

海洋浮游生物調查方法的标准化

B. Г. 波戈罗夫

(苏联科学院海洋研究所)

在各国日益發展的海洋浮游生物的調查工作中应用了很多不同的采集和处理材料的方法。在給各国浮游生物学家們的大量功績以适当评价时,不可避免地注意到,調查方法上的分歧往往使所得到的結果不能相互比較。在很多問題方面我們不能來比較数字,忽略了比較法在浮游生物量的分布研究和吃浮游生物魚类的营养研究中的全部作用。可以作比較用的数字資料的获得,对于很多重要漁获物的餌料基础所可能有的变化的預报工作也是很重要的。所指出的这一切問題是如此的明显,以致于必須商討一下浮游生物的采集和处理方法的标准化問題¹⁾。特別是鑒于,在进行国际地球物理年的时候,将要在大洋的不同区域和生物調查站实现的浮游生物調查的巨大發展。

在苏联, B. A. ЯШНОВ 1934年曾經作过海洋浮游生物定量調查方法的介紹。本文的目的不在于叙述全部的或很多的方法,而是要根据个人多年的經驗和其他学者的工作来提出一些建議(參看 B. Г. Борогов, 1947)。

本文的一些建議与 H. Thomson(1950)不久以前的一篇报告不同,因为他沒有顧及到浮游生物定量調查的問題。同样地,本文的一些建議也不同于1954年1—2月印度太平洋协会第五次會議所通过的建議。

一、在定量材料采集方面的一些建議

1. 小型浮游生物的采集

用网料很密的网来取小型浮游生物样品是决不能推荐的,因为这些很密的网滤水不好,而且,即使慢慢地提升它,它也实际上变成了一个盛水桶。在提升上来的时候,这样的网只过滤了部分的水,而样品是不适于定量計数用的。为了避免这些缺点,必須从一定水層取小型浮游生物水样,然后用沉积或过滤准确体积水样的方法来得到可以决定生物数量和它們的生物量的材料。

由于在同样体积水中浮游植物和浮游动物量的差别,浮游植物和浮游动物材料的采集應該用不同的工具来进用。如果浮游植物材料的采集一般取1升就够了,那么,浮

1) 标准化方法的建議不應該限制創造性思想,也不應該限制对現有方法的批判比較,包括本文所建議的方法在內。

游动物材料的采集就需要 25—50 升。

1) 浮游植物材料的采集

沉积样品用的水以普通水文学用的采水器来取得 (П. И. Усачёв, 1936)。在北方区域 1 升水就够了,而在热带区域则必需 3 升。将水样用中性福馬林 (2%) 固定,并且倒入高瓶中静置沉积。

在船上静置沉积水样要 7 天,而在陆地上的实验室中只要 5 天。用细玻璃虹吸管将水吸出。虹吸管放入水中的一端有向上弯曲的头,高于底部 3—4 厘米。虹吸管出口部分终于一细管,这样防止水流太快和沉积物搅浑。此外就没有必要来用纱布封盖虹吸管。以后,将浮游生物从沉积用的大瓶中倒入小瓶。水样采自 0, 5, 10, 25, 50, 75, 100, 200 和 300 米水层。最好在 150 米, 250 米和温跃层及其上下也同时采取¹⁾。

还可以用通过细密过滤膜过滤水样的方法来选取浮游植物。这个方法必然会在冲洗滤器上的沉积物时损失一些数量的生物。同时,如像离心法一样,它很限制过滤大量水的可能性。正如手册中所指明的 (Н. И. Усачёв, 1936), 用过滤膜过滤的方法被推荐用在活的生物的工作中,特别是用在那些容易在固定时被破坏的种类 (小鞭毛虫, 微孢藻及其他纤弱的类型)。

