

Мониторинг на почвите: индикатори на тежкометалното замърсяване и прилагане на GPS техники при оценка на риска

Николай Динев*, Екатерина Филчева

Институт по почвознание „Н. Пушкиров“, София

* E-mail: ndinev@iss-poushkarov.org

Soil Monitoring: Indicators of Heavy Metal Contaminated Soils and Application of GPS Technique for Risk Assessment

N. Dinev*, E. Filcheva

N. Poushkarov Institute of Soil Science, Sofia, Bulgaria

Abstract

Contamination of soil is among the most important degraded processes. Relevant choice of adequate indicators and evaluation of risk is critical question. The aim of present study is to analyze the principles of monitoring of polluted soils. A design of monitoring network and the creation of data-base about soil properties is discussed. Different interpolated maps concerning to distribution of soil groups and organic carbon are shown. Zones with critical concentration of lead (Pb) are mapped. The information about soil status is useful for fundamentals of risk assessment

Key words: monitoring, contaminated soils, soil map, distribution of carbon, distribution of lead

Състояние на проблема

Съгласно Тематичната стратегия за опазване на почвите, приета от Комисията към Съвета на Европа (22.09.2006) почвената деградация е сериозен проблем в Европа. Тя се причинява от човешките дейности, като неправилни земеделски и горски практики, индустриални дейности, туризъм, урбанистични и индустриални разширения и строителни работи. Основните цели са защита и устойчиво използване на земите, основани на принципите: 1) опазване на почвите от по-нататъшна деградация и защита на техните функции; 2) възстановяване на деградиралите почви до функционална устойчивост.

Замърсяването на почвите с тежки метали е сред основните проблемни зони в Тематичната стратегия за опазване на почвите. Въвеждането на нов регламент за стопанисване на такива земи е изискване на Европейския съюз при разработване на Национална Стратегия за Ремедиация.

Замърсяването на почвата е процес на нат-

рупване на вредни вещества от естествен и/или антропогенен източник, чието поведение и концентрации причиняват увреждане на почвените функции, независимо дали се превишават действащите в страната норми.

Замърсяването на почвата води до увреждане на почвените функции и до замърсяване на повърхностни и подземни води. Наличието на замърсители, надхвърлящи определени нива, може да доведе до негативни последици в цялата хранителна верига, всички видове екосистеми и други природни ресурси. Замърсяването на почвата с тежки метали има и пряко социално значение като представлява риск за здравето на населението.

1. Анализ на наличната информация за състоянието на почвите в страната по отношение на деградацията с тежки метали и металоиди.

2. Разработване на концепция и тестване на адекватни индикатори и критерии по отношение на тежкометалното замърсяване на почвите.

3. Сравнителен анализ на агроекологични стратегии и програми.

Особености на почвения мониторинг

В сравнение със системите за наблюдение и контрол на състоянието на атмосферния въздух и на повърхностните и подземни води, почвеният мониторинг е сравнително ограничен и недостатъчно разработен. Почвите представляват по-малко динамична и по-добре изразена буферна система, отколкото въздухът и водата. За проследяване на измененията в качеството на почвата не се налага честото вземане и анализиране на проби. Но почвите варират пространствено и по дълбочина, което налага прилагането

на специфична система на пробовземане. Освен това те акумулират за продължително време неблагоприятните въздействия от антропогенната дейност (например акумулация на замърсители, на съединения, които предизвикват вкисляване и/или засоляване, което влияе пряко или косвено на качеството на другите компоненти на околната среда, които са в контакт с тях). По тази причина се приема, че системното наблюдение за качеството на почвите сега е толкова необходимо, колкото и за другите компоненти на околната среда.

Почвата е специфичен компонент на околната среда, която:

- има невъзстановима природа;
- играе жизнено важна роля за естествените и най-важни елементи за живота на Планетата;
- подпомага огромен брой човешки активности;
- подпомага огромното биоразнообразие и генетичната вариабилност;
- притежава капацитета да складира, буферира и филтрира водата и други субстанции;
- играе ключова роля за биомасата, храната и производството на суровини;
- поддържа органичната материя;
- играе важна роля за поддържане на културата и естетичните ценности на човечеството.

