

МАТЕМАТИЧЕСКИ МОДЕЛ ЗА ОЦЕНКА И ПРОГНОЗИРАНЕ НА
СЪДЪРЖАНИЕТО ОЛОВО В ПОЧВАТА ПО ПЪТЯ ВАРНА – ДОБРИЧMATHEMATICAL MODEL FOR EVALUATION AND PREDICTION OF LEAD
CONTENT IN SOIL ROAD VARNA-DOBRICH

ATANASOVA Pavlina Naskova

e-mail:pnaskova@abv.bg

Технически университет - Варна

Проблемите на опазването на околната среда са изключително актуални, като една от сложните екологични задачи за решаване е натрупването на тежки метали в почвата. Въпреки високото ниво на развитие на експерименталната част на биологическата наука не може да се счита, че процесите на миграция на тежки метали в техногенните и природните екосистеми, които са тясно свързани са добре изучени. Сериозни празноти в знанията се очертават, както в областта на процесите, протичащи в отделните биологични подсистеми, така и в механизмите на миграция на конкретните елементи. Това е предпоставка за насочване на усилията към разработване и апробиране на модели за разпознаване и прогнозиране на биологичните явления и процеси, които могат да бъдат приложени в една конкретна задача по контрол и опазване на околната среда

Ключови думи: агроекосистема, моделиране в екологията, почви, тежки метали

The problems of the environment are highly relevant, as one of the complex environmental problems to solve is the accumulation of heavy metals in soil. Despite the high level of development of the experimental part of biological science it cannot be considered that the processes of migration of heavy metals in natural and human ecosystems that are closely related are well studied. Serious gaps in knowledge are emerging, both in processes across biological subsystems and the mechanisms of migration of specific elements. This is a prerequisite for addressing the development and piloting of pattern recognition and prediction of biological phenomena as well as processes that can be applied in a specific task control and environmental protection.

Keywords: agroecosystems modeling in ecology, soils, heavy metals

Увод

Проблемът на замърсяването на околната среда с тежки метали основно се свързва със силното развитие на индустриализацията, като една от най – активните дейности причинител на това замърсяване е транспортната. В резултат на това са възникнали своеобразните техногенни аномалии свързани с олово, образували се и поддържащи се край пътищата с интензивен трафик. Установен факт е, че оловните тетраалкили, добавяни доскоро като антидетонационно средство за повишаване на коефициента на полезно действие на двигателите с вътрешно горене се изхвърлят като оловни окиси, хлориди, нитрати и други във формата на малки твърди частици. Триалкил оловото често е под формата на димер ($R_3Pb-PbR_3$), който при висока температура се разлага и генерира тетраалкилови води. Тетраалкил оловото в бензина на двигателите с вътрешно горене е шок агент, изгарянето на които води до

отделяне на голямо количество оловни съединения, които са под формата на твърди частици. В бензините използвани в България преди 2004г. са включвани като антидетониращи добавки оловни съединения в количества 0,17г/кг за бензин А86 и 0,37г/кг за бензин А93. При изследването на горивните процеси в двигателите с вътрешно горене е установено, че около 20% от оловото остава в изпускателната система на автомобила, а около 80% се изхвърлят с изходящите газове. Привеждат се данни, че около 20% от твърдите частици в отработените газове с размер от 5 до 25 микрона, попадат в непосредствена близост до пътя. По – малките частици (около 60%) падат на – по голямо разстояние от двете страни на пътя (Доброволски 2003). Останалите 20% се разнасят от въздушните маси. Това означава, че около 80% от твърдите частици участват в образуването на крайпътната техногенна аномалия. Опасността от натрупване на оловни

съединения в почвата е свързана с възможностите за тяхната миграция по трофичната верига на животни и хора. На 01.01.2004г. съгласно Протокол от 1998г., към Конвенцията от 1979г. „За транспортните замърсявания на въздуха на далечни разстояния с тежки метали“, производството на оловни бензини в България се преустановява окончателно, като е даден гратисен период до окончателното спиране на използването им. Целта на настоящата разработка е да бъдат оценени по експериментални и моделни изследвания влиянията на законодателните решения върху процесите на акумулация на олово в почвата.