2) 小型浮游动物的采集

小型浮游动物 (大小到 1 毫米) 的定量采集须要用容积 25 或 50 升的网制的浮游生物采集器来进行 (В. Г. Богоров, 1940)。见图 1 和图 2。用没有网制的壁的工具来从这样多体积的水中采取小型浮游生物是非常困难的。网制的浮游生物采集器把已经滤好的浮游生物样品带到甲板上来。浮游生物采集器可以是单独的或是连续的。材料用每厘米 50—60 孔的细密筛绢。浮游生物采集器的构造示于图 1 和图 2 中。当小型浮游生物数量相当多时,有 25 升的浮游生物采集器就完全够了,当浮游生物稀少的时候,需要用 50 升的采集器。在计算体积的时候,应该计入容纳在采集器的盖、底和壁以内的水的体积。采集器的直径为 30 或 35 厘米。柱子和网筒的长度依所选定的容积来决定。用浮游生物采集器采集 0, 10, 25, 50, 75, 100, (150), 200, (250), 300 米以及,在有必要时,更深的水层 (500, 1000, 3000 米) 的样品。最好在温跃层及其上下也采取。

2. 中型浮游生物的采集

为了在北方和北极区采集平均大小达 5—10 毫米的浮游生物,可以推荐 Juday 闭锁网 (Ch. Juday, 1916)。在与其他结构的网作捕获性能比较时,这种网通常给予较好的结果。海洋工作用的 Juday 网的尺寸如下:上面入水口的直径 37 厘米 (面积 0.1 平方米),中圈 50 厘米。上面锥部长 (边长)——120 厘米,由结实的麻布或细的帆布做成。

1) 将来最好改为按与水团分布有关的水层用全部工具采取。利用在各站进行工作中很快地得到的水温记录来取得这样的资料。向这一个方法的转换,在得到国际范围内的适当了解以后,可能会实现。