Основните въпроси, които очертават необходимостта от всеобхватна почвена информация за създаване на определена политика в рамките на Европа, са:

- влиянието на климатичните промени;
- влиянието на замърсяването (дифузно и в конкретни точки);
- влияние на селското стопанство;
- влияние на развитието на човечеството;
- деградация на почвите: опустиняване, ерозия, засоляване, замърсяване, вкисляване;
- знания за фоновите почвени условия.

Избор на индикатори за почвения мониторинг

В основата за всяко специфично прилагане на почвено-биологичната класификация е разработването на следните четири етапа:

- 1) Описване на регионално диференцирани представителни зони, подлежащи на отчет към второ ниво на мониторинга.
- 2) Стандартизиране на методите за опробване и оценка на почвените организми.
- 3) Идентифициране на "нормалната" биоценоза за незамърсени райони базирани на литературни данни, предварителни изследвания и допълнителни експерименти.
- 4) Наличие и/или разработване на наръчници и определители на важни организмови групи.

Почвени характеристики, които могат да бъдат ползвани като индикатори за замърсяване на почвите, са:

- Почвено органично вещество.
- Физикохимични свойства на почвите – рН, катионен обменен капацитет, и др.
- Структура на почвата.

Проблемите за избор на индикатори и критерии за агроекологичния мониторинг са ключови за приложението на агроекологичните програми. Огромният брой от показатели, които могат да бъдат следени, прецизирани и формулирани, правят изборът твърде персонален според насоката на научни търсения. Към настоящия момент не са много вариантите, които са еднозначно коментирани като индикатори на почвите по отношение на замърсяването им с тежки метали и металоиди.

Приложение на мониторинговата схема за почвен екологичен мониторинг – район на стоманодобивен комбинат „Кремиковци“

Предварителна информация. Стоманодобивният комбинат край с. Кремиковци е обект на системни проучвания. Близостта му до столицата на страната предполага регулярни проверки за оценка на въздействието му върху здравето и компонентите на околната среда. Предприетите през последните години административни промени създадоха условия за прекратяване на основната му дейност. По договор със Столична община бе планиран и извършен подробен мониторинг на земеделските земи с цел оценка на риска.

Направеният исторически преглед на извършените през последните 20 години проучвания позволяват да се обобща, че:

– като цяло в землище Кремиковци преобладават средно замърсени земеделски земи (86,5% от проучените площи); силно замърсените земи заемат 8,9% от площта, а 30 да земеделски земи (1,8%) са с много силна степен на замърсяване.

– спектърът на замърсяването позволява да се предположи, че в района на землището преобладава аерозолно замърсяване с олово и арсен от основните производствени мощности на комбинат „Кремиковци“.

Разработване на мониторингова мрежа за района. Създаването на мониторингова мрежа за изследване на замърсяването е необходимо да бъде съобразено с обективните и субективни фактори. В тази връзка ние формулирахме следните основни принципи:

1) Мониторинговата мрежа за оценка за замърсяване да бъде привързана към основната мониторингова мрежа в страната (първо ниво – 16x16 km).

2) Данните от мрежата (II и III ниво на проучване) да могат да се ползват за създаване на ком-

пютърни модели чрез апроксимиране на получените резултати.

3) Да има съответствие на поставената в договора бройка проби.

4) Да се даде отговор на въпроса за наличното състояние на стопанисваната земя.

5) Да се предложи система на земеделие, отговаряща на екологичните изисквания и задоволяване на финансовите интереси на стопаните.

6) Да се предложат планове за ремедиация на земеделските земи.

7) Да се изградят достатъчно на брой представителни мониторингови точки, позволяващи да се следи динамиката на промяна на околната среда.

Това позволи да се предложи схема за мониторинг на почвите с отстояние от всяка точка 0,4 km. Това практически означава, че данните за всяка почвата край всяка точка характеризират 160 da. Същевременно от значение е факта, че с тази мрежа се припокриват точки от мониторинго-

ва мрежа, ползвана през 2003 г., което позволява изследване на динамиката на изменение на концентрациите на следените елементи (фиг. 1 и 2).

Оценка на почвеното разнообразие

Основни компоненти, ползвани при характеризиране на съдържанието на вредни вещества (Наредба 3/2008) са почвената реакция и механичният състав на почвите. Това наложи ползване на базовата налична информация, достъпна в архивите на Института по почвознание „Н. Пушкин“. Обобщено, почвеното разнообразие е представено в табл. 1.

