

Замърсяване с олово в зоната на стрелбище „Ловен парк - София“

Росица Илиева*, Милен Венелинов*, Петър Стамберов*, Гюлджан Ахмедова**

* *Лесотехнически университет, София*

** *Държавна агенция „Електронно управление“, София*

E mail: rossitz@abv.bg

Резюме

Изследвано е съдържанието на олово, попаднало чрез ловните сачми в почвата и биоаккумуляцията му в тъканите на някои животински и растителни видове на територията на ловно-стрелковия комплекс „Ловен парк – София“.

Установени са многократно завишени показатели за съдържание на олово в изследваните обекти като при почвите количеството му намалява в дълбочина, а при растенията – с увеличаване на отстоянието от огневата линия. Резултатите от токсикологичния анализ на земни червеи (*Lumbricus terrestris*) в зоната за стрелба показват много високо средно съдържание на олово, което се потвърждава с абсолютна статистическа достоверност ($p < 0,001$) спрямо контролата.

Ключови думи: олово, замърсяване, почви, растителност, фауна

Lead pollution in the Shooting Area „Loven Park – Sofia”

Rossitza Ilieva*, Milen Venelinov*, Petar Stamberov*, Giuldjan Ahmedova**

**University of Forestry, Sofia*

***State Agency for Electronic Governance, Sofia*

E mail: rossitz@abv.bg

Abstract

The content of lead found in the soil and its bioaccumulation in the tissues of some animal and plant species on the territory of the hunting and shooting complex “Loven Park – Sofia” has been investigated.

Higher levels of lead content have been found, as in the case of soils its quantity decreases in depth and in plants – increasing the distance from the firing line. The results of the toxicological analysis of worms (*Lumbricus terrestris*) in the shooting area show a very high average lead content, which is confirmed with an absolute statistical confidence ($p < 0.001$) relative to the control.

Key words: lead, pollution, soils, flora, fauna

Заниманията по спортна стрелба (трап, скийт и др.) на специално изградените за целта стрелкови комплекси би могло да доведе до повишаване съдържанието на олово в околната среда. Под формата на цели оловни сачми или като фини частици в почвите, почвената фауна, водните басейни и растителността, в зоните на стрелковите комплекси се натрупват значителни количества олово, което предизвиква замърсяване и нарушаване на екологичното равновесие в района.

Направените изследвания в световен мащаб относно полуразпадът на оловните сачми в почвата са установили, че елементът-замърсител се освобождава за 40 до 70 години, а цялата сачма би се трансформирала след повече от 100 години. Въпреки ограниченията за използване на оловни сачми (от 01.06. 2008 г. в България е в сила Забрана за използване на оловни сачми във влажните зони) значителни количества от този метал се депозират в растителните и животински местообитания на ловните и стрелбищни обекти и постъпват по хранителната верига до крайният консуматор. Спортната стрелба също е свързана с отлагането на големи количества олово на територията на ловно-стрелбищните комплекси.

Много изследователи са установили негативното въздействие на оловните боеприпаси върху околната среда. Cao et al. (2003a) е установил значително повишение на концентрации на олово в почвата, водата и растителността в четири спортно-ловни полигона, които е наблюдавал.

Изследванията на Edwards (2002); Cao et al. (2003b) установяват, че разрушаването на оловните мунициии зависи пряко от рН на почвата и количеството органична материя, а Edwards стига до извода, че ареалът на дисперсност на изстреляните сачми е изключително широк. Били открити сачми, попаднали в растителни видове на разстояние повече от 100 m отстояние от мишените, докато фините прахови оловни частици, фрагментирали вследствие на самият изстрел, били открити в близост до огневата линия с потенциал за задържане и натрупване в околната среда.

