

“生命”之水

〔苏联〕B. M. 穆哈切夫 著

罗 宁 译

科 学 出 版 社

1 9 8 2

内 容 简 介

本书提出水中氢的同位素——氘对于有机体是有害的，而当水中氘的浓度减少以后，这样的水对动植物生长有促进作用，可以增强机体的新陈代谢，有益于人类健康，甚至可以延长寿命，所以称之为“生命”之水。以这种水医治疾病、灌溉农田已初步收到了良好效果。作者综合了近年来国际上有关氘及重水的最新资料，所提出的论点虽然还带有争议性质，但对于科学研究工作有一定意义。本书对象为具有中等以上文化程度的广大读者，特别是科研人员、医生及大学师生。

В. М. Мухачев
«ЖИЗНЬ» ВОДА

1975

Издательство «Наука»

“生命”之水

〔苏联〕В. М. 穆哈切夫 著

罗 宁 译

责任编辑 高小琪

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所友行 各地新华书店经售

*

1972年7月第一版 开本：787×1092 1/32

1980年7月第一次印刷 印张：4 3/8

印数：0001—6,300 字数：97,000

统一书号：13031·1878

本社书号：2551 13—10

定价：0.60元

译 者 的 话

本书详细探讨了氢的两个同位素——氕和氘——的性质和特征，它们在自然界的循环和在各种生物代谢过程中的作用。特别指出氘的含量极少，但是对于机体的危害极大。既然在自然界中水的分布极广，有机体内所含的也大部分是水，故水中氢的同位素含量变化，对于有机体生活机能影响很大。作者根据国际上大量资料，提出氘的浓度低的水对动植物生长有促进作用，能增强新陈代谢，延长人的寿命，并称它为“生命”之水。以这种水治疗疾病、灌溉农田已初步收到良好的效果。并建议大规模地生产这种脱去氘的水，以便从根本上改进农业和畜牧业，并增进人类健康。

应当指出，作者的这种大胆设想还有待于证实。但是这个问题的提出对于科学研究是有意义的。特别是书中所涉及的理论问题较多，为了真正阐明氘的作用，对许多科学的发展（如无机化学、有机化学、生物化学及生物学、医学等）必将起促进作用。

由于这是一个新问题，作者在叙述中不免带有主观性，希望读者阅读时加以注意。

译者知识浅薄，水平很低，错误之处，希望读者批评、指正。

译文承中国科学院生物物理研究所章正廉同志仔细校阅，特在此表示感谢。

译 者

1980年12月于北京

原书编者前言

水是我们这个星球上分布最广的物质，毫无疑问，在大自然所发生的绝大多数过程和现象中，水起到了决定性作用。

自从发现氘和重水以来，已经过去了40多年，在这期间获得了关于各种来源的水的同位素成分的大量资料，建立了工业上提取重水的方法，研究了重水对于各种化学反应的作用机理和动力学，它对生物体的影响，以及氘和相应的重水对于生命发生的影响，等等。

穆哈切夫所写的这本“生命”之水，用科普的形式综述了迄今为止所公布的有关氘及重水的资料。论述的首创性和所涉及问题的极其广泛性，而且常常离开了通常的观点，这些必将引起广大读者的兴趣。

然而应当指出，作者的许多论点和假设是有争议的。作者论述了这样一种看法，即认为我们这个星球上水中氘的含量不断增加，并以此来解释水质急剧下降的原因，结果将导致生物圈的退化。

尽管还没有充分的证据，来证明这种“生命”之水（亦即实际上不含有氘的水）较之普通的水对于健康更有益处，但是这种设想本身是非常有价值的。

作者对于在各种天然水源中重水含量上的微小变化对生物圈的作用效果有些夸大。所有这些，毫无疑问，还需要加以充分的证明。但书中所引证的有关氘和重水性质的事实材料，则有着极大的科学认识上的意义。

苏联科学院通讯院士

拉斯科林

(Б. Н. Ласкорин)

