

紫贻贝(*Mytilus edulis*)对 ^{60}Co 的 吸收和排出

中国科学院海洋研究所放射生态组

海洋生物对环境中的某些元素(包括放射性同位素)具有较强的吸收作用,在监测海洋放射性水平的工作中,开展生物对放射性同位素吸收规律的研究已经越来越重要了。在这方面,许多研究人员以裂变产物,特别是以 ^{90}Sr 和 ^{137}Cs 等核素为研究对象。近年来则把从核电站和核动力船冷却水中排出的放射性废物,如 ^{65}Zn 、 ^{60}Co 、 ^{55}Fe 、 ^{59}Fe 等作为研究对象。其中 ^{60}Co 因毒性大,半衰期长(5.26年)^[5],常被作为重要监测核素。

紫贻贝是一种重要的经济贝类,广泛分布于世界各大洋,属于高纬度、内湾性种类^[2]。其肉含有丰富的蛋白质、醣原和脂肪等,是人们所喜爱的海产品,其贝壳可以制纽扣或烧石灰,足丝可做纺织品的原料^[3]。

我们在1976年作了紫贻贝对 ^{60}Co 的吸收和排除,以及吸收实验中水样放射性浓度降低原因的探讨。实验中测得了紫贻贝的足丝对 ^{60}Co 有很高的浓缩能力,浓缩系数*为0.6— 1.3×10^4 。由于紫贻贝对 ^{60}Co 吸收快,浓缩系数高,分布广,易养殖,采样方便,有重要经济价值等特点。我们认为,紫贻贝可以作为近海和港湾 ^{60}Co 监测的指示生物。

材料和方法

一、材料

生物材料取自青岛第二养殖场人工养殖的紫贻贝(*Mytilus edulis*),均为一龄贝。

实验所用的放射性核素 ^{60}Co 为中国科学院原子能研究所产品,化学状态为 $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ 。

实验用海水均取自青岛太平角。 Co 离子在海水中的浓度为0.1—0.5毫克/米³^[4]、^[11]。

二、样品处理和测量

海水样品每次取2个,每个为5毫升。

生物样品每次取5个(排出实验取15个),除净壳表的足丝,测长度,称总重,在蒸气中蒸三分钟,分离壳和肉,分别称重。

海水样品、生物样品分别置于几何形状相同的样品管中,直接在井型晶体中测 Γ 放射性。仪器的型号N610B(英制)。

浓缩系数(缩写C·F)含义是在平衡或稳定状态的条件下,海洋生物个体(或器官、组织)中某种放射性核素的浓度对环境水体中该核素浓度的比率^[6]。

一般以生物对放射性核素吸收达到平衡时的比率为其浓缩系数。

实验及其结果

实验 I:

紫贻贝对 ^{60}Co 的吸收

*“浓缩系数”与我组发表的《海洋生物对放射性核素 ^{60}Co 、 ^{137}Cs 浓缩因子的测定研究》^[1]一文的“浓缩因子”concentration factor含义相同。也与accumulation factor、enrichment factor、等含义相同。

在实验中，我们对养殖海水放射性浓度，每星期校正一次（校正原因详见实验Ⅲ），使其维持在0.5微居里/升左右。

生物预先进行了处理，把贝壳上的足丝清除干净，并使其单个地附着生长在棕绳上。紫贻贝体长在4.0—6.0厘米，体重在6.0—17.0克，软体部份重为整个体重的19—23%，贝壳重为整个体重的26%左右。实验期间通气，不喂饵，按预定时间（1、3、7、14、21、28、35天）取样。

实验结果如图1所示。

从图1可以看出，软体和贝壳在14天以前吸收速度很快，浓缩系数曲线陡峭。以后曲线平缓，经统计在14—35天时间内，紫贻贝的软

体和贝壳均达到平衡。其中软体部份浓缩系数平均为42—46，贝壳部份浓缩系数平均为66—92。

实验结果表明，贝壳对 ^{60}Co 吸收比软体部份高。实验中还发现贻贝足丝对 ^{60}Co 吸收要比贝壳高得多（参见表1）。

为了探索足丝、贝壳很高的累积能力是生理过程还是表面吸附，或海洋微生物（如细菌等）作用所致。我们作了活贝壳、死贝壳、灭菌贝壳及活足丝、死足丝、灭菌足丝等比较实验，还做了贝壳内外表面吸附能力的比较实验。