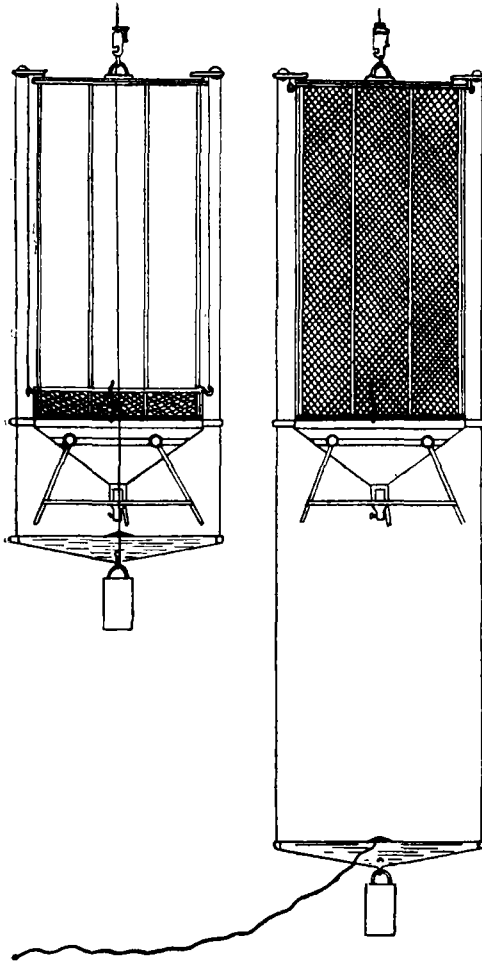


圖1 Boropov 浮游生物采集器
左——开放时,右——关闭时。

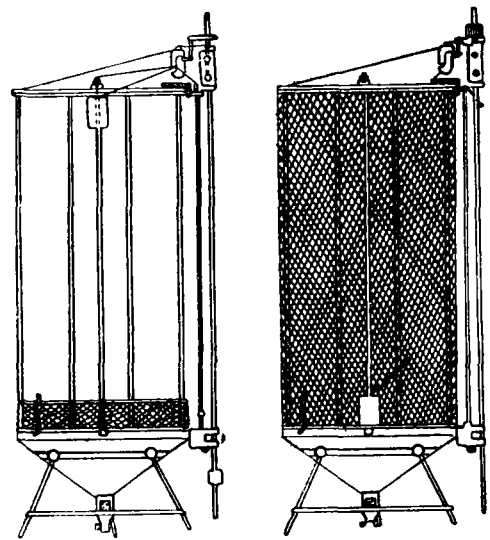


圖2 連續的 Boropov 浮游生物采集器
左——开放时,右——关闭时。

下面过滤錐部长度有 150 厘米,由每 1 厘米 38 孔的篩絹做成。

由于在热带大洋海水中浮游生物很少,必須采用入水口較大的网。在这种情况下,最好把 Juday 网的比例作一些修改。这个网应该有 80 厘米直徑的入水口(即 0.5 平方米面积)。上面的非过滤錐部边长 160 厘米,网制錐部边长 370 厘米。网料每 1 厘米 38 网孔。

用 Juday 网或改良的 Juday 网按層次采取全水柱的样品: 0—10, 10—25, 25—50, 50—100, 100—200, 200—300, 300—500 米(或 200—500 米)以及,在有必要时,也采更深的水層。

在最近一些年代中,很多的材料,特别是在南極区,是由英国的学者們用 Discovery 网采得的(S. Kemp, A. C. Hardy 和 N. A. Mackintosh, 1929)。这种 Discovery

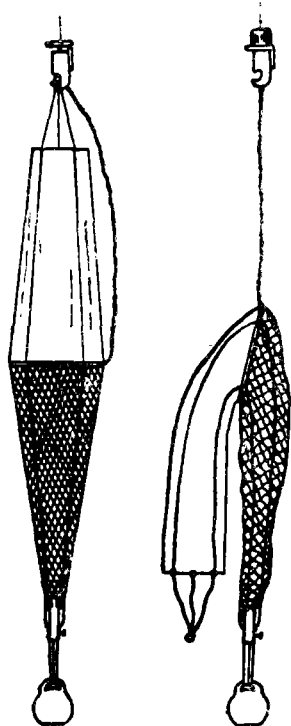


圖3 Juday 网
开放的和关闭的。

网接近于 Nansen 网的类型，以后改变了一些并且获得了国际网或标准网的名称。所有这三种相近类型的网有共同的缺点，在闭网时网向下落并同时冲洗出一部分的捕获物 (H. Barnes, 1949; S. Nishizawa 和 U. Anzaku, 1956)。此外，与 Juday 网比较，这些网的动水力学指数较差 (H. H. Сысов, 1956)。曾经观察到有许多生物通过网上端部分的大网孔自由地游出去。无论如何，Nansen 网与 Juday 网捕获性能的比较证明 (M. A. Виркетие, 1934; E. B. Куликова, 1954)，在计算每立方米水中浮游生物数量时，Juday 网所给的生物数目比 Nansen 网多约一倍。我个人在比较这两种网时也得到相同的结论。这些事实使得苏联的浮游生物学家主要地采用了 Juday 网。用这样的网所采得的材料较好地反映海中浮游生物真正的数量。

3. 大型浮游生物材料的采集

对于大的浮游生物、鱼卵和仔鱼必须用比 Juday 网有更大直径和更大网孔的网。由于希望利用 Juday 网结构的优良特点，并且根据 T. C. Расс 和 B. Г. Богоров 的建议来将这些网的动水力学特性稍加改进 (参阅 Куликова, 1954)，网的比例被改变了，使中间的大环位于网的全长的前三分之一。这样，缩小了上端非过滤麻布锥部的长度，从而减轻了用长网的工作。

这样的近代化了的网可以有两种类型——小型的和大型的：

小型的样式进水口直径 80 厘米 (即 0.5 平方米面积)，中圈直径 113 厘米，麻布的非过滤锥部的边长 140 厘米，网制锥部边长 280 厘米。

大型的样式进水口直径 113 厘米 (即 1 平方米面积)，中圈直径 140 厘米，麻布锥部的边长 160 厘米，网制锥部边长 350 厘米。

用每厘米 14 网孔的筛绢 (以及 Перлон 或其它用人造纤维织的料子) 做网制锥部。最低限度采集 0—100 米一个样品。在有分层采集的可能性时：0—50, 50—100, 100—200, 200—500, 500—1000 或更超过 1000 米¹⁾。