Данните бяха привързани за точките за мониторинг, при което се формира интерполирана карта на почвеното разнообразие (фиг. 3).

Важен елемент от мониторинга е определяне на съдържанието на органичния въглерод. Отчитайки спецификата на дейността на комбината, органичното вещество играе значителна роля в свързването на тежките метали, особено – оло-



Фиг. 1. Сателитна снимка на обекта
Fig. 1. Satellite design of zone



Фиг. 2. Схема на мониторинговата мрежа
Fig. 2. Monitoring network of studied zone

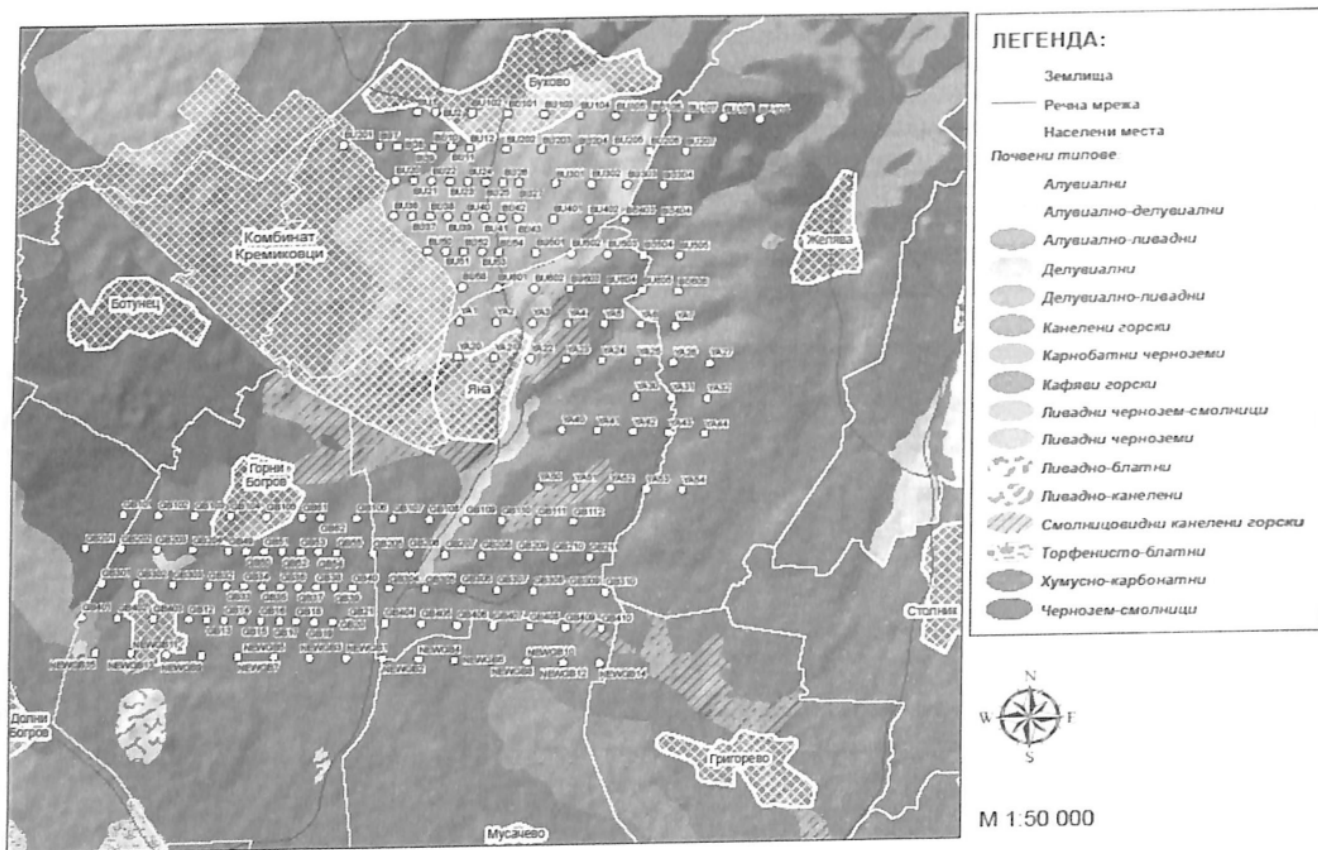
Таблица 1. Почвено разнообразие в района на комбинат „Кремиковци“
Table 1. Soil distribution around Kremikovtzi plant