1. 贝壳和足丝的试验

1. 活壳和活足丝：上述吸收实验取样时，解剖贻贝活体，取左壳称为“活壳”，取下的足丝称“活足丝”。

2. 死壳和死足丝：将预养过的贻贝解剖取出左壳和足丝，置于20升 ^{60}Co （放射性浓度为0.5微居里/升）的海水中浸泡，称为“死壳”和“死足丝”，与上述相同的取样时间，取出进行重复测量（测量后放回放射性海水中浸泡）。

3. 灭菌壳和灭菌足丝：处理方法与上述相同，并将壳和足丝经过煮沸消毒，将海水烧沸，冷却后过滤，加入抗生素40万国际单位/升，辅以紫外线消

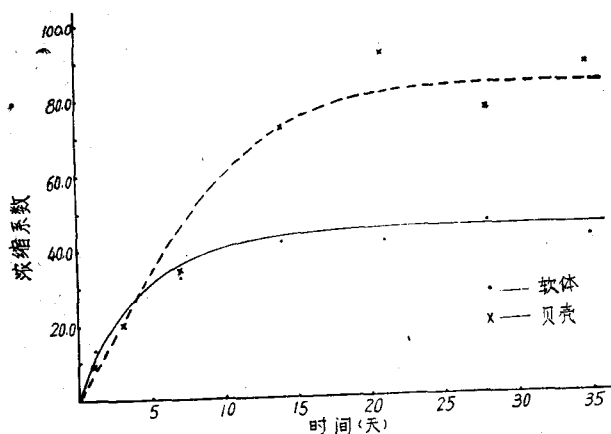


图1 紫贻贝对 ^{60}Co 的吸收

表1 紫贻贝的贝壳、足丝对 ^{60}Co 的吸收

名称	浓缩系数	养殖（或浸泡）时间（天）						
		1	3	7	14	21	28	35
贝壳	活	9.64	15.37	29.06	67.92	58.41	61.98	90.16
	死	5.53	10.18	15.97	23.97	28.31	30.75	33.82
	灭菌	13.91	23.74	31.46	37.66	42.74	44.45	49.60
足丝	活	764	1340	2788	5240	4684	5506	12711
	死	17	73	190	679	1109	1436	1388
	灭菌	23	67	157	408	573	721	730

注：本表死壳（足丝）或灭菌壳（足丝）对 ^{60}Co 的浓缩系数应为污染系数。

毒，称为“灭菌贝壳”和“灭菌足丝”。

它们的实验结果如表一所示。

从表 1 中，可以明显地看到活贝壳和活足丝的浓缩系数，大大地超过死贝壳和死足丝以及灭菌贝壳和灭菌足丝的值；而死贝壳（死足丝）和灭菌贝壳（灭菌足丝）之间，看不出明显的差异。

2. 壳的表面吸附实验

取三组实验材料：(1)、不涂石蜡的贝壳；(2)、内表面涂石蜡的贝壳；(3)、全涂石蜡的玻片。上述样品置于⁶⁰Co浓度为0.5微居里/升的20升海水中浸泡，取样时取出进行测量，测后放回水中浸泡。