Някои проучвания установяват повишено съдържание на олово в тъканите на влечуги, обитаващи интензивно използващи се ловни райони и стрелбища, което предполага наличие на оловна контаминация по хранителнителната верига. Друг път на попадане на олово в животинският организъм е чрез директно поемане на оловни фрагменти. Повишени концентрации са открити и в безгръбначни, които обитават подобни зони и се хранят със замърсени с олово растителни видове (Hui, 2002, 2011).

В България изследванията за замърсяване с тежки метали на почви, води, растителни и животински видове, обитаващи територията на ловно стрелковите комплекси са ограничени. В отчет по българо-норвежки проект (2011) са оповестени резултати от изследване на повърхностни води, почви и растения от площадката на военен полигон „Змейово“, където анализът на резултатите показва, че съдържанието на тежки метали са в границите на максимално допустимите концентрации.

Целта на изследването е да се проследи съдържанието на олово, попаднало чрез ловните сачми в почвата и биоаккумуляцията му в тъканите на някои животински и растителни видове на територията на ловно-стрелковия комплекс „Ловен парк – София“.

Изследванията са част научен проект „Проучване и оценка на риска от замърсяване с олово на почви, растителни и животински видове, намиращи се в зоната на ловно-стрелкови комплекси в България“, финансиран от ЛТУ – София.

Материал и методи

Стрелбищен комплекс „Ловен парк София“ е нефункциониращ в момента, но до 1951 год. там са провеждани стрелби. Няма данни за интензитета на стрелбите, количеството и вида на използваните боеприпаси. Независимо, че е прекратило дейността си, стрелбището е избрано за обследване поради факта, че се намира в паркова зона с висока посещаемост. То е и в непосредствена близост до река Драгалевска

и поройно дърво, което дава възможност да се проследи пътят на замърсителя (фиг. 1).

Поради равнинният характер и формата на терена, пробонабирането в посочения обект бе извършено по двойно кръгова схема. Определено бе началото на огневия рубеж, посоката на стрелбата и далечината на полета на сачмите, равна на 60 m. и бяха изготвени два концентрични кръга с радиуси 15 и 25 метра от центъра на определения обхват на стрелбата. Пробовземането се извърши през 5 cm в дълбочина, съответно 0-5 cm, 5-10 cm и 10-15 cm, като от центъра е предвидено взимането на средна проба от дълбочина 15-40 cm. Отделно са взети фонова проба, съставена от 4 усреднени пробовземания, взети извън зоната на стрелба, както и проби от дънни утайки от пресъхнало дърво, намиращо се в близост до стрелбището, но извън зоната на стрелба. Също така са взети растителни проби и проби от земни червеи.



Фигура 1. Местоположение на стрелбище „Ловен парк София“

Figure 1. Location of Shooting range "Loven Park Sofia"

Методите на изследване включват потенциометрично определяне на рН на почвата във воден извлек, определяне съдържанието на олово – чрез разлагане с царска вода и

последващо измерване на AAS, XRF анализ.

Резултати и обсъждане

1.1. Съдържание на олово в почвата

Обобщените резултати, включващи определяне на водородно-йонна концентрация (рН) и количеството на олово (mg/kg) в почвени проби от „Ловен парк – София“ са представени в таблица 1.

Съдържанието на олово в почвените проби от повърхностния 0-5 cm слой (n=9) на стрелбищен комплекс „Ловен парк – София“ показва средни стойности – $4136,23 \pm 1656,99$ mg/kg, завишени повече от 50 пъти спрямо фоновата проба, взета извън обсега на полет на сачмите (77,4 mg/kg), и над 20 пъти по-високи спрямо максимално допустимите количества за паркове и населени места, регламентирани в Наредба 3 от 1.08.2008 г. при рН на почвата <6,0. На направената рентгенографска снимка на повърхностния 0-5 cm слой ясно се различават частиците от оловни сачми (фиг.2).

В подповърхностният слой 5-10 cm получените средни стойности за съдържание на олово от $3885,19 \pm 1295,06$ mg/kg превишават многократно отчетените извън диапазона на стрелба при статистически достоверни отклонения спрямо контролната проба ($p < 0,05$).