Легенда №	Почва	Физична глина орн., %	Физична глина подорн., %	Тексту- рен коэф.	pH (H ₂ O)	Хумус, %
1.	Средно излужени, смолници, неерозирани до слабо ерозирани	68	68	1	6,9	2,6
2.	Средно излужени канелени горски, неерозирани до слабо ерозирани	52	60	1,3	6,7	2,1
3.	Средно излужени канелени горски, смолничивидни, неерозирани до слабо ерозирани	59	70	1,8	7,7	2,3
4.	Средно излужени канелени горски, смолничивидни, неерозирани до слабо ерозирани	65	73	1,2	6,8	2,9
5.	Слабо излужени канелени горски, средно ерозирани	55	52	0,9	7,9	2,3
6.	Канелени горски почви, средно до силно ерозирани	40	46	0,9	7,4	1,9
7.	Канелени горски почви, силно ерозирани	24	25	0,9	5,8	1,5
8.	Канелени горски почви, силно ерозирани	45	33	0,9	7,2	1
9.	Канелени горски почви, силно ерозирани	51	51	0,9	6,2	2,1
10.	Недоразвити канелени горски, плитки, средно до силно ерозирани	15	15	0,9	6,2	2,2
11.	Недоразвити канелени горски, плитки, средно до силно ерозирани	25	25	0,9	5,3	3,9
12.	Недоразвити канелени горски, плитки, средно до силно ерозирани	38	38	0,9	5,9	4,4
13.	Недоразвити канелени горски, плитки, средно до силно ерозирани	52	52	0,9	7,9	2,4
14.	Недоразвити канелени горски, плитки, средно до силно ерозирани	55	55	0,9	7,9	4,2
17.	Алувиално-ливадни почви, мощни	19	56	0,9	7,6	1,7
18.	Алувиално-ливадни, мощни, леко пясъкливо-глинести	26	41	0,9	6,9	2,7
19.	Алувиално-ливадни, мощни, средно пясъкливо-глинести	32	39	0,9	7	1,5

Продължава
Continued

Таблица 1. Продължение
Table 1. Continuation

20.	Алувиално-ливадни почви, мощни	67	72	0,9	6,9	3
21.	Алувиално-ливадни почви, средно мощни	42	44	0,9	7,8	2,6
22.	Алувиално-делувиално ливадни, мощни	53	58	0,9	8	1,1
23.	Делувиални-почви, средно мощни	18	12	0,9	7,9	1,8
24.	Делувиални почви, средно мощни	42	77	0,9	8	2,2
25.	Делувиални почви, средно мощни	55	55	0,9	6,1	1,7
26.	Делувиално-ливадни почви, средно заблатени	58	60	0,9	7,6	3,5



Фиг. 3. Почвена карта на района на пробовземане
Fig. 3. Soil map of monitoring zone

