

切尔诺贝利事故后的科学前景：社会、健康和

关于切尔诺贝利事故 10 年后在维也纳召开的国际大会技术专题会议上讨论的问题的报告

环境后果

由专题会议 5：“环境的后果”报告人、美国的 Mona Dreicer 女士和专题会议副主席、俄罗斯联邦奥布宁斯克农业放射学与农业生态学研究所 Rudolf Alexakhin 院士提出的报告。

公众和决策者经常提出的问题是：“专家怎么看切尔诺贝利事故造成的环境损害？对未来能预期什么？”

得出一个唯一的答案是困难的，因为当时的环境污染水平变化很大、缺少可显示各种环境后果的统一度量单位，以及对这些后果有许多可能的解释。辐射防护界传统上认为，如果人类群体受到保护，则自然环境自然就受到保护。因此在大多数情况下，只从对人类的影响的角度来考察环境后果。正是由于这个原因，在过去 10 年中，人们一直在积极地研究（以所谓的对策）限制环境中放射性核素迁移的自然过程的最有效方法。除了为制定适用于受事故影响地区的辐射防护政策提供重要信息外，还在基础放射生态学方面取得进展。

下面简要总结切尔诺贝利事故所致放射性核素向环境初始释放的最新估计、增高

的辐射水平对厂址附近植物和动物产生的已被观察到的影响，和放射性核素在环境中的迁移。

对放射性释放的最新估计。人们对该事故引起的初始环境释放的各种估计，已取得广泛一致。所释放的物质大部分是短半衰期放射性核素。一些放射学上重要的放射性核素（碘-131、铯-134 和铯-137）向环境的释放量现在估计要比 1986 年估计值高 1—2 倍，即分别为 2 艾贝可（EBq）、50 拍贝可（PBq）和 90 PBq。不过，对源项的重估不影响对个人剂量的评估，后者基于在受影响地区进行的环境或全身测量。10 年后仍然存在于环境中的放射性物质的总量，已衰变到长寿命放射性核素（主要是铯-137 和锶-90）的约 80 PBq，或所释放总量的约 1%。（见下页表）。

过去 10 年里，这些长寿命放射性核素所致污染的总体情况基本未变，物质的二次迁移微乎其微。被毁反应堆释放的热燃料颗粒，是该事故的那些使其有别于武器落下灰物质的因素之一。在被毁反应堆近旁，这些颗粒开始分解，需要进一步研究才能了解其在环境中的最终分布。

对植物和动物的直接影响。距被毁反应堆 30 千米半径范围内的植物和动物接受了事故刚发生后释放的最高剂量。在一些地方，污染水平通常达到数十兆贝可（MBq）每平方米（数千居里每平方千米）。在头一个月

环境效应



上图:30千米隔离区内一株开着花的栗树。右图:在事故后林木被砍伐的切尔诺贝利核电站(地平线处)附近,新树重新长出。(来源:Eric Voice)

内,短寿命放射性核素对植被和小动物的外照射剂量相应地达约数十戈瑞(Gy)。至1986年秋,土壤表面的剂量率降低到初始值的百分之一。

据报道,对植物和动物的直接辐射损伤仅限于30千米隔离区以内的局部地区。自然环境中的不同生物体受到过高剂量照射,并且部分辐射敏感的生态系统遭到了致死剂量。在最邻近地区的针叶林中和有些小的哺乳动物中,观察到了这些致死效应。

虽然在某些个别动物身上观察到高辐射剂量造成的直接严重效应,但在改变群体总体健康方面并不一定是显著的。例如,事故后早期,在被毁反应堆附近受污染牧场牧养的奶牛接受了数百戈瑞的甲状腺剂量,导致甲状腺萎缩和全部坏死。对于其他生态系统和个别动植物,则没有观察到致死效应。

作为1986年4月切尔诺贝利事故的结果残留在全球环境中的放射性物质

重要的放射性核素	1986年释放量(PBq*)	1996年残留量(PBq)	2056年残留量(PBq)
I-131	1200-1700	0	0
Sr-90	8	6	1.5
Cs-134	44-48	1.6	0
Cs-137	74-85	68	17
Pu-238	0.03	0.03	0.02
Pu-239	0.03	0.03	0.03
Pu-240	0.044	0.044	0.03
Pu-241	5.9	3.6	0.2
Am-241**	0.005	0.08	0.2

* 1PBq=10¹⁵Bq。修正到事故发生之日1986年4月26日的释放衰变估计值。**1986年以来,钚-241的活度一直在增加,因为钚-241是铀-241(半衰期14年)的子体产物。任何放射学预测都必须考虑这种增加;不过,钚-241产生的剂量将不会超过其他放射性核素目前产生的剂量。