Подобна тенденция се запазва и на дълбочина 10-15 cm в почвата, въпреки, че средното съдържание на олово от $1545,96 \pm 473,36$ mg/kg на тази дълбочина е два пъти и половина по ниско, отколкото в повърхностния 0-5 cm слой. Статистическата достоверност спрямо контролата е значима ($p < 0,01$).

Измереното в слоя 15-40 cm съдържание на олово от 104,1 mg/kg (1,4 пъти над контролата) показва, че макар и в по-слаба степен, замърсителят мигрира в дълбочина.

При направените анализи на проби от дънни утайки от пресъхналото дърво, намиращо се в близост до стрелбището, но извън зоната на стрелба се установи съдържание на олово от 2045,1 mg/kg, което е ясен знак за пренос на замърсяването с повърхностния воден отток.

Измерените средни стойности на киселинно-

алкалното състояние (pH) и в трите почвени слоя са относително постоянни величини между 5,6-5,7, съответстващи на стойностите за контролната почвена проба, където pH е 5,6.



Фигура 2. Повърхностен слой почва, съдържащ частици от оловни сачми

Figure 2. Roentgenography of a surface layer of soil containing particles of lead pellets

Направеният рентгенофлуоресцентен (XRF) анализ показва наличие на олово с характерни пикове 10,5; 13 и 15 keV (1,5-6 условни единици – а.у.), както и присъствие на желязо (фиг. 3). Необходимо е да се уточни, че методът на XRF е чувствителен за химични елементи след № 21 в периодичната система на Менделеев (след Ti). Неясно дефинираните пикове след 15 keV най-вероятно се дължат на по-голямо количество Ca, P, Mg и др., участващи в кристалната решетка на вторичните минерали. Фигура 3 е представителна за поредицата измервания на почвени проби от различни места по схемата за опробване.

1.2. Съдържание на олово в растителни видове и гъби

Резултатите за съдържание на олово в растителни видове на територията на стрелбищен комплекс „Ловен парк – София” показват завишени нива. Според изследванията на M.S.Li et. al. (2007) концентрацията на олово в незамърсената пасищна тревна растителност рядко

надвишава 5 mg/kg. При нашите изследвания бе установено, че средното съдържание на олово в житни треви, отчетено в зоната за стрелба е 7,7 mg/kg, като в кореновата система бяха отчетени многократно по-високи стойности от 125,3 mg/kg в сравнение със съдържанието в надземната биомаса. Пробите от разнотравие показаха средно съдържание на олово 29,3 mg/kg, а тези от обикновен дъб (*Quercus robur*) – 14,3 mg/kg.

Гъбите челядинки (*Marasmius oreades*), събрани от полигона на „Ловен парк – София” са със силно завишени нива на олово, съответстващо на високите концентрации в почвите. Пробите от гъби, отстоящи на 60, 90 и 120 метра от огневия рубеж са със съдържание на олово между 1042,3 mg/kg и 597,7 mg/kg, което е 4 до 7 пъти по-високо от резултатите, получени извън зоната на стрелба (148,7 mg/kg)*.

Европейската общност е приела няколко регламента за съдържанието на различни тежки метали в храните (Регламент (ЕО) № 1881/2006 и Директива 2001/22/ЕО), като България се е съобразила с тях в действащото си законодателство. Съгласно действащата Наредба 31.9.2004 г., Обн. ДВ. бр.88 от 8 Октомври 2004г., изм. ДВ. бр.51 от 23 Юни 2006г., максимално допустимото съдържание на олово в свежи гъби е 0,1 mg/kg.

1.3. Съдържание на олово в земни червеи

Резултатите от токсикологичния анализ на *Lumbricus terrestris* на дистанция 60 метра от зоната за стрелба показват много високо средно съдържание на олово ($1284,043 \pm 125,853$ mg/kg), което се потвърждава с абсолютна статистическа достоверност ($p < 0,001$) спрямо контролната проба, чието съдържание на олово е 116,07 mg/kg (фиг. 3).

