

【论著】

某地私自开采铀矿所致民居辐射水平
及放射卫生学评价

杨芬芳, 陈东辉, 向佳民, 黄正前

中图分类号: R145; R146 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2005)01-0019-02

【摘要】 目的 了解私自开采铀矿给家庭成员带来的辐射剂量负担情况, 估算出被污染民居里生活人群由生活环境带来的年辐射有效剂量, 为有关政府部门的采取整治行动提供依据。方法 采用 LB-123 多功能辐射测量仪对民居生活环境的外照射辐射水平及表面污染进行检测, 同时测出住宅内外的²²²Rn 及其子体浓度, 并采集当地生物及水样进行核素分析, 从而估算出家庭成员的年有效剂量。结果 被污染村民甲家成员年有效剂量为 13.75 mSv。结论 这种私自开采铀矿已造成了被污染环境生活群体的剂量大大超过天然辐射本底的正常水平, 应予以关注。

【关键词】 民居; 辐射水平; 卫生学; 评价

The Evaluation of Radiation Hgiene in Certain Village House Which the Inhabitant Illegally Had Mined Uranium, YANG Fen-fang, CHEN Dong-hui, XIANG Jia-min, et al. *Hunan Provincial Institute for Labor Hygiene and Occupational Diseases, Changsha 410007, China.*

【Abstract】 **Objective** To find out the radioactive dose burdens of inhabitants as a result of illegal uranium-mining. Estimate the annual effective dose of the inhabitants who lived in the radioactive contaminated area. Provide basis for the government department concerned to take punishing actions. **Methods** The radioactive dose level and contamination on surface was determined with LB-123 multilateral function instrument in the life environment. ²²²Rn and its daughter's potential alpha energy concentration inside and outside the contaminated houses had been determined. Meanwhile, we had collected the specimens of food and drinking water to analyse contents of natural radionuclides thus estimate the annual effective dose of the inhabitants. **Results** The annual effective dose of inhabitants who lived in contaminated village house A was 13.75 mSv. **Conclusion** Illegal uranium mining had brought about the fact that the annual effective dose of the inhabitants who lived in contaminated environment was markedly high above the normal level.

【Key words】 House; Radioactive Dose Level; Hygiene; Evaluation

在某些山区储有丰富的铀矿资源, 近两年来, 陆续出现村民私自开采铀矿的现象, 虽经当地矿管、环保、公安、工商等部门多次联合整治, 但屡禁不止, 当地村民将开采的原矿石分批贮存于自己家中, 然后集中出售。矿石贮存地点有楼梯间、杂屋、猪栏等处; 矿山被查封后, 又将被污染的采掘工具搁置家中, 使得家人在日常生活中受到了不必要的放射性照射, 也造成了生活环境的污染。笔者就村民生活环境的放射性水平进行了调查, 并对村民受照剂量进行了分析研究。

1 材料与方法

1.1 外照射测量点选择 考虑到采矿人员均为当地村民, 生活卫生习惯比较一致, 在住宅内存放过高品位原矿, 被污染的采掘工具用于一般劳动作业。因此, 可能造成了生活环境的污染, 在检测点的选取上尽量包括日常生活常居位置, 原矿石堆放位置, 测量了周围剂量当量率并估算了典型居民的年周围剂量当量。

1.2 室内氡气浓度 选取在卧室、客厅和室外测量氡浓度。选取堆放过矿石和采掘工具的家庭的室内地面、器具表面测量表面污染。

1.3 对照测量点 在同村找一家未参与采矿的村民住宅选取相应点进行检测。

1.4 样品采集 为了解放射性污染情况, 分别采集

了从村庄流过的小溪水, 村民从山上引下来的泉水, 分别对它们进行了总 α 、总 β 测定, 并采集了住宅边生物样, 土壤样, 分别对它们进行了²³⁸U、²³²Th、²²⁶Ra 的比活度测定。

1.5 检测仪器 外照射及表面污染检测仪器为德国产 LB-123 多功能辐射检测仪; 室内氡浓度测量采用气球法, 测子体采用库斯涅茨法, 仪器为 KF602D 氡子体测量仪; 饮用水(山泉水)及溪水的总 α 、总 β 检测仪器为 FJ2603 低本底 α 、 β 测量仪; 活度浓度的测定采用美国产 OTEIC 公司 EG50 型 γ 能谱仪。

1.6 居民总有效剂量 E_T 按下式计算^[1]:

$$E_T = H_P(d) + \sum e(g)_{j, \text{ing}} I_{j, \text{ing}} + \sum e(g)_{j, \text{inh}} I_{j, \text{inh}}$$

式中: $H_P(d)$ —贯穿辐射照射所致的个人剂量当量(mSv), 以周围剂量当量率(某一时段所处地点的平均值)乘以居留时间来估算, 其中居留时间取床上睡觉 8 h, 客厅、厨房及室内各处活动 10 h, 室外活动 6 h, 村民近距离(1 m)接触矿石堆总时间为 10 h; $e(g)_{j, \text{ing}}$ 和 $e(g)_{j, \text{inh}}$ —同一期间内 g 年龄组食入和吸入单位摄入量放射性核素 j 后的待积有效剂量(mSv); $I_{j, \text{ing}}$ 和 $I_{j, \text{inh}}$ —同一期间内食入和吸入放射性核素 j 的摄入量, 每人每天的饮水和食物量按 2.2 kg 计算, 一年中食入量为 803 kg; 平均呼吸量, 公众取值 $0.96 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

上式中氡及其子体除外, 对于氡子体的照射, 利用的转换系数为 $1.1 \text{ mSv}/(\text{mJ} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3})^{1.2}$ (住宅中)。