目 录

译者的话	(iii)
原书编者前言	(iv)
绪言	(1)
第一章 生命要素的伴行者	(6)
一、几种氢同位素特性的比较	(6)
二、同位素分析D:H	(14)
三、我们周围的氘	(19)
四、氘越来越多	(31)
五、氘究竟有益还是有害?	(39)
第二章 假说的冲突	(48)
一、氘是一种微量元素	(48)
二、水的结构	(52)
三、决定性的试验	(59)
四、圣经上的神话	(61)
五、一个问题接着一个问题	(62)
第三章 氘的生物化学	(67)
一、氢键的变化	(67)
二、分子的扭曲	(72)
三、合成化学的改变	(80)
四、兴奋的传导减弱	(90)
五、亚分子过程受抑制	(94)
第四章 氘和生命的发生	(103)
一、生命的起源	(103)
二、氘和突变	(105)

三、氘对进化的影响	(113)
第五章 “生命”之水的源泉	(117)
一、天然的源泉	(117)
二、工业途径制造生命之水	(121)
三、海水淡化	(124)
四、特殊的装置	(127)

一想到我们的密友——水——迄今为止还有这么多秘密，使我们惊讶不已。这打破了我们在科学上的自我满足。可能会产生新的有机化学。

霍普金斯*

绪 言

很久以来人们都把碳看成是生命的要素。碳的化学被称作有机化学，和活的有机体紧密相关。然而，如果按重量计算，则碳只占有有机体成分的20%，而氧则占60%。这就是说，生命的要素毋宁是氧。而如果不按重量而按原子量来计算，则可见一切活的物质 $\frac{2}{3}$ 是由氢原子构成，仅有 $\frac{1}{3}$ 是由氧原子构成，而由碳原子构成者仅仅占 $1/10$ 。由此可见，更正确些说，生命的要素是氢。

氢是三种同位素的混合物：即一个轻的同位素氕，和二个重同位素氘和氚。氚在自然界中含量极微。而氘的含量虽然不大，但确是和氕经常混合存在，值得引起注意。

氕在自然界中的分布是这样少，以致长期以来均“避开”了科研工作者的注意，被错误的实验和不精确的计量所掩盖。只是到了1931年，贝尔吉(Бердж)和缅策利(Менцель)对用化学方法和用质谱分析方法所取得的氢原子重量(1.00777 ± 0.00002 及 1.00756 ± 0.00015)做了比较，得出结论认为不能用实验错误来解释原子量之间的差异。科学家们的结论是存在着原子量为2的氢的重同位素。他们算出了同位素的比例，

*霍普金斯(Ф. Дж. Гопкинс)是伦敦皇家学会的会长。他做了一次综述科学成就的演说。这几句话摘自他关于发现氘的一段话。

约为 1 : 4,700。

下一步的基础工作是尤里 (Юри)、勃里库埃德 (Брикку-эдд) 和麦菲 (Мерфи) 等人做的。他们蒸发了大量的液态氢, 并从分馏中获得了 1 个立方厘米的气态氢。对气态氢进行光谱分析, 在一系列氢的光谱线旁边发现了伴行线 ($H\beta$, $H\gamma$, $H\delta$), 这些伴行线相当于经理论方法计算出来的氢的重同位素的波长, 其精确度达到 $0.02 \text{ \AA}$ (埃)。同位素的比例经计算等于 1 : 4,000。后来对各种各样来源的氢试样做了测定: 这些试样有的取自基拉韦厄火山口, 有的取自黑曜岩, 有的取自泥盆纪沉淀物, 有的取自含氢的天然气, 不论是从那儿取来的, 其测定结果都一样。

刘易斯 (Льюис) 于 1933 年曾经报道, 他用电解法分解水以后, 得到了比重为 1.035 的水, 也就是重水成分占 $\frac{1}{3}$ 的水。用同样的方法, 他还获得了 0.12 立方厘米重水含量为 99.99% 的水, 他仔细地测定并且确定了这种水的某些物理性质。就在 1933 年这同一年, 沃什别尔恩 (Уошберн) 首先提出一种看法, 即认为研究重水的任何一方面的问题都是很有价值的。可以预料, 今后将会发现, 氢的各种同位素的化学性质极不相同, 这将为化学和生物学开辟新的广阔视野。