结果表明，紫贻贝壳的外表面对⁶⁰Co的吸附要大于内表面（参见表 2）。

实验 II：

紫贻贝对⁶⁰Co的排出

紫贻贝先在浓度为 0.1 微居里/升⁶⁰Co的海水中养殖39天之后，放到普通海水中进行排出实验，共进行210天。实验期间喂少量扁藻。

实验中示踪比强度为生物在排出实验开始时测得的比强度；实测比强度为生物移入普通海水后的不同时期所测的比强度。保留系数为实测比强度与示踪比强度比值的百分率。

紫贻贝对⁶⁰Co的排出结果如图 2 所示：

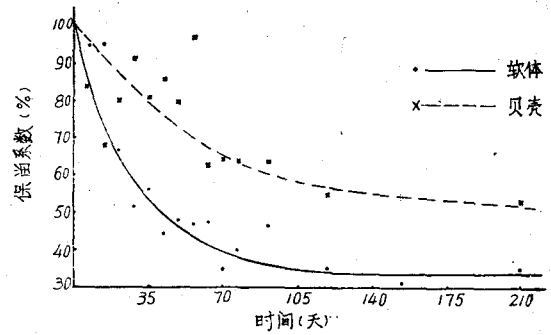


图 2 紫贻贝对⁶⁰Co的排出

从图中可以看出，软体部份在70天以前排出较快，以后逐渐缓慢，有效半衰期（T）在42—63天之间。贝壳排出较慢，有效半衰期（T'）在154天左右。

据生物体内对某种放射性核素的生物半衰期（T_b）：

$$T_b = \frac{T_r \cdot T}{T_r - T}$$

（T_r为某种放射性同位素的半衰期）。

可以得出，紫贻贝对⁶⁰Co的生物半衰期，软体部份为43—66天，贝壳为203天。

从本实验结果看来，紫贻贝一旦受⁶⁰Co污染后，即使重新生活于非污染的水环境中，要全部排出⁶⁰Co也是很困难的。

实验 III：

紫贻贝吸收⁶⁰Co实验中水样放射性浓度

表 2 贝壳表面的污染系数*

表面污染系数 壳		浸泡时间(天)						
		1	3	7	14	21	28	35
测量值	不涂石蜡	0.588	1.087	1.712	2.578	3.045	3.235	3.639
	涂内表面	0.372	0.606	0.897	1.646	2.098	2.320	2.658
	腊玻片	0.018	0.051	0.060	0.117	0.101	0.129	0.114
计算值	外表面	0.354	0.555	0.837	1.529	1.997	2.191	2.544
	内表面	0.234	0.532	0.875	1.049	1.048	1.044	1.095