4. 在航行着的船上工作

在航行着的船上可以从表层水采集浮游生物的定量样品，这个工作所用的是船上

1) 在用全部网分层水平拖取时，量水计的使用是非常重要的 (G. L. Clarke 和 D. T. Bumpus, 1934 及其它作者)。

的抽水机，在它的出水管上按装水表（圖 4）。过滤工作使用細密篩絹所做的小网。带有水表的船上抽水机的使用不受天气和航行条件的制約，运用簡便。我們的經驗証明，在航行于流冰中时也可以广泛地采用这个方法，在这里一般地不能应用拖在水中的工具。这个方法的缺点是大型浮游生物的捕获量低，而材料的采集仅能在表層进行（依赖于船的吃水深度）。

在航行着的船上沉积船边所取得的水可以采集到小型浮游生物的定量样品。

5. 浮游植物昼夜生产量材料的收集

在研究初級生产量的实际工作中最广泛采用的有两个方法。一个是借助于計算含氧量的变化 (G. A. Riley, 1938; H. W. Harvey, 1945)，另一个是利用 C^{14} (Steeman-Nielsen, 1952)。每一个方法都有其优点。必需最快地协商决定选择那一个方法作为在即将来临的国际地球物理年世界海洋广阔調查中取得大量材料的标准。同时也必需很快地进行两个方法的比較研究，以求得对每一个方法的估价并且求得換算的(比較的)系数。

1957 年 1 月 7 日在苏联科学院海洋研究所曾进行了关于海洋初級生产量研究方法的专门會議。

这个會議的参加者有：Г. Г. Винберг, С. И. Кузнецов, П. И. Усачёв, А. П. Щербаков, Ю. И. Сорокин, Г. И. Семіна, О. И. Кобленчмишке 和 В. Г. Богоров。

討論的結果曾經确定用氧来测定初級生产量的方法最接近于既定的目的。这个方法給予可能性来分別地估計海洋生物学上的三个重要的量：“淨生产量”，“总生产量”和呼吸。Steeman-Nielsen 所提出的对于氧方法的反对意見應該被認為是沒有根据的。然而，由于这个方法的灵敏度低，它的应用并非总是可能的。氧方法的低灵敏度使得我們不可能在低生产力水中来利用它或者迫使得我們用很长期的曝光。很长期的曝光在两点理由上是不适当的。首先，玻瓶內的藻类的正常生命活动力被破坏了。长期的曝光同时还遇到許多組織上的困难。在綜合調查中，在保持光照和温度自然条件的海水水層中安置玻瓶曝光所必需的专门的昼夜調查站是很难实行的。

同位素方法所测定的数量，在其大小方面，占有“总生产量”和“淨生产量”間的一个中間位置。它是总生产量的一部分，在不同情况下有不等的差异。它依赖于进行曝光的长短和条件，同时也依赖于藻类的生理状态。用同位素方法单独地测定呼吸是不可能的。

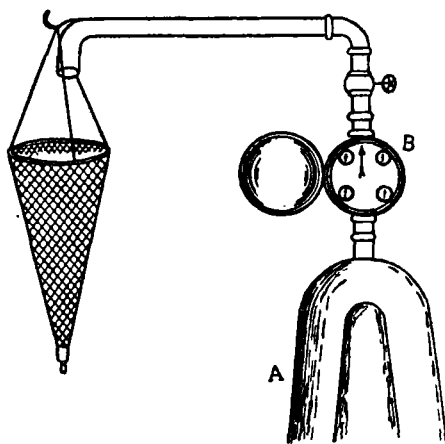


圖 4 在船上抽水机上的浮游生物采集装置 A. 抽水机; B. 水表

同位素方法的主要优点在于它的高灵敏度。同位素方法的高灵敏度容許被用于短期曝光,因而給予可能性来在热带和其它浮游植物数量少的水中应用这个方法并且摆脱很多組織上的困难。这个方法的优点还有操作容易,和测定迅速。由于上述各点,在将来必須进行用同位素方法大量地收集材料,但是,在所有可能的情况下,必須在各地同时进行用氧方法来测定初級生产量,以便取得可以比較的材料。