自从发现重氢以来已经 42 年了。在这期间, 氘及其化合物比门捷列夫周期表上的其他许多元素要研究得透彻些, 因为对于重水有了工业上的需求。对于氘对有机体机能活动的影响作了研究: 结果发现, 氘的浓度过高对于高等动植物是有毒的。

一般认为海水里氘的含量是正常的。在海水中对应于每一个氘原子就有 6,800 个氢原子, 即氘按原子数占 0.015%, 或按重量占 0.017%。陆地上的水含氘要少些: 按原子数占 0.0135%, 或按重量占 0.015%。这究竟是多了还是少了? 如

果把氘的克拉克*和这样一些分布广泛的元素如氧, 硅, 铁等的克拉克相比较, 简直是微乎其微。但是如果把水中及有机体中的氘当作微量元素来看, 则这个数量就不算少了。在各种微量元素中以氘的含量占首位。

含量这么少的氘竟然会对生命产生积极影响, 开始时谁也未注意。首创者是苏联科学家罗基莫夫(Б. Н. Родимов)。后来苏联及其他国家的科学家(包括美国、巴西、墨西哥等国)也开始从事这项研究。

通过这些研究工作发现了什么呢? 看来, 只要从普通水中稍微剔除一些氘, 就会使水成为生命的激活剂。由此得出一个很重要的结论: 不论氘的含量多少, 它对机体都是有害的, 甚至象普通水中这样少的含量就有害, 从而在任何活的有机体中的含量也都是有害的。

水是自然界中氢的最普遍的化合物, 它是生命的摇篮, 是许多有机体赖以生存的环境, 是有机体的主要组成成分。如同有机体一样, 水的 $\frac{2}{3}$ 是由氢原子构成, 只有 $\frac{1}{3}$ 是由氧原子构成。改变有机体内水的同位素组成成分, 就会改变活组织内重氢及轻氢的比例。例如从普通水中哪怕稍许剔除一点氘, 则其在体内的含量也必然减少, 这样就可以刺激、激活有机体的生命机能。

遗憾的是, 为了阐明这种激活作用的机理, 亦即氘在生化过程中的表现和作用所作的工作极少, 虽然现代的生物化学已经具备了在分子水平甚至亚分子水平上研究这些过程的条件。因此作者也只能最一般地描述氘的作用机理。

还有一个重要的情况可能成为发展氘的生物化学的推动

*元素的克拉克: 是表示地壳中含有某种化学元素的平均数值, 一般以重量的%表示, 少数以原子数的%表示。

力。事情是这样的，我们这个星球和宇宙之间的不断交换的过程，导致在海洋中逐渐积累起更多的氘。在过去的地质时代氘还较少，今后则将增多。关于摄入的水分中氘的含量增多或减少对机体的影响的各种实验证明，机体对于氘是毫无防御能力的。

难道从上述情况还不能得出一种结论：即如果水中氘的含量减少就可能成为生命发生和繁衍的基础吗？在我们这个星球上这样的水是有的。对自然界中水的循环过程的研究结果表明，氢的重和轻的同位素在性质上的差别，也就决定了重水和轻水性质的差别。结果在自然界中不断地进行着氢的同位素的分化。由于大气及地理条件的不同，在天空的落下物中（指雨雪冰霜等，下同——译者），氘的含量可能多些，也可能少些。在地球上某些地区的落下物中在很大程度上不含氘。这是具有激活生命作用的水的天然来源。应当善于寻找并保存这种水。在农业上合理地利用这种具有激活生命作用的水源，显然可以增加动物饲料及人类粮食的产量，在医学上则可能成为很有效的治疗手段。

这种氢的重同位素含量较少的具激活生命作用的水在科学上的名称叫什么好呢？随着对其低含量对机体作用机理研究工作的开展，在文献上出现过“部分地去除氘的水”这样的名词。然而，我们认为还是以叫“生命”之水为好。按其性质这种水和古代神话中的“生命”之水是相似的。这些神话世界各民族均有，而且载入了他们的史诗。对生命之水赋予了許多奇异的性能，在这种水中鱼类能大量繁殖，植物生长茂盛而且较易结果；它能使老年人恢复青春，使病人获得力量和健康。当然决不能把本书所阐明的现实中的生命之水，和神话中的水等同起来。我们不过是借用这个名称，借以反映神话中和现实中的水在作用上的某种共同性。