注：外表面计算值 = 贝壳涂内表面测量值 - 腊玻片测量值；

内表面计算值 = 贝壳不涂石蜡测量值 - 外表计算值。

*：表面污染系数为单位表面所吸附的放射性（每分钟计数/厘米²）对于单位介质（浸泡海水）放射性（每分钟计数/毫升）的比率。

降低原因的探讨

在以前的贻贝吸收⁶⁰Co实验中，曾发现14天内，水样放射性浓度下降了50%以上。如图3所示：

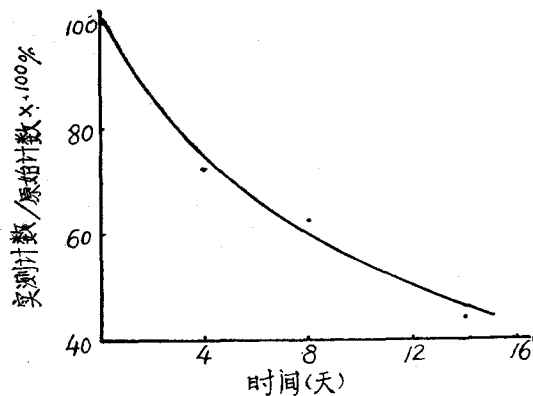


图3 养殖贻贝的海水⁶⁰Co浓度下降趋势

为了探讨引起上述变化的原因，我们安排了如表3的各组实验。

实验结果参见图4（I—VI）。

从图4（I—VI）中看出下述结果：

1. I、II两组水样浓度无明显变化。说明过滤海水、过滤淡水对⁶⁰Co浓度无明显影响；玻璃缸壁对⁶⁰Co基本不吸附（见图4—I、II）。

2. 白瓷砖池壁对⁶⁰Co有吸附作用（见图II、V）。而加入大量Co⁺⁺载体后（25,000倍

实验结果参见图4（I—VI）。

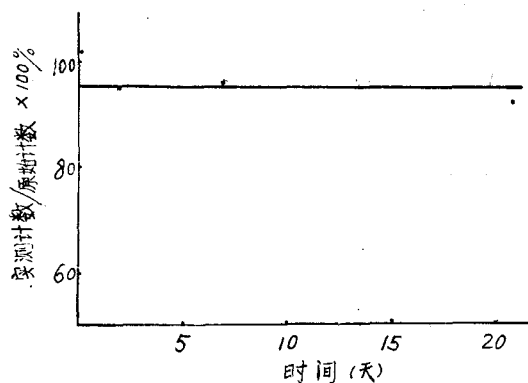


图4—I 淡水

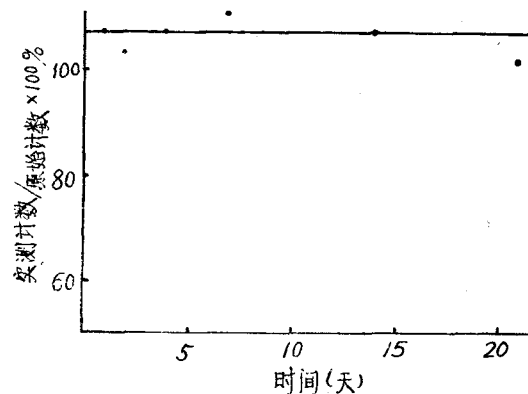


图4—II 过滤海水（玻璃缸）

以上），白瓷砖池壁对⁶⁰Co吸附作用不明显（见图4 V、VI）。

表3 ⁶⁰Co 在海水中浓度降低原因的探讨

编号	水 体	体积(升)	容 器	实 验 目 的
I	过滤淡水	20	玻 璃 缸	(1)海水、淡水的影响 (2)生物的影响； (3)容器的影响； (4)载体的影响。
II	过滤海水	20	玻 璃 缸	
III	普通海水	20	玻 璃 缸	
IV	过滤海水加紫贻贝（20个）	20	玻 璃 缸	
V	过滤海水	1000	白 磁 砖 池	
VI	过滤海水加载体（mgCo ⁺⁺ /m ³ ）	1000	白 磁 砖 池	

注：过滤使用了8号玻璃滤器，滤板平均孔径为15—40微米，能滤除一般结晶沉淀、杂质、除细菌外的一般浮游动植物及有机碎屑。

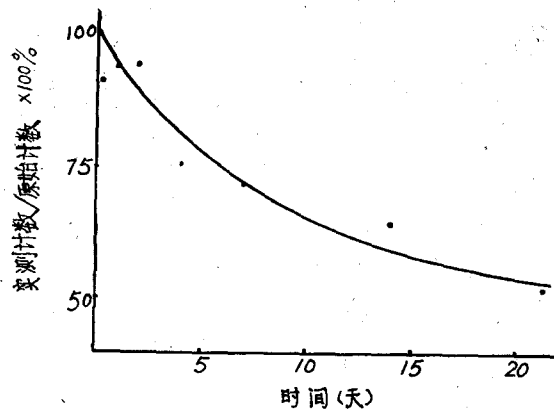


图4—III 普通海水

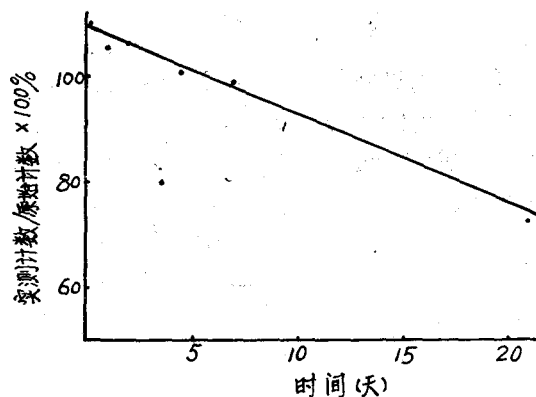


图4—IV 过滤海水(瓷砖池)

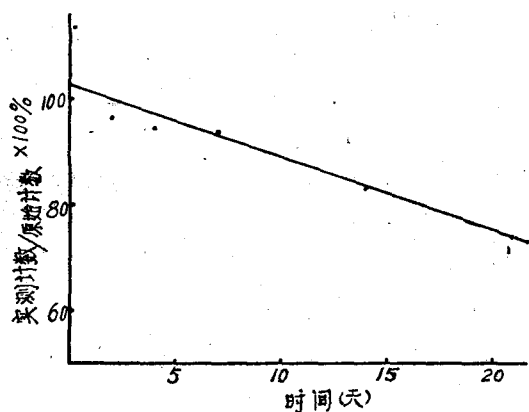


图4—V 过滤海水加紫贻贝

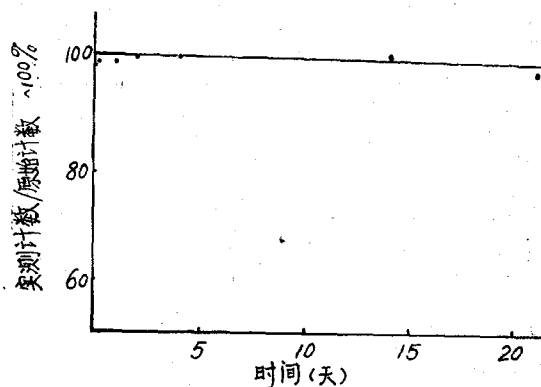


图4—VI 过滤海水加500毫克Co⁺⁺/立方米

3. 普通海水水样浓度明显下降(见图4—III)。实验结束时,其放射性有84%在缸底沉淀物中。经显微镜检查,沉淀主要是浮游植物(园筛藻、甲藻、鼎藻等)、有机碎屑、少量浮游动物等。沉淀干物质的放射性为水样的4.13万倍。