标准人工光照的应用 (Steeman-Nielsen 以为加大了結果的可比較性)不能达到目的而仅仅引起过度的复杂化。Steeman-Nielsen 根据在热带四个站的结果所得到的方程式对于其它緯度未必是可靠的。更难設想用标准光照所得的结果比在船面上自然光照条件中曝光所得的结果更适于作比較一些。大概,重大的錯誤是由这样的事实引起的,即藻类能够适应于它們所習慣的光照条件。选来为热带浮游植物所用的标准光照对于温带的居住者显得太强了,并且可能抑制它們的光合作用。如果选择較小强度的光照,它对于热带的居住者显得太弱了。在从一个緯度轉移到另一个緯度的时候改变光照强度是毫無意义的,因为那样就失去了所得結果的任何可比較性。所以,当沒有可能將玻璃瓶在自然水層中曝光时,很容易在船舷上的水族箱中(水桶亦可)进行曝光,箱的側壁塗成白色。必須照料水族箱中水的温度。

现今在海洋調查中,苏联科学家暂时还只用氧方法。因而在本文中可以介紹它。

用黑瓶和透明瓶的氧方法¹⁾。

在早晨黎明以前用水桶在表層以下(船航行时)或用采水器自 0, 10, 25, 35, 50, 75 和 100 米水層(在調查站上)采取水样。从每一个水样中取水装满三个 150—200 厘米容积的透明玻璃的磨玻塞玻璃瓶 (A, B 和 C)。瓶 A 供测定原始的含氧量(用 Winkler 方法)。其中的氧立刻测定。第二瓶 B 用黑色不透光的紙包封并放在黑布袋中。瓶 C 維持原样不加遮光。将瓶 B 和 C 浸入盛有船边海水的水族箱中或(在長時間調查站上)悬挂在海中原来取水的同一深度。水族箱放在甲板上空曠的地方并且在其中保持与海中水温相近的温度。必須注意,在甲板上曝光所得到的数字由于光照强度較大而稍高。这个数字的增高在从深層所取水样曝光时特别地加大了。在实验进行一昼夜以后,取出玻璃瓶 B 和 C 并进行固定其中的氧。

在曝光以后,瓶 B 和 C 中的含氧量較原始的 A 有改变;在 B 瓶中氧减少,而在 C 瓶中一般地是增加(在低生产量的区域它也减少,不过不像 B 瓶减少的那样多)。以 a 代表原始的含氧量, b 代表黑瓶中最后的含氧量,而 c 代表透明瓶中最后的含氧量。在这样的情况下, $a-b$ 的差表明一昼夜中生物呼吸和有机物分解所消耗的氧;知道 $c-a$ 的差可以計标出淨生产量的数量 (net production, H. W. Harvey, 1948);根据 $c-b$ 的差可以判断总生产量 (gross production)。必須注意,这些数字稍高一些,因为沒有估計到

1) 关于研究初級生产量氧方法的这一段是 O. И. Кобленц-Мишке 所写的。

动物的呼吸作用。

为了修正在光照下和黑暗中的呼吸差异，还可以在实验中加入一个透明瓶。这个瓶中氧的固定在设置实验那一天的日没时进行。

浮游植物生产量的测定最好重复进行二三次。

二、在处理材料方面的建议

为了得到可比較的定量資料，划一处理材料方法的必要性也和采集方法和网具的划一同样重大。

联系到整个先进漁業所摆在科学面前的問題，特别是为着預报的目的以及查明生命層中生活物質的数量和变化的必要性，最好的表明量的方法是用重量。魚类資源按重量測定，底栖生物和吃底栖生物魚类的营养按重量測定，同样地，也按重量測定浮游生物的量 and 吃浮游生物魚类的营养。做到这个是相当不容易的。因而，在許多国家中宁肯局限于測定样品中所遇到的不同种类生物的个体数目。也有調查整个样品的体积或重量。同时至多指出个别的生物的数量。时常用“多”“少”等形式給予主观的估計。