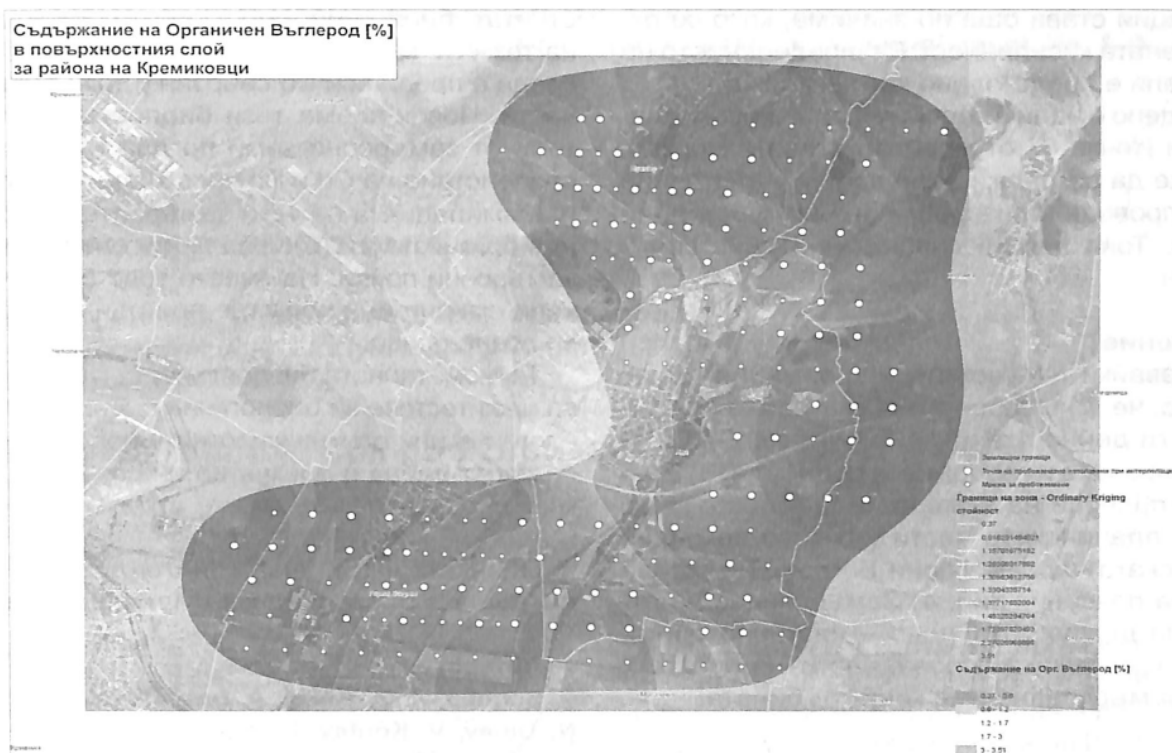
вото. Картата на разпределение на органичния въглерод е привързана към мониторинговата мрежа (фиг. 4).

По съдържание на органичен въглерод в изследвания район почвите са групирани в пет групи като почти равностойно са представени точките от 0,4 до 1,2% и 1,2-1,7%, съответно отговарящи на ниско и средно съдържание. Тези групи оформят две фуниевидни пространства в изследвания район. Около тези пространства е разположена с по-малко точки групата, включваща точки с високо съдържание на органичен въглерод 1,7-3%.

Разработване на концептуален модел и ремедиационен дизайн

При проучването на техногенно повлияни зони особен интерес представлява отговорът на въпроса какви са промените, настъпили в последните години при експлоатация на комбината. Като база за сравнение могат да бъдат ползвани данни от съвместно изследване в мониторинговата мрежа, осъществено от учени от Институт „Н. Пушкин“, УАСГ и ИАОС в двустранен договор по програма SCOPES (Schulin et al., 2004).

Близостта на резултатите показва, че през последните години няма съществено привнасяне



Фиг. 4. Съдържание на органичен въглерод в района на Кремиковци, %
Fig. 4. Distribution of organic carbon in investigated zone of Kremikovtzi, %

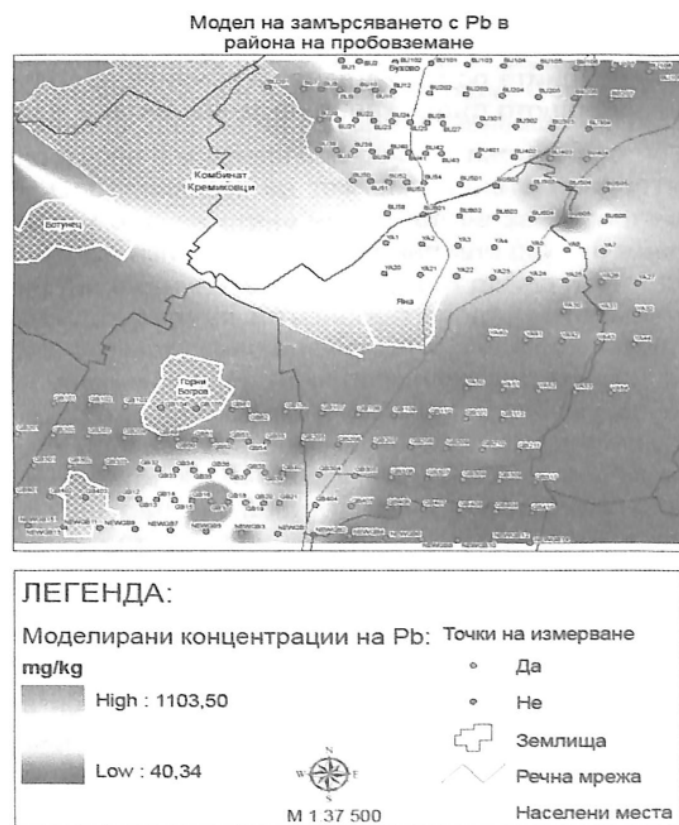
на замърсители в почвите на изследваните райони.