При червеите, обитаващи на дистанция 90 метра от зоната на стрелба, средните нива на олово също са силно завишени ($1012,148 \pm 102,397$ mg/kg) като отново е налице абсолютна статистическа достоверност спрямо контролата ($p < 0,001$).

При земните червеи, получени на дистанция 120 метра от стрелковата зона,

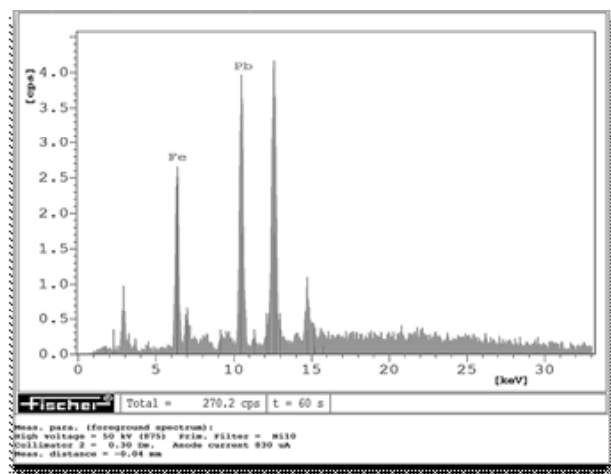
*Получените стойности са за абсолютно сухо вещество средното съдържание на олово е повече от три пъти по-високо от контролата

(460,550 ± 84,987 mg/kg) със статистически значима разлика спрямо отчетеното за контролната група (p<0,01).

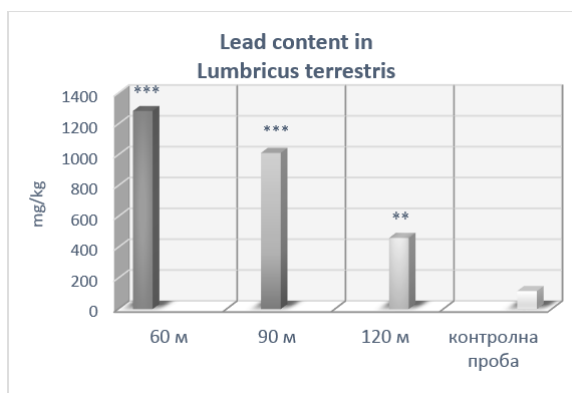
Таблица 1. Средни стойности (x ± SE) на pH и съдържание на Pb в почва от Ловен парк – София
Table 1. Average values (x ± SE) of pH and Pb content in soil from Loven Park – Sofia

Дълбочина, см Depth, cm	Брой проби n Number of samples n	pH $\bar{x} \pm SE$	Pb mg/kg $\bar{x} \pm SE$
0-5	9	5,6 ± 0,07	4136,23 ± 1656,99*
5-10	9	5,6 ± 0,10	3885,19 ± 1295,06*
10-15	9	5,7 ± 0,08	1545,96 ± 473,36**

Статистически значима разлика спрямо контролата: *p < 0,05; **p < 0,01
 Statistically significant difference from the control: *p < 0,05; **p < 0,01



Фигура 3. XRF анализ на почва от стрелбище „Ловен парк – София”.
Figure 3. XRF analysis of soil from the Shooting range “Loven Park– Sofia”



Фигура 4. Съдържание на олово в проби от земни червеи (Lumbricus terrestris), (Статистически значима разлика спрямо контролата: **p < 0,01, ***p < 0,001).
Figure 4. Lead content in earthworm samples (Lumbricus terrestris) (Statistically significant difference from the control: **p < 0,01, ***p < 0,001).