2 结果

对村民生活环境的放射性调查结果分别列于表 1~5 中, 被污染村民甲家成员年有效剂量估算结果列

于表 6 中。

表 1 周围剂量当量率测量结果($\mu\text{Sv/h}$)	
测量位置	测量结果
县城某空坪内	0.12
县城一办公室	0.14
村民甲家大门口	0.34~0.37
客厅	0.30
楼梯下糠桶内	0.66
楼梯间地面(存过矿石, 现有采掘工具)	0.54~10.78
卧室内	0.36
卧室床上	0.35~0.38
空猪栏内(有采掘工具)	2.79
鸡笼旁	7.5~9.0
有猪的猪栏内(旁边有一小袋矿石)	1.95~3.78
矿石堆表面	864.44
矿石堆 1 m 处	346.75
小袋矿石表面	53.90
门前小溪	0.33~0.43
房侧稻田田埂	0.17~0.25
村民乙家(未参与采矿)住房	0.24
客厅	0.25
房前走廊	0.27
村民丙家(未参与采矿)厨房	0.22
村民丁家一楼楼梯间(存有采掘工具)	2.25~18.95
采掘用过的矿灯旁	6.45
采掘用过的绳子	10.47
采掘用过的斗车	5.57
装矿石用过的编织袋	19.15
客厅内	0.53

注: 当地(村庄)室内外天然放射性本底 0.22~0.27 $\mu\text{Sv/h}$.	
表 2 表面污染测量结果(Bq/cm^2)	
测量位置	测量结果
村民丁家客厅地面	0.58
铀矿山采掘用绳	68.6
铀矿山采掘用斗车	73.6~86.7
铀矿山采掘用矿灯	11.3

表 3 水样分析结果(Bq/L)		
样品名称	检测内容	检测结果
饮用水	总 α	0.26
	总 β	0.053
溪水	总 α	1.05
	总 β	0.12

表 4 固体样品分析结果(Bq/kg)		
样品名称	核素	活度浓度
土壤	^{238}U	82.2
	^{232}Th	99.5
	^{226}Ra	105.4
生物混合样(青菜、谷物、副食等)	^{238}U	0.098
	^{232}Th	0.045
	^{226}Ra	0.0073

表 5 室内氡及其子体浓度结果		
地 点	^{222}Rn 浓度(Bq/m^3)	氡子体浓度($\mu\text{J/m}^3$)
村民甲卧室	396.7	0.99
村民甲客厅	275.3	0.68
村民甲室外	42.3	0.095

表 6 被污染村民甲家成员年有效剂量估算结果			
贯穿辐射剂量	待积有效剂量	^{222}Rn 子体剂量	年有效剂量
7.35 mSv	0.26 mSv	6.14 mSv	13.75 mSv

3 讨论

(1)该村是富铀山区, 天然本底比县城高出许多, 为 0.22~0.27 $\mu\text{Sv/h}$, 而村民住房内最高点为 19.15 (矿石堆除外), 超过本地天然本底 77 倍, 可见由于将铀矿石、采掘工具带回家储存, 采掘工具在一般劳动作业中使用, 已造成了家居生活环境的污染。

(2)按电离辐射防护与辐射源安全基本标准^[1]的要求, 铀矿采掘用品其 α 表面污染水平必须达到 0.08 Bq/cm^2 以下后, 才能做一般物品使用。从检测结果可以看出, 该村的采掘工具均不能在一般场所存放和使用。村民住房地面的表面污染水平也超过国家标准的限值。有关部门应采取措施对分散到各家的采掘工具进行处置, 并对污染环境进行清污。

(3)饮用水的辐射水平未超过国家相关标准总 $\alpha<0.5 \text{ Bq/L}$; 总 $\beta 1.0 \text{ Bq/L}$ 。但超过当地省内平均辐射水平总 $\alpha: 0.0218 \text{ Bq/L}$; 总 $\beta: 0.0603 \text{ Bq/L}$ 许多。溪水比山泉饮用水又高出许多。

(4)铀矿石在部分村民家中存放了约三个月时间, 本报告中贯穿辐射剂量当量中有较大一部分来自于矿石堆(4.04 mSv), 对该部分剂量估算比较粗略, 高品位矿石堆表面剂量率达 864.44 $\mu\text{Sv/h}$, 有些参与搬运矿石的家庭成员的剂量会大大高出上述值。

(5)民居内 ^{222}Rn 浓度比某省室内 ^{222}Rn 浓度^[3] 平均值 42.8 Bq/m^3 高出近 10 倍, 与煤渣建材住房调查值^[4] 245~296 Bq/m^3 接近, 应引起当地政府有关部门的重视。

(6)对于家庭成员中的儿童, 其待积有效剂量比表 6 中的值更高。村民甲家成员年有效剂量估算结果为 13.75 mSv, 由此可见, 这种私自开采铀矿已造成了被污染环境生活群体的剂量大大超过天然辐射本底对成人所致有效剂量 2.4 mSv/a ^[2], 应予关注, 加大宣传, 严禁私自开采铀矿, 已开采的矿石应就地妥善处理。

参考文献:

[1] GB18871—2002, 电离辐射防护与辐射源安全基本标准[S].
[2] UNSCEAR: Sources and Effects of Ionizing Radiation[R]. New York, 2000.
[3] 罗开训, 高益群, 周朝玉, 等. 湖南省溶洞中氡及其子体浓度与剂量估算[J]. 中国辐射卫生, 1996, 1(5): 36.
[4] 罗开训, 袁镛龄, 李植纯, 等. 煤渣建材住房内氡及其子体浓度与剂量估算[J]. 中国辐射卫生, 2001, 2(10): 76.

(收稿日期: 2004—09—13)