Каква е основната причина за наличие на високи (превишаващи МДК) нива на някои елементи в почвите около комбината?

В редица предишни разработки се отделя голямо внимание на концентрации на олово, цинк, кадмий, мед, никел и арсен в земеделските земи около Кремиковци. Направените анализи на растителна продукция превишават санитарните норми. Допуска се, че праховите емисии от комбината са основните замърсители на почвите. Липсата на филтри на комините позволява отчитане на прахови емисии на около 20 km отдалеченост.

Базирайки се на проведени проучвания през последните 10 години се поставя въпросът за значението на точковия източник за високите концентрации най-вече на олово. Установени са различия между почвените типове и по-слаби промени в зависимост от отстоянието от комбината (Schulin, et al., 2007.)

Направените проучвания показаха, че основен проблем е наличието на замърсяване с олово. Оловото има високи средни концентрации – 117 mg.kg^{-1} , което се доближава до новата МДК (при $\text{pH} > 7,4$) – 120 mg.kg^{-1} (фиг. 5). Стойността на медианата е значително по-ниска – 75,4 mg.kg^{-1} , което указва за значителни девиации в измерените стойности за почвените проби. Тази средна



Фиг. 5. Интерполиран модел на разпределението на олово в зоната, mg.kg^{-1}

Fig. 5. Model of distribution of lead (Pb) in investigated area, mg.kg^{-1}

концентрация става още по-значима, като се отчита почвената киселинност. Разпределението на замърсителя е представено като карта.

Потвърдено е наличието на локално високи концентрации (точка 17 от мониторинговата мрежа), което може да се дължи на недоброто състояние на хвостопровода и разпрасиване на субстанции в почвата. Това налага специфични действия в този район.

Обобщение

Обобщавайки получената информация, може да се каже, че: 1) Основното обогатяване на почвите идва от дейността на комбината. 2) Съществено влияние има и геоложката подложка. 3) Възможни са преноси на замърсители (олово, цинк, арсен) от планинските части (точково замърсяване в ниската част на Горни Богров. Там става и смяна на почвения тип. 4) Замърсяване на атмосферния въздух. 5) Олово – частично обогатяване от геоложката основа, частично прахово. Основно замърсяване има край комбината.

Планиране на действия за оценка на риска

Замърсяването с тежки метали води до сериозни въздействия върху околната среда и включва риск за човешкото здраве, фитотоксичност, замърсяване на почви и води, екотоксикология. Често операциите по почистване на почвите се базират на общото съдържание на тежки метали и не

отчитат биологично достъпните характеристики на тежките метали. Всъщност, рискът за околната среда е преди всичко свързан с тези биодостъпни части. Човек поема тези биодостъпни тежки метали от замърсени земи по два главни пътя: (а) въздействие на Cd и Pb чрез хранителната верига и асимилацията на тези замърсители в растителния организъм, и (б) чрез инцидентно поемане от замърсени почви. Най-често това става чрез прахови емисии или поемане при ръчни работи в замърсена почва.

Тежкометалната биодостъпност може да се ползва чрез тестове за биологична оценка, използвайки растения или опитни животни. Биологичните тестове дават добра и адекватна информация, но изискват продължително време, струват скъпо и изискват обучен персонал.

Оценката на биодостъпните фракции на металите дават бърза и адекватна оценка на риска.

Литература

Schulin, R., A. Keller, A. Daskalova, M. Mondeshka, N. Dinev, V. Koutev, I. Todorova. 2004. Geostatistical Soil Quality Assessment and Regional Mass Flux Analysis for Sustainable Land Use Planning and Management, June 2004.

Schulin, R., F. Curchod, M. Mondeshka, A. Daskalova and A. Keller. 2007. Heavy metal contamination along a soil transect in the vicinity of the iron smelter of Kremikovtzi (Bulgaria). - In: Geoderma, 140, 52-61.