現在，必須根据浮游生物生物量这样来进行量的研究，以便于闡明不同組成成分在总生物量中的量的意义或吃浮游生物的生物的食物状况(浮游生物的消耗)。也許測定整个样品的重量是不很难的，然而，直接秤量一定样品中各种小型或中型浮游生物則是实际上不能實現的。必須找到間接的解決問題的方法。

这样的方法是利用一定种类的平均重量以及用这些材料作为自个体数量換算为重量的系数。結果，我們得到整个样品中全部种类的重量的总和得到整个浮游生物样品的重量。这样一来，我們就得到了整个样品在重量方面的資料以及各种浮游生物在生物量中的作用。进一步更不难做到換算成每立方米內的量。同样地，这也关系到吃浮游生物的生物的食物研究。知道了这个种类浮游生物的平均重量，可以很容易地按吞食了的生物的量來測定食物团的重量以及其各个組成部分的重量的。因为两方面的研究：(a) 水体中的浮游生物和 (b) 作为食物的浮游生物是借助于同一个系数(浮游生物的平均重量)决定的，所以就可能來比較它們(詳閱 В. Г. Богоров, 1934 a-b)。

測定浮游生物重量的企圖很早就知道了。V. Hensen(1887) 曾給有一些有关海洋浮游动物的資料。C. Apstein(1896) 也引用了一些淡水浮游生物代表的重量測定。为了另一目的，A. П. Виноградов(1927) 指出了用平均重量來描述每一个种的必要性。然而，这些企圖都不是有系統的并且沒有被当作是研究全部浮游生物重量(生物量)的方法。

Z. Nakai(1942)在他关于日本海浮游生物化学組成，体积，重量和大小的測定工作中带来了很有兴趣的材料。

在技术方面,测定浮游生物平均重量的表面上的困难是完全可克服的。这些测定的突出优点就是有可能,在测定了一定水体中的浮游生物重量以后,应用所得到的大小作为不同调查中用的系数(标准重量)。采纳了所作的这个建议,就开辟了用完全新的概念来研究不同组成部分在整个浮游生物生物量中的意义的可能性。在用个体数量或出现频率的一些方法研究浮游生物或鱼类营养时,关于一定组成部分“主导”作用的结论的缺点可以很明显地从下列白海鲱鱼营养的例子中表明(B. Г. Боробов, 1934 b)。

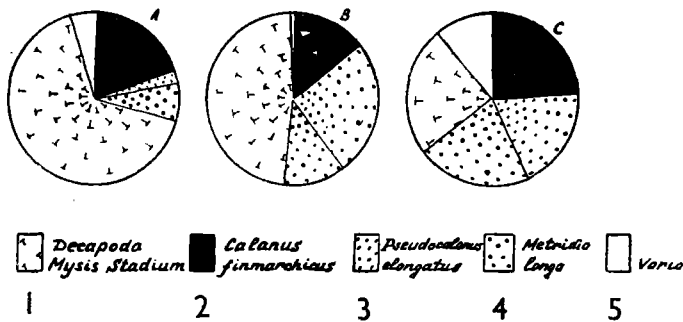


圖5 鲱魚营养中不同食物成分的重要性(自白海)

A—以重量表示, B—以有机体数目表示, 及 C—以出现频率表示。

1. 糠虾期幼虫 2. 桡足类 *Calanus finmarchicus* 3. 桡足类 *Pseudocalanus elongatus* 4. 桡足类 *Metridia longa* 5. 其它。