所以，本书就是关于生命要素——氢及其唯一的同位素——氘，关于氘对于生命及其发展的作用的书；本书阐述了生命之水，其提取方法，以及如何应用这种水，它对人类有哪些益处等。如果通过阅读本书，能引起读者对这个引人入胜和颇有效益的课题的兴趣，就算达到了作者的目的。

第一章 生命要素的伴行者

一、几种氢同位素特性的比较

氢的重同位素——氘是由美国科学家尤里，勃里库埃德及麦菲于1932年发现的。氘的发现产生过巨大的影响，卢瑟福(Резерфорд)曾经正确地给予它高度评价，认为它不仅是化学和物理学上的最重要的一项发现，而且是植物学、生理学和医学上的最重要的发现。氘与当时已经知道的同位素不同，氘是一种特殊的同位素，它和普通的氢(H)元素在特性上有显著的不同。从那时候起，就把普通的H称作氕。

在所有的同位素中，氘是独一无二的，因为它的原子量比主要同位素大二倍。这在门捷列夫周期表上是沒有先例的。

氢的各种同位素好比是孪生兄弟，尽管孪生兄弟之间彼此相象，但是他们的行为表现则不可避免地不尽相同。氕和氘在特性上的差异，也表现在它们的化合物，首先是水上。氢的各种同位素合成的水其性质迥然不同。为了获得和理解这种效应的范围和发展方向，就必须搞清各种同位素及其化合物的特征上的细微差别在许多实验数据上的表现。

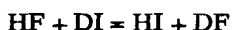
氕和氘之间有差别的主要原因可以概述如下：氕核有质子和中子，而氘核只有质子，故前者具有较强的束缚电子的能力。因此在其他条件相同的情况下，氕上的电子可以比氘上的电子离核远一些。氕的自由原子比氘的原子要大一些。这一点是比较更重要的因素，比起处于不同激发状态下的氕原子之间的差异更重要，虽然后者的差异非常显著，可以分成相应的许多组。

今天，过去一度被忘记的理论又复活了，这种理论认为

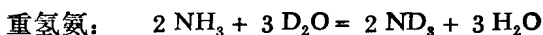
气体分子吸附在固体表面上。气体分子束缚在固体的离子(电离)层表面上,这是因为在这些表层上电场分布不平衡。强大的静电场对一些分子吸引、束缚得要牢固些,结果就分成了两种气,它们各方面都相同,只是分子的旋转能的大小不同。某些有机化合物,只有当他们是由某一种同类的氘原子组成时才稳定。这一点正可以解释,拉尔克(Ларк)怎样得到这样的DNA多聚酶,它们具有延长十倍的合成聚核苷酸长链。

这样看来,氘电子激发程度上的细微差异,就会改变其化学特性。更何况氘及氕原子之间的差异,比起氕原子之间激发状态的差异,要大得多。

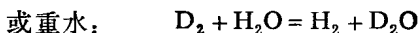
首先研究提取氘的化合物的方法及其特性的是刘易斯。继他之后对研究氘的化学做出巨大贡献的是波拉尼(Пола-
ньи)。“重”化合物,亦即含氘物质,是由交换反应提取的。从下面所举的例子中可以看出,按照反应熵,在一般条件下交换反应接近于平衡。对条件加以改变,可以令反应朝着某一方进行。这在提取重水和氘的其他化合物的工艺上是非常重要的。例如,氟化氘是这样提取的:



气相: $\Delta S_{298}^0 = 0.08$

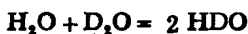


$$\Delta S_{298}^0 = 0.3$$



$$\Delta S_{298}^0 = -0.8$$

当将重水(D_2O)和轻水(H_2O)加以混合时,就会发生同位素置换:



$$\Delta S_{298}^0 = 2.8$$

按后一个反应的熵值来看，可以认为，在普通水中全部氘是以HDO的形式存在，而不是以D₂O的形式存在。

在任何一种离子交换反应之后生成的化学物质中，氘的数量会有变化。例如，如果把水中氘的含量算作1，则在离子交换反应之后生成物中，氘的含量分别为：在碘化氢中占0.17；在氢中占0.33；在苯中占0.95；在乙醇中占1.5。我们看到，乙醇(酒精)是氘的良好«储存库»，比碘化钾、氢和苯中含量都高。

在氢离子的置换过程中，氘仅仅置换化合物分子中氢的一定原子。例如在醋酸中，氘仅仅占据羧基中活性氢原子的位置，但是并不参加甲基的构成。当把糖溶解于重水中时，糖的活动的氢原子便立即被氘所置换。当重水分子吸附于微孔玻璃表面上时，就发生氘化，形成Si—OD基；这个过程和氢化过程十分相象。很特别的是，在离子交换反应中，氘核不仅和氧或氮原子的电子对相结合(这在氢核来说是必然的)，而且和碳原子相结合，亦即可以置换在这方面较不活跃的氢原子。

在室温下当将酚及其醚溶于溴化氘溶液中，则立即在每个环上有三个氢原子被置换，但置换过程到此为止不再进行。特别是OH、NH基和水之间的同位素置换过程异常活跃。在碱性溶液中，迅速地发生着酮类的α-氢原子的置换，而在酸性溶液中，则发生着芳香胺类的邻位及对位氢原子的置换。在芳香胺类中，氢原子的交换，决定于这些碱性化合物的强弱。

总之，在同位素的交换中，主要参与者是氘原子，它们的特点是其光谱线发生较明显的超微裂分。换句话说，在化

合物中，重的同位素主要置换那些连结得较牢固的氢原子。

这种同位素置换得到的结果是什么呢？分子的电极化率以及由气转为氘时其折射率有所下降。由于氘的电子转移的频率较氕为高，所以前者所发出的能量也较后者为大。而且，这种情况仅发生于低温状态。在中等温度时，这种差别并不大，而在高温状态下，氘的电子转移所发出的能量则较氕为小。

在一般温度下，重水中氢键的能量，较含氕的水大340卡/克分子(缔合能量差)。氢的重同位素置换轻同位素时，则可使渗透系数的百分比稍为增加。气系统的混合热焓量改变($-\Delta H_{\text{смеш}}$)，较氘系统为大；而相反地，混合等压势改变($\Delta Z_{\text{смеш}}$)则以氘系统为大。化合物互溶性曲线表明，为了达到在重水中的溶解度与在普通水中一样大，则应使温度稍升高。一般说来，氘的化合物其粘度要大10—15%。只有在氯仿($\text{CHCl}_3 \rightarrow \text{CDCl}_3$)和乙溴乙烷($\text{CHBr}_2-\text{CHBr}_2 \rightarrow \text{CDBr}_2-\text{CDBr}_2$)中以氘置换氕，才可使粘度降至1—1.5%。这是用D置换H以降低粘度的第一个例子。这是由以下两个因素所造成：一个是分子量的增加，一个是范德华氏相互作用减弱，以上二因素对粘度起着相反的作用。在氘置换后，上述化合物沸腾的临界温度下降。

各种反应的速度突然显得较预期的差别较大，这是由于含氘或氕的分子其热运动的速度有差别。根据对反应机理的分析研究，证明存在着根本性的差别。当在室温下以D置换H时，可以观察到反应速度降低至原来的1/6—1/8。当温度升高时，则这种差别逐渐减小。波拉尼认为，一般说来，氘比氕的反应速度要慢。如0°C时，氕与氯的相互反应速度比氘要快13.4倍。氘的化合物也较氕的化合物在化学反应性上一般(但不总是)也要低一些。波拉尼认为，虽然氘原子的位

