才能预测一个月或几个月以后的天气。在解决全人类所关注的这一重大课题中，很多国家的科学家正在齐心协力地制定一项庞大的ЛИГАЛ（全球大气研究国际科学计划）。

按照这项计划，1974年在大西洋热带区域，首次进行了较大的试验。参加这次试验的有各个国家的近40艘船（苏联有13艘）及飞机和人造卫星。

这次实验获得了大洋水深和大气整个状况的大量资料，目前还没有完全整理出来。但就初步成果来看，是非常有价值的。这些成果表明了大气与海洋的关系，大洋在天气形成中的作用³⁾。现已发现，在大气上层有准两年的循环现象，并且详细地研究了它对天气的影响。还确定了罗蒙诺索夫次表层流并不是稳定的。在水流主流中有一些长约1500公里的波浪急驰而过。这种浪的波形，就象我们抖动绳子的一端，

3) 有意思的是，在制定全球大气研究计划时，气象学家并没有吸收海洋学家参与这项工作，但是几年以后就认识到：如果不详细地研究大洋状况，就不可能解决所提出的问题。

使绳子成波状运动一样。尽管成果丰硕，但是我们没有局限于热带区域的研究。在极区，海洋的能量也大量地传送到大气中去。这一过程同样对天气产生巨大的影响。因此，苏联科学家已经完成了全球大气研究计划中的两项分计划，即北极试验和南极试验计划⁴⁾。

这两项分计划的任务就是要解释热量是怎样由赤道区域进入两个极区的。过去曾经认为，热能是经大气输送的。现在的解释是，大量的热能（可能有将近一半）是由洋流输送的。

1976年的实验，主要由苏联国家水文气象和自然环境监测委员会的一些机构主持，参加试验的有十艘科学考察船、两架试验飞机和约90个地面高空气象站。试验地区为北欧水域和太平洋北部。通过调查研究确定，大量热能是随洋流输入北部区域的，随后进一步确定了洋流的含热量是否每年都有变化的问题。过去曾认为，洋流的位置大致是稳定的，其含热量几乎是不变的，但是试验证明，洋流在很大程度上是变化的，因此也就增加了长期天气预报的困难。

在南极地区，研究世界大洋中最强大的南极绕极流有着极其重大的意义。绕极流的宽度约为2000公里，输送的水量比湾流大10倍。在1975—1976年的联合试验中，苏美两国科学家进一步查清了这一海流的强度：该洋流每年约输送300万立方公里的水体⁵⁾。

尽管在极区域和热带区域进行了广泛的试验，但离解

4) 特列斯尼柯夫A.Φ.极地区域调查的主要成果（“极地试验”计划）
——苏联海洋学家第一届代表大会报告，1977年6月。

5) 地球上所有河流的年径流量约为4万立方公里。