引用于圖5中的是个体数量,出现频率和按重量的几个方法的比较。在比较 *Pseudocalanus elongatus* 和 *Metridia longa* 个体数量和出现频率时所得到的结果是:按出现频率 *Metridia longa* 比 *Pseudocalanus elongatus* 有较重要的意义,而按个体数目 *Pseudocalanus elongatus* 胜过 *Metridia longa*。这个例子的进一步分析表明,这个样品中个体数目很不同的 *Calanus finmarchicus*、*Pseudocalanus elongatus*、*Metridia longa* 和十足目的糠虾期幼虫,根据出现频率,在图中占有几乎相同的扇形,因而就是同样地“主导”生物。但是,十分明显的,对于鱼的营养和浮游生物生物量的消耗,所有这些组成成分的作用是很不同的,这一点我们在根据生物量所作的图上见到。同样的,个体数目也不能完全判定一定的组成成分对于鱼类营养的意义,正如我们所见,根据个体数目 *Pseudocalanus elongatus* 有很大的扇形,比糠虾期幼虫小不许多,比 *Calanus finmarchicus* 大,然而根据生物量则正相反——*Pseudocalanus elongatus* 的扇形比 *Calanus finmarchicus* 小得多,比糠虾期幼虫则更小。

所引用的例子也可适用于浮游生物研究。以很大数量出现的小型生物,虽然在物质的量(生物量)方面它们可能毫无意义,却窃居了“主导”地位。在测定出现频率时,经常出现的种类,尽管它们的量不大也可能走上首要的位置。

生物的成体和发育阶段的平均重量都同样地必须测定。对于大的浮游生物按长度

組測定重量¹⁾。

在理想中，秤重應該用活材料来进行，但是这样做法实际上有很多困难，因此，可以秤固定了的材料来代替。为了这个工作，利用4%福馬林所固定的浮游生物。酒精固定对不同浮游生物有不同的影响并且得出不能相比較的一些結果。

1. 湿重——表面多余液体被除去以后的生物的重量。吸干工作用滤紙进行。虽然这个方法，由于缺乏吸干程度的准确标准，不是十分客觀的，但是，在大量測定的情况下可以得到能以相比較的并且平均看来足够精确的数字。

2. 干重——干重分析在干燥器中进行。用这个方法，我們得到比湿重更为客觀的数字。虽然干重比湿重更适于相互比較并且更好地判定生物物質的量，但是，由于大多数种类的平均重量是根据它們的身体体积計算来确定的，湿重在苏联的实际調查工作中被采用得較广泛（体积比較切合于湿重）。此外，魚类和底栖生物等的全部重量測定是用湿重作出的。

3. 計算的重量——对于难于秤重的小型或数量很少的类型可以根据身体体积（用几何方法測定的）来計算平均重量。必須指出，計算是最簡單而快速的測定浮游生物重量的方法，因此得到最广泛的流行。

在計算橈足类重量时，可以很便利地使用 M. M. Камшилов(1951)的方程式，

$$\text{体重(mg.)} = [\text{体长(m.m)} \times 0.286 + 0.005]^3$$

用 Камшилов 的方程式測定重量只必須知道橈足类的体长。

由于已經进行了苏联周圍所有海洋所需用的測定工作的結果，我們具有几乎全部浮游动植物代表的平均“标准”重量。 (李冠国譯)

参 考 文 献

- БОГОРОВ В. Г., 1934a. Биомасса планктонов. Бюллетень Всесоюзного Института морского рыбного хозяйства и океанографии, № 1.
- БОГОРОВ В. Г., 1934b. Исследование питания планктоноядных рыб. Бюллетень Всесоюзного Института морского рыбного хозяйства и океанографии, № 1.
- БОГОРОВ В. Г., 1940. К методике исследования планктона в море. (Некоторые новые приборы для сбора планктона). Зоологический журнал, т. XIX, № 1.
- БОГОРОВ В. Г., 1947. Инструкция для проведения гидробиологических работ в море. (Планктон и бентос). Изд. Арктического института Главсевморпути, серия "Пособия и руководства", вып. 18.
- ВИНОГРАДОВ А. П., 1927. Правила определения среднего веса животных и растений. Серия "Наставления для определения геохимических постоянных" Изд. Академии Наук СССР.
- ВИРКЕТИС М. А. 1934. Сравнение уловистости планктонных сетей системы Нансена и Джели. Изв. Гос. Гидрологического института, т. 68.