Обект и метод

Като обект е избрана зона от агроекосистема покрай участък от второкласен път II-29 Варна — Добрич до разклона за гр.Суворово. Той е част от републиканската пътна мрежа на България, преминаващ по територията на области Варна и Добрич. Дължината му е 82,3 км, експлоатиран е повече от 40 години. За конкретния пътен участък ще бъде съставен модел, при който периодът ще бъде разделен на две части до и след въвеждането на законодателните ограничения. За да бъде установено доколко тенденциите на натрупване на тежки метали се дължат на нови замърсявания или са резултат от инерционността на процесите на натрупване, ще бъдат сравнени експерименталните данни с прогнозните стойности на математическия модел. Съставеният модел е изграден на база на изследване и тълкуване на резултати от други автори [1,2,3,4,5,6,7,]. При съставянето му, са следвани конкретни етапи:

1. Оценка на основните характеристики на транспортния поток на изследвания участък – общ брой на моторните транспортни средства, разпределението им по типове, вид и разход на горивото;
2. Пресмятане на мощността на емисиите на олово при средноденонощна интензивност на движение
3. Пресмятане на количествата на оловните съединения, отлагащи се в повърхностния почвен слой в зависимост от отстоянието от

източника (банка на пътя).

4. Пресмятане на нивата на замърсяване с олово на почвата на различни разстояния от източника и на различни по дълбочина почвени хоризонти.

Модел за оценка и прогнозиране

1. Оценка на характеристиките на транспортния поток. В резултат на наблюдения и експертен анализ се определят:

- общ брой на моторните превозни средства преминали за денонощие N .

От тях:

Леки автомобили: N_1 с разход G_1 на бензин А 93 (0,37г/кг)

Леки автомобили: N_2 с разход G_2 на бензин А 86 (0,17г/кг)

Пикапи, мини бусове: N_3 с разход G_3 на бензин А 86 (0,17г/кг)

Лекотоварни (до 3,5 т) автомобили: N_4 с разход G_4 на бензин А 86 (0,17г/кг) т.н.

2. Пресмятане на мощността на емисиите на олово [мг/ден]:

$$P_{em} = K_{u.e} \cdot K_o \cdot K_v \cdot K_p \cdot \sum G_i \cdot P_i \cdot N_i \quad (1)$$

Където:

$K_o = 0,6 - 0,8$ - коефициент, отчитащ процента на оловните съединения в изходящите газове;

$K_p = 0,7 - 0,8$ - коефициент, отчитащ частта от оловото, изхвърлено под формата на твърди частици, падащи в почвата (20% до 30% от частиците се разпръскват в атмосферата с аерозолите);

$K_v = 1$ - коефициент, отчитащ влиянието на пътните условия върху средната скорост на движение;

$K_{u.e} = 0,74$ - коефициент за преизчисляване и изравняване на измервателните единици;

N_i - средноденонощна интензивност на движение на автомобилите от i - тия тип [брой МПС/ден];

G_i - средно експлоатационен разход на гориво на автомобилите от i - тия тип [л/км];

P_i - добавено олово към съответния вид гориво, изгорено от автомобилите от i - тия тип [г/кг], (0,37 или 0,17мг/л).

3. Количество на оловото, отлагащо се на повърхността на почвата от двете страни на пътното платно $P_{пов}$ [мг/м²].

$$P_{\text{пов}}(s) = K_M \cdot K_S \cdot U_V \cdot F \cdot T_{\text{прогн}} \cdot P_{\text{ем}} \quad (2)$$

Където:

$K_M = 0,4$ - мащабен коефициент за единиците на измерване;

K_S - коефициент, отчитащ разстоянието от източника на емисиите;

$U_V = 1$ - отчита силата и направлението на вятъра (при двустранна оценка на замърсяване на площите);

F - фоновы стойности на оловото на повърхността на почвата [мг/м²];

$T_{\text{прогн}}$ - време за прогнозиране на бъдещи

замърсявания в дни – $365 \cdot n$; n - години 1-20;
4.Нива на замърсяване на почвата с олово на различни разстояния от пътното платно по хоризонти.

$$P_{\text{почв}}(s,h) = P_{\text{пов}}(s) / h \cdot \rho \quad (3)$$

Където:

ρ – плътност на почвата [кг/м³];

h [м]- дълбочина на почвения профил, в който са разпределени оловните съединения.