能谷较氘原子为深，亦即使氘原子致活所需的能量较大，但是也有这种情况，即在新的情况下(在新分子内)，氘也可获得补充能量，使其发生反应较氘为快。

特别是当有催化剂参加时，则化学反应的速度有明显差异。众所周知，在有电解氢的参加下，氢的合成反应速度，要比用蒸气法得到的氢的参加，要快10—40%。我们认为，这种现象并非由于存在什么杂质，因为用以上二种方法制取的氢都是纯净的。问题在于，用蒸气法获取氢，则水蒸气中含有全部的氘，而在电解法时相反地氘很少。这又是由于，以氘为代表的氢离子，在电解质中较氘离子运动速度慢得多。因此当用电解法获取氢时，氘集中在电解槽内。这是工业法制取重水的根据。

这样，从反应物中除去微量的氘，就可大大提高催化反应的速度，因为氘可以从催化剂的某一个活性区上将氘排除。这一点对于生化反应特别重要，因为正如众所周知的，几乎所有的生化反应都是在催化剂(酶)的参与下进行的。氘的含量和生化反应速度之间的关系，值得进行最仔细的研究，然而，从文献上看来，这个问题迄今还无人研究。

最重要的氘的化合物是重水 D_2O ，它是普通水 H_2O 的类似物。两种水的物理特性迥异。重水的密度较普通水大10%。当温度在 $11.23 \pm 0.02^\circ C$ 时，重水的密度最大。重水的比重在 $25^\circ C$ 时为 1.10775 ± 0.00016 。重水的粘度较普通水大20%。随着温度升高两者的差异缩小：如在 $15^\circ C$ 时重水与普通水的粘度比为1.258，在 $20^\circ C$ 时为1.247， $30^\circ C$ 时为1.228， $40^\circ C$ 时为1.212， $50^\circ C$ 时为1.199。重水的表面张力为71.93达因·厘米，只比普通水的表面张力(71.97达因·厘米)略小。

在重水的光谱上有一个宽带，与普通水的OH光谱带相当。然而，在 D_2O 存在的情况下，由于氘的质量较大，故光

谱带移向低频区。最宽的OD光谱带,其频率 $\nu = 2535$ 厘米⁻¹。 D_2O 的3%水溶液,其特点是光谱带较窄,当频率 $\nu = 2560$ 厘米⁻¹时其光谱带最宽; D_2O 的3%丙酮溶液其光谱带最宽时是当 $\nu = 2600$ 厘米⁻¹。显然,在OD基(或OH基)的激活现象中,起重要作用的是共振效应。因此,从相互共振的观点看来,显然很重要的一点是, D_2O 分子是被什么所包围——是轻水分子还是重水分子。

与普通水比较起来,重水较难溶于有机液体。如果将重水的溶解度算作1,那么普通水的溶解度就是1.03—1.43。此外,重水还是一个较差的溶剂。例如,如果在25°C时1升普通水可溶解4.34克分子NaBr,那么在相同温度下,1升重水只溶解3.21克分子NaBr。

在正常大气压下重水的沸点为101.41°C,亦即较普通水高1.41°C。重水的蒸发热也较高:当温度为3.82°C时其蒸发热为11,109卡/克分子(普通水为10,702卡/克分子);当温度为100°C时,则分别为9,927(D_2O)和9,719(H_2O)卡/克分子。由此可见,随着温度的升高,两者的差别减少。重水和普通水的蒸发热比率:3.8°C时为1.038;10°C时为1.034;25°C时为1.031;40°C时为1.028;100°C时为1.021。

重水的晶体结构与普通水的晶体结构没有什么不同。重水晶体 α 晶格的基本参数,只比普通水的晶体小0.1%。重水的熔解温度为3.79°C,而熔解热则为 $1,515 \pm 10$ 卡/克分子,亦即较普通水(1,436卡/克分子)大5.5%。重水三相点的升华热为 $12,631 \pm 20$ 卡/克分子,而普通水则为12,170卡/克分子,升华热的比率为1.04。重水的热容量在0°C时为20.13卡/克分子,而普通水则为18.00卡/克分子(比值为1.12)。随着温度的升高,重水与普通水热容量差别越来越不显著:20°C时比值为1.006,40°C时为1.004,60°C时为1.002。