Изводи

Направеното изследване в зоната на стрелбищен комплекс „Ловен парк-София“ е първо по рода си. То показва, че в почвата, почвената фауна и растителността се откриват замърсители от използваните преди повече от 65 години боеприпаси. В изследваните елементи на околната среда – почва, почвена фауна, тревна и широколистна растителност, се откриват многократно завишени количества олово, попаднали чрез оловните сачми.

Съдържанието на олово в почвата от територията на стрелбището многократно превишава максимално допустимите концентрации за паркове и градски територии съгласно Наредба 3 от 1.08.2008 г. Количеството на олово намалява с увеличаване на дълбочината на пробовземането. Замърсителят се пренася чрез водния отток.

Съдържанието на олово в наблюдаваните тревни и широколистни растителни видове в обсега на полет на оловните сачми е значително по-високо от контролата. По-голяма концентрация на токсичния метал се открива в тревните формации, като в корените съдържанието му е по-високо от това в наземните части.

Резултатите от токсикологичния анализ на гъби и почвени червеи показват високи стойности на олово спрямо контролната проба. Количеството на замърсителя намалява с увеличаване на дистанцията от огневата линия.

Във връзка с направеното проучване и установените нива на замърсяване с олово препоръчваме да бъде въведена забрана за бране на ядливи гъби на територията на стрелбището.

Проблемът с оловното замърсяване на околната среда в зоната на стрелбищен комплекс „Ловен парк – София“ се нуждае от бъдещи проучвания и изготвяне на фито стабилизационен проект, изпълнението на който да ограничи преноса на олово към други територии.

Благодарност: изследването стана възможно благодарение на проект „Проучване и оценка на риска от замърсяване с олово на почви,

растителни и животински видове, намиращи се в зоната на ловно-стрелкови комплекси в България“, финансиран от ЛТУ – София.

Acknowledgement: The study is possible thanks to the project „Study and assessment of the risk of contamination by lead of soils, plant and animal species, located in the zone of shooting ranges in Bulgaria“, funded by LTU – Sofia.

Литература

Naredba № 31/29.07.2004. For Maximum Allowable Quantities of Pollutants in Food, Issued by the Ministry of Health, State Gazette, 88/08.10.2004 (Bg).

Naredba № 3/01.08.2008. For the levels of allowed content of harmful substances in soils, Issued by the Ministry of Environment and Waters, the Ministry of Health and the Ministry of Agriculture and Food, State Gazette 71/ 12.08 2008 (Bg).

State and quality of forests. National Report on the Status and Protection of the Environment in the Republic of Bulgaria, 2011 Executive Environment Agency (Bg).

Yablansky Ts. et al. Results of surface waters, soils and plants from the site of the Zmeyovo polygon. 2011. Report on the Bulgarian-Norwegian Project “Assessment, Reduction and Prevention of Air, Water and Soil Pollution in Stara Zagora Region (Bg).

Cao, X., Ma, L. Q., Chen, M., Hardison, D. W., & Harris, W. G., 2003a. Lead transformation and distribution in the soils of shooting ranges in Florida, USA. *The Science of the Total Environment*, 307, 179–189.

Cao, X., Ma, L. Q., Chen, M., Hardison, D. W., & Harris, W. G., 2003. Weathering of lead bullets and their environmental effects at outdoor shooting ranges. *Journal of Environmental Quality*, 32, 526–534.

Edwards D.H., 2002. Lead distribution at a public shooting range. Thesis submitted to the Faculty of Virginia Tech in partial fulfillment of the Requirements for the degree of MSc in geology, Blacksburg, Virginia, pp.41.

M.S.Li et. al., 2007. Heavy metal concentrations in soils and plant accumulation in a restored manganese mineland in Guangxi, *South China Environmental Pollution*, Vol. 147, Issue 1, May 2007, 168-175.

Hui C. A., 2002. Lead distribution throughout soil, flora, and an invertebrate at a wetland skeet range. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* Vol. 65, Issue 15, 1093-1107.