След направените изчисления са получени следните резултати.

Таблица 1

Акумулация на олово в повърхностния слой на почвата при S=10м по години

	1год	2 год	3 год	4 год	5 год	6 год	7 год	8 год	9 год	10 год
T [дни]	365	730	1095	1460	1825	2190	2555	2920	3285	3650
$P_{\text{пов}}(s)$	3674,09	7348,18	11022,27	14696,36	18370,45	22044,54	25718,63	29392,72	33066,8	36741
11 год	12 год	13 год	14 год	15 год	16 год	17 год	18 год	19 год	20 год	
4015	4380	4745	5110	5475	5840	6205	6570	6935	7300	
40414,99	44089,08	47763,17	51437,26	55111,35	58785,4	62459,53	66133,62	69807,71	73481,8	

Таблица 2

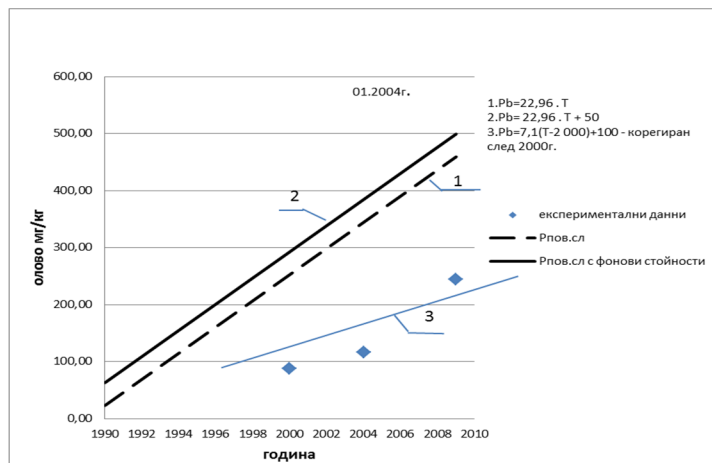
Нива на акумулация на олово в почвен хоризонт h = 0,1 м, S=10м по години

	1год	2 год	3 год	4 год	5 год	6 год	7 год	8 год	9 год	10 год
T [дни]	365	730	1095	1460	1825	2190	2555	2920	3285	3650
$P_{\text{почв}}(s,h)$	22,96	45,93	68,89	91,85	114,82	137,78	160,74	183,70	206,67	229,63
11 год	12 год	13 год	14 год	15 год	16 год	17 год	18 год	19 год	20 год	
4015	4380	4745	5110	5475	5840	6205	6570	6935	7300	
252,59	275,56	298,52	321,48	344,45	367,41	390,37	413,34	436,30	459,26	

На фиг.1 са представени графично прогнозните резултати, получени по моделите за оценка и прогнозиране на съдържанието на олово в повърхностния слой на почвата (h =0-10 см) на разстояние 10м от източника на замърсяване.По вече описаната процедура са получени и

представени два модела, за периода 1990 – 2014г:

- модел за прогнозиране на съдържанието на олово в почвата при приемане на нулев начален фон с уравнение $P_v = 22,96 T$ (зависимост 1);



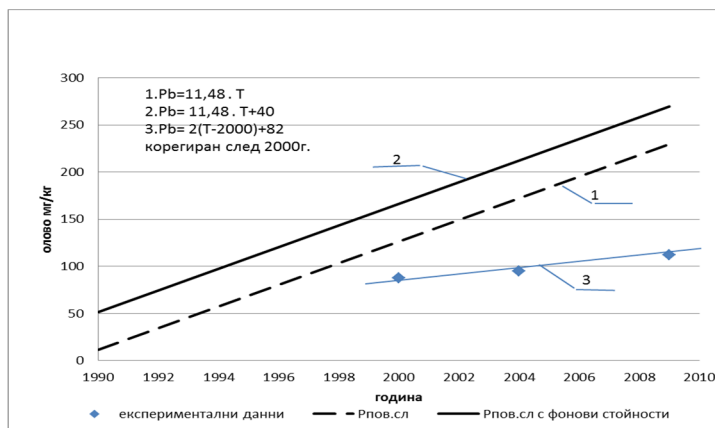
Фиг.1 Нива на замърсяване с олово в почвен хоризонт h=0-10см, S=10м