4. IV组水样浓度明显下降(见图4—IV)。其损耗的放射性大部份为紫贻贝吸收,如下表所示:

综上所述,水样浓度降低的原因是多样的。在我们的实验条件下,紫贻贝吸收、水中有有机物及池壁的吸收或吸附等都有一定的影响。

表4 生物对水样放射性损耗的影响

	水样总放射性			放射性损耗的分配比例					
	开始	末次	损耗	足丝	软体	贝壳	排泄物	其他	总计*
每分钟衰变数($\times 10^5$)	43.4	31.4	12	4.9	3.3	2.0	1.2	0.6	12
比例(%)	100	72.4	27.6	40.8	27.5	16.7	10	5	100

* 放射性损耗的测量值总计为 12×10^5 与水样放射性损耗相同这是偶然巧合。

讨 论

〈1〉紫贻贝软体部份的浓缩系数在42—46之间, 与我们过去所做的几种鱼、虾、贝、藻类可食部位的浓缩系数相比, 都显得高些。参见表5。

可见, 紫贻贝比表5中所述各生物有较强的吸收 ^{60}Co 的能力。

〈2〉清水诚(M·SHIMIZU)^{(7)、(8)}, G.G.Polikarpov⁽⁹⁾, A.W.Van Weers⁽¹⁰⁾分别得出贻贝软体的浓缩系数为140, 125—186, 155 ± 30 , 比我们实验中测得的高, 这很可

表5 几种海洋生物对 ^{60}Co 的浓缩系数⁽¹⁾

生物种类	鱼				对 虾	蛤 仔		海 带				
	头 部	内 脏	肌 肉	骨 骼	整 体	软 体	贝 壳	基 部	中 部	梢 部	全 叶 片	
浓缩系数	黑 鲷	4.5—5.0	13.9—16.6	1.0—1.2	2.4—3.1	12.1—15.9	9.3—11.4	180.0*	24.9*	34.3*	30.2*	29.8*
	石 鲈	7.1—8.1	12.9—14.9	2.5—3.8	3.5—4.9							

*是未达到平衡的浓缩系数, 为组平均最大值。

能由于方法不一致所引起。我们如果把贻贝体内未除净的足丝加在软体部份计算的话, 软体的浓缩系数为105—161, 则与他们的高值相近。

在清水诚所作的紫贻贝各组织对 ^{58}Co 的吸收实验中, 与足丝分离后整个软体部分的浓缩系数是64, 和我们的数值相近。

我们认为, 由于足丝不是可食部分, 软体部分的浓缩系数应去除足丝的影响比较合适。

〈3〉据清水诚⁽⁷⁾的工作, 活足丝、活壳与死足丝、死壳对 ^{60}Co 的浓缩没有区别。由此, 他们认为紫贻贝足丝浓缩较高的原因不是生理过程, 而是和周围水体直接接触的表面吸附引起的。在我们的实验中, 活足丝和活壳的浓缩系数显著地超过死足丝和死壳(见表1), 说明紫贻贝活体足丝和贝壳对 ^{60}Co 的浓缩不只是表面吸附过程, 生理过程也起着一定的作用。

〈4〉在水样放射性浓度降低的实验中, 海水中沉淀物有较大影响, 其中主要是浮游生物及其它有机碎屑, 这些干物质 ^{60}Co 的放射性为水样的4—13万倍。浮游生物对放射性的吸收问题值得进一步研究。

〈5〉紫贻贝对 ^{60}Co 吸收快, 其足丝的

浓缩系数相当高, 且有分布广, 易养殖, 采样方便, 经济价值高等特点。我们认为, 紫贻贝可以作为监测 ^{60}Co 的指示生物。

结 论

1. 紫贻贝软体部份(不包括足丝)的浓缩系数为40—46; 贝壳部分为66—92; 足丝为 $0.6—1.3 \times 10^4$ 。

2. 足丝和贝壳对 ^{60}Co 累积, 不单是它们和周围水体的直接接触的表面吸附, 而机体的生理过程也起着一定的作用, 似乎和细菌等微生物的关系不大。壳的外表面吸附要大于内表面。

3. 紫贻贝对 ^{60}Co 的排出, 软体较快, 有效半衰期在42—63天之间; 贝壳较慢, 有效半衰期为154天左右。

参 考 资 料

- [1] 中国科学院海洋研究所放射生态组, 海洋生物对放射性核素 ^{60}Co 、 ^{137}Cs 浓缩

(下转25页)