1) 同时必須注意到浮游生物相当大的季节和地理的大小变异。(B. T. Богоров, 1934 a)。因此，需要进行主要生物重量的檢查性測定，以便在具体利用标准(平均)重量时加以校正。

- КАМШИЛОВ М. М., 1951. Определение веса *Calanus finmarchicus* на основании измерения длины тела. Доклады Академии Наук СССР, т. LXXVI, № 6.
- КУЛИКОВА Е. Б., 1954. Сравнительная ловистость нескольких типов планктонных сетей. Труды Института океанологии АН СССР, т. XI.
- СЫСОВЕВ Н. Н. 1956. Некоторые гидродинамические испытания планктонных сетей и выводы из них. Труды Института океанологии АН СССР, т. XIX.
- УСАЧЕВ П. И. 1936. Методика сбора и обработки планктона. Труды Первой Всекаспийской научной рыбохозяйственной конференции, т. I Пищепромиздат.
- ХАРВЕЙ Х. В., 1948. Современные успехи химии и биологии моря. "ИЛ" Москва.
- ЯШНОВ В. А., 1934. Инструкция по сбору и обработке планктона. Всесоюзный Институт морского рыбного хозяйства и океанографии.
- Arstein C. 1896. Das Süswasserplankton. Kiel u. Leipzig.
- Barnes H. 1949. A Statistical study of the variation in Vertical plankton hauls with special reference to the loss of the catch with divided hauls. Journ. Mar. Biol. Ass., v. 28 (2), p. 429-446.
- Clarke G. L., and Bumpus D. F. 1939. Brief Account of a Plankton Sampler. Intern. Revue Hydrobiologie und Hydrographie. Bd. 39, Heft 1/2. p. 190.
- Harvey H. W. 1945. Recent Advances in the Chemistry and Biology of sea water.
- Hensen V. 1887. Ueber die Bestimmung des Planktons oder des im Meere treibenden materials an Pflanzen und Tieren. Ber. Kom. wiss. Unters. deutsches Meere.
- Indo-Pacific Fisheries Council, 1954. Proceedings 5th Meeting. FAO, Bangkok.
- Juday C. 1916. "Limnological Apparatus". Trans. Wisconsin Acad. of Sc., Arts and Letters, XVIII. p. 11.
- Kemp S., Hardy A. C. and Mackintosh N. A. 1929. Discovery investigations Objects, equipment and Method. Discovery Reports, vol. 1, pp. 141-232.
- Nakai Z. 1942. The chemical composition, volume, weight and size of the important marine plankton. Journ. Jap. Oceanol. Soc. Vol. 1, No. 1, 2 (Suppl.) (In Japanese).
- Nishizawa S. and Anzaku M. 1956. A note on measuring of the volume of water filtered by plankton net by means of a flowmeter. Bull. of the Faculty of Fisheries. Hokkaido University, vol. 6, No. 4, pp. 298-309.
- Riley G. A. 1938. Plankton studies I. Journ., of Mar. Res., vol. 1. No. 4 pp. 335-352.
- Steeman-Nielsen E. 1952. The use of radio-active carbon (C^{14}) for measuring organic production in the sea. Journ. du Conseil, vol. 18, No. 2, pp. 117-140.
- Thompson H. 1950. Notes on the standardization of methods in planktological work. FAO Indo-Pacific Fish. Counc. Proc. 2nd Meeting. 17-28 April 1950, sect. I, pp. 42-44.