Таблица 3

Нива на натрупване на олово в почвен хоризонт h = 0,2 м, S=10м по години

	1год	2 год	3 год	4 год	5 год	6 год	7 год	8 год	9 год	10 год
T [дни]	365	730	1095	1460	1825	2190	2555	2920	3285	3650
R _{почв} (s,h)	11,48	22,96	34,44	45,93	57,41	68,89	80,37	91,85	103,33	114,82

11 год	12 год	13 год	14 год	15 год	16 год	17 год	18 год	19 год	20 год
4015	4380	4745	5110	5475	5840	6205	6570	6935	7300
126,30	137,78	149,26	160,74	172,22	183,70	195,19	206,67	218,15	229,63



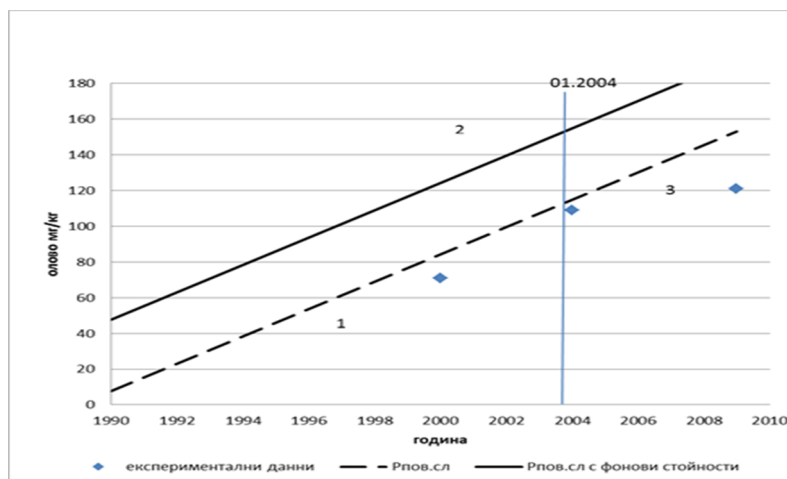
Фиг.2 Нива на замърсяване с олово в почвен хоризонт h=10-20см, S=10м

Таблица 4

Нива на натрупване на олово в почвен хоризонт h = 0,3 м, S=10м по години

	1год	2 год	3 год	4 год	5 год	6 год	7 год	8 год	9 год	10 год
T [дни]	365	730	1095	1460	1825	2190	2555	2920	3285	3650
R _{почв} (s,h)	7,65	15,31	22,96	30,62	38,27	45,93	53,58	61,23	68,89	76,54

11 год	12 год	13 год	14 год	15 год	16 год	17 год	18 год	19 год	20 год
4015	4380	4745	5110	5475	5840	6205	6570	6935	7300
84,20	91,85	99,51	107,16	114,82	122,47	130,12	137,78	145,43	153,09



Фиг.3 Нива на замърсяване с олово в почвен хоризонт h=20-40см, S=10м

Таблица 5

Нива на натрупване на олово в почвен хоризонт h = 0,5 м, S=10 по години

	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год	6 год	7 год	8 год	9 год	10 год
T [дни]	365	730	1095	1460	1825	2190	2555	2920	3285	3650
P _{почв(s,h)}	4,59	9,19	13,78	18,37	22,96	27,56	32,15	36,74	41,33	45,93

11 год	12 год	13 год	14 год	15 год	16 год	17 год	18 год	19 год	20 год
4015	4380	4745	5110	5475	5840	6205	6570	6935	7300
50,52	55,11	59,70	64,30	68,89	73,48	78,07	82,67	87,26	91,85

- модел за прогнозиране на съдържанието на олово в почвата при същите характеристики на трафика, но при начален фон 50 мг/кг, определен от предходните експерименти (1983 – 1986г) с уравнение $P_v = 22,96 T + 50$ (зависимост 2). Резултатите и по двата линейни модела показват, че при запазване на изходните характеристики и условия се очаква достигането в края на периода на много тревожни резултати (съответно 530 и 580 мг/кг).