大活动。蓑鮋有很长的胸鳍，伸张开来时很象“飞鸟”，它经常在珊瑚丛边缘游动，很象一只“花鸟”在觅食。这两种鮋的背鳍棘的基部都有毒腺，如不留意被其刺伤后，伤口红肿，发生剧疼，甚至痉挛以至死亡。因此渔民称这类鱼叫“老虎鱼”。在南海工作的同志对它们要十分留意。

潜鱼 (*Carapus spp.*) 也叫隐鱼，这类

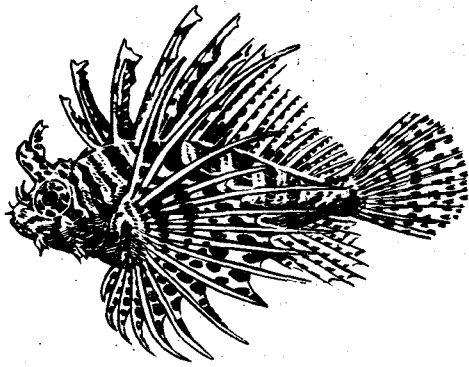


图7 蓑 鮋

鱼身体细长，呈鳗形。在西沙群岛地区捞取海参时，经常可以从海参“肚子”里找到活着的潜鱼，这是由于它们平时潜伏在海参体腔中，以致在人们捞起海参时，它们还来不及逃出来。在方刺参中生活的潜鱼，个体较小而透

明，眼睛很明显；在梅花参中生活的潜鱼，个体较大而不透明，眼睛埋于皮下，几乎看不到，这是两个不同种的潜鱼。海参和潜鱼的这种“共生”现象，也是自然界中较少见的几个事例之一。

四、结 语

西沙群岛的鱼类种类繁多，包括有各种不同类型的鱼类，它们都是些典型的暖水性种。有大洋洄游性种类的金枪鱼、鲑鱼、硬刺鲛鱼、旗鱼、箭鱼、鲨鱼等；有分布在本区不做远距离洄游的梅鲷、石斑鱼、笛鲷、裸颊鲷、鹦嘴鱼等种类，以上两类鱼代表的种数虽不多，但却是渔业上捕捞的主要对象，约占这一地区渔获量的90%左右；还有形形色色的珊瑚礁鱼类如雀鲷、隆头鱼、蝴蝶鱼、刺尾鱼、鹦嘴鱼(除驼背鹦嘴鱼)等等，它们几乎到处皆是，但经济价值不大，却是分类上许多代表性的种类。

总之，西沙群岛由于气候温暖，雨量充沛，自然环境优越，鱼类资源丰富。过去我们虽做过一些初步调查，但仍然了解不够全面，特别对一些经济种类的资源状况，更嫌不足，还有待进一步研究、开发和利用。

(上接第54页)

- 因子的测定研究，《环境科学》，1976、年第1期，47—52页
- [2] 青岛海洋水产研究所，国外贻贝养殖概况，《国外海洋水产》1975年6月，2期1—13页
- [3] 集美水产专科学校，贻贝的养殖，《贝类养殖》，1961年，55—65页。
- [4] 顾宏堪：元素地球化学《海洋与湖沼》，1965年，7卷1期，73—83页。
- [5] C. M. Lederer et al. 1967, Table of Isotopes, 6th ed. John Wiley & Sons, Inc. New York, London, Sydney. P. 21.
- [6] S. E. Thompson et al. 1972 Concentration factors of chemical elements in edible aquatic organisms. UCRL-50564, 74pp.
- [7] M. Shimizu et al. 1971. uptake of ^{59}Co by Myssel *Mytilus edulis* Jour. Radi. Resea. 12-1 17-28
- [8] M. Shimizu et al. 1970 Uptake of ^{60}Co by marine animals. Rec. Ocea. Wor. Jap. vol. 10, no. 2, 137-145
- [9] G. G. Polikarpov 1966 Radioecology of Aquatic Organisms. North-Holland Publ. Co. Amsterdam, 314pp.
- [10] A. W. Van Weers 1972, Uptake and Loss of ^{65}Zn and ^{60}Co by the Mussel *Mytilus edulis* L. IAEA-SM-158/24 385-400
- [11] J. P. Riley et al. 1965, Chemical Oceanography. Academic Press London and New York, p. 164