大多数情况下,受过辐射影响的植物和动物群体在数年内会恢复正常。在该电厂周围3000公顷区域内可看到这类例子:到1988—1989年,受到损害的针叶树已恢复它们的生殖机能,今天看来它们将会完全恢复。在30千米隔离区以内部分地区的长期剂量率也许已降低了部分种类动物的生殖力,但其它受影响的动物群体看来已经恢复正常。特定群体长期健康状况方面已观察到的一些变化的意义目前尚难确定。

1988—1989年,传媒曾报道30千米隔离区以外的一些农业牲畜有严重出生缺陷。不过,据证明在乌克兰,这些见诸报道的出生缺陷出现频率在受高度污染和未受污染的区域是相似的。于是人们得出结论:这些缺陷不是增加的辐射剂量造成的。一直没有进一步的关于在农场牲畜中已观察到严重效应的报道。

虽然一直有一些关于高剂量率地区发生线粒体染色体损伤并已传给后代的报道,但另有证据支持这种受辐射损伤染色体能够完全恢复的说法。关于在剂量曾很高的地区,植物和动物受到潜在的长期遗传性影响问题,如今没有普遍一致的看法。

10年后,低剂量长效辐射的主要来源是残留的几种铯放射性核素。在一些隔离点,外照射剂量可能仍然是约1毫戈瑞每日。不过,即使在30千米隔离区内,自然环境看来也在恢复。由于居民已从30千米隔离区内迁出,动植物群落的数量和种类发生了某些变化,但是这些变化是由土地废弃而不是因辐射效应造成的。由于没有人类的干预,一些自然群体兴旺起来。尚未发现任何植物或动物物种已从受污染最严重的地区永久消失的证据,不过有些地区除外,在这些地区涉及土壤移出的清理活动已显著改变了其生态系统。

环境中的污染。在半自然环境中,控制放射性核素从表土向草原生态系统中植物迁移的关键因素是土壤中粘土和有机质含量以及土壤湿度。总的说来,目前的迁移率是低且稳定,预期今后几十年也将是这样,即使土壤中放射性物质的水平降低。铯-90的转移比铯-137快,但不同类型土壤对此的影响是类似的。在做出将草原长期用作奶牛牧场的决定中,迁移率是需考虑的重要因素。

今天,森林生态系统受到的几乎所有污染都在表土中被发现。放射性铯从土壤经树根迁移,在树中被浓集在新生长的年轮中。这虽不是大问题,但将会增加木材中铯-137的含量。尚未找到有成本效益的对策来减少这种迁移。

在半自然牧场、森林或山区牧养的猎物 and 人们消费的野生食品(如浆果和蘑菇),将在今后几十年内继续显示有升高的铯-137水平。在白俄罗斯、乌克兰、俄罗斯以及北欧国家和联合王国的一些地区,这些食品可能仍受到超过各国采纳的严格限值的污染。铯-137在这些地区保持的时间比在农业环境中的更长,将被更长期地转移到食品中。

1986年以来,在农业环境中,一些能够显著降低铯和锶进入食品的对策的有效应用,不断得到证明。污染水平、土壤类型、土壤湿度,以及作物类型是重要的影响因素。例如,由于土壤类型不同,牧场和牛奶之间的转移因子可相差数百倍。这清楚地说明,这些对策的正确应用具有很强的场地特定性。比较简便、省钱且成功的农业对策包括:对表面受污染土壤进行深耕;向农业用地添加肥料或其他化学品;改变作物类型;改变牲畜饲养办法和屠宰时间;应用浸过“普鲁士蓝”的舐盐和药丸来减少铯向牲畜的转移;以及把家畜转移到未污染的牧场。(见本期第38页有关文章。)

水生态系统已被证明能耐放射性污染,后者逐渐浓集于沉积物中。即使在切尔诺贝利核电厂的冷却池中,受到影响的也只是某些人群,并且没有资料证明存在长期直接辐射效应。进入淡水系统的放射性物质的量与总的沉积量相比较少。地表水的放射性活度水平在事故后一个月内急剧下降。无论公众的感觉如何,目前水库中的污染水平远低于表明水质下降的标准。不过,鱼类可能积累放射性核素,在某些地方(甚至在瑞典等高得远的国家)可能需要采取一些对策。

结论。可以得出的结论是,虽然在高辐射水平下,部分高剂量率地区的自然环境显示有短期影响,但显著的长期影响是否存在尚待观察;同时,虽然可采取有效的对策来减少污染从环境向人类群体的转移,但这些对策具有很强的场地特定性,因而必须从实用性上加以评估。如果恰当地实施了农业对策,则未来剂量将主要源于在自然和半自然生态系统中进行的食物采集活动和消遣活动。 □