В действителност обаче тези модели са валидни до 2004 г., от когато е преустановена продажбата на етилизирани оловни бензини. Периодът на валидност на модела е показан с вертикална линия. На същата фигура са представени и две групи от експериментални данни: А – данни, получени по вече описаните предходни изследвания (Плугчиева, Бежарова 1983-1986г.), които могат да бъдат приети като начален фон. На фиг.2, 3, 4, са представени моделните и експерименталните резултати, показващи съдържанието на олово в почвата на разстояние h =10 – 20см, h =20-40 см, h =40-60 см.

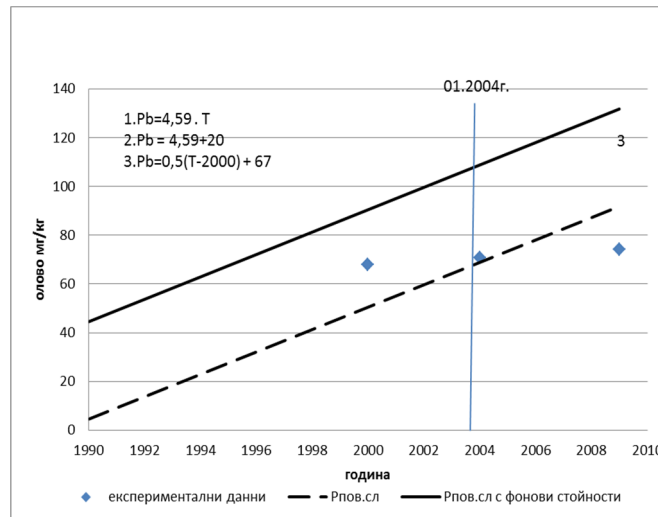
Общата картина не се променя, но

стръмността на зависимостите при увеличаване на h намалява. Това се отнася по-силно до корелираните експериментални модели след 2004г. Същите закономерности се наблюдават и при моделите, показващи съдържанието на олово в почвените хоризонти на 20 и 50м от източника. Тук стойностите значително намаляват, поради което моделите не са графично представени.

Резултати и обсъждане

Резултатите от експерименталните и моделните изследвания показват, че условията за активна защита трябва да бъдат насочени към зоната, отдалечена до 15-20м от източника, дълбочина 0 – 30 см. Въпреки приетите административни мерки съдържанието на олово в почвата продължава да расте макар и с по – бавни темпове. Това показва необходимостта и актуалността на подобни изследвания в две направления:

- влияние на количествата олово върху растителните видове;
- средства и методи за активна защита.



Фиг.4 Нива на замърсяване с олово в почвен хоризонт h=40-60см, S=10м

Таблица 6

Акумулиране на олово в повърхностния слой на почвата при S=20м и S=50м по години

	1год	2 год	3 год	4 год	5 год	6 год	7 год	8 год	9 год	10 год
T [дни]	365	730	1095	1460	1825	2190	2555	2920	3285	3650
P _{пов} (s) S=20м	734,818	7348,18	11022,27	14696,36	18370,45	22044,54	25718,63	29392,72	33066,8	36741
P _{пов} (s) S=50м	220,445	440,891	661,3362	881,7816	1102,227	1322,672	1543,118	1763,563	1984,01	2204,5

11 год	12 год	13 год	14 год	15 год	16 год	17 год	18 год	19 год	20 год
4015	4380	4745	5110	5475	5840	6205	6570	6935	7300
40414,99	44089,08	47763,17	51437,26	55111,35	58785,4	62459,53	66133,62	69807,71	73481,8
2424,899	2645,3448	2865,79	3086,236	3306,681	3527,13	3747,572	3968,017	4188,463	4408,91

Таблица 7

Нива на натрупване на олово в почвен хоризонт h = 0,1 м, S=20м и S=50м по години

	1год	2 год	3 год	4 год	5 год	6 год	7 год	8 год	9 год	10 год
T [дни]	365	730	1095	1460	1825	2190	2555	2920	3285	3650
P _{пов} (s) S=20м	4,59	9,19	13,78	18,37	22,96	27,56	32,15	36,74	41,33	45,93
P _{пов} (s) S=50м	1,38	2,76	4,13	5,51	6,89	8,27	9,64	11,02	12,40	13,78

11 год	12 год	13 год	14 год	15 год	16 год	17 год	18 год	19 год	20 год
4015	4380	4745	5110	5475	5840	6205	6570	6935	7300
50,52	55,11	59,70	64,30	68,89	73,48	78,07	82,67	87,26	91,85
15,16	16,53	17,91	19,29	20,67	22,04	23,42	24,80	26,18	27,56

Таблица 8

Нива на натрупване на олово в почвен хоризонт h = 0,2 м, S=20м и S=50м по години

	1год	2 год	3 год	4 год	5 год	6 год	7 год	8 год	9 год	10 год
T [дни]	365	730	1095	1460	1825	2190	2555	2920	3285	3650
P _{пов} (s) S=20м	2,30	4,59	6,89	9,19	11,48	13,78	16,07	18,37	20,67	22,96
P _{пов} (s) S=50м	0,69	1,38	2,07	2,76	3,44	4,13	4,82	5,51	6,20	6,89

11 год	12 год	13 год	14 год	15 год	16 год	17 год	18 год	19 год	20 год
4015	4380	4745	5110	5475	5840	6205	6570	6935	7300
25,26	27,56	29,85	32,15	34,44	36,74	39,04	41,33	43,63	45,93
7,58	8,27	8,96	9,64	10,33	11,02	11,71	12,40	13,09	13,78

Таблица 9

Нива на натрупване на олово в почвен хоризонт $h = 0,3$ м, $S=20$ м и $S=50$ м по години

	1год	2 год	3 год	4 год	5 год	6 год	7 год	8 год	9 год	10 год
T [дни]	365	730	1095	1460	1825	2190	2555	2920	3285	3650
$P_{пов}(s) S=20м$	1,53	3,06	4,59	6,12	7,65	9,19	10,72	12,25	13,78	15,31
$P_{пов}(s) S=50м$	0,46	0,92	1,38	1,84	2,30	2,76	3,21	3,67	4,13	4,59

11 год	12 год	13 год	14 год	15 год	16 год	17 год	18 год	19 год	20 год
4015	4380	4745	5110	5475	5840	6205	6570	6935	7300
16,84	18,37	19,90	21,43	22,96	24,49	26,02	27,56	29,09	30,62
5,05	5,51	5,97	6,43	6,89	7,35	7,81	8,27	8,73	9,19

Таблица 10

Нива на натрупване на олово в почвен хоризонт $h = 0,5$ м, $S=20$ м и $S=50$ м по години

	1год	2 год	3 год	4 год	5 год	6 год	7 год	8 год	9 год	10 год
T [дни]	365	730	1095	1460	1825	2190	2555	2920	3285	3650
$P_{пов}(s) S=20м$	0,92	1,84	2,76	3,67	4,59	5,51	6,43	7,35	8,27	9,19
$P_{пов}(s) S=50м$	0,28	0,55	0,83	1,10	1,38	1,65	1,93	2,20	2,48	2,76

11 год	12 год	13 год	14 год	15 год	16 год	17 год	18 год	19 год	20 год
4015	4380	4745	5110	5475	5840	6205	6570	6935	7300
10,10	11,02	11,94	12,86	13,78	14,70	15,61	16,53	17,45	18,37
3,03	3,31	3,58	3,86	4,13	4,41	4,68	4,96	5,24	5,51

Results and discussion

The results of experimental and model studies show that the conditions for active protection should be directed to the area remote from the source to 15-20m length and 0-30 sm.depth Although adopted administrative measures level

of lead in the soil continues to grow albeit at a slower pace. This demonstrates the need and relevance of such research in two directions:
 - The impact of the quantities of lead on plant species;
 - Tools and methods for active protection.

Литература: 1.Алексеенко В.А. Геохимия ландшафта и окружающая среда. М.“Наука“ 1990. 142 с.; 2.Добровольский В.В. Основы биогеохимии, Издательский центр „Академия“, 2003., 338с. 3.Добровольский В.В.Свинец в окружающей среда. М.Наука 1987.180с. 4.Елпатовский Л. В. Геохимия миграционных потоков в прородных и природно – техногенных геосистемах. М. „Наука“ 1993. 253 с. 5. Кабата – Пендиас И., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.Мир 1989. 439 с. 6.Лейн А.Ю., Иванов М.В. Глобальные биогеохимические циклы элементов и влияние на них деятельности человека. Геохимия 1998 №2 280 0291 с. 7.Перельман А.И. Геохимия. Высшая школа, Москва 1989.