

## СЪСТОЯНИЕ НА ПОЧВИ И РАСТИТЕЛНОСТ СЛЕД РЕКУЛТИВАЦИЯ НА ТАБАНИ ОТ МК „КРЕМИКОВЦИ“ С ЧЕРЕН БОР

*Ваня Дойчинова*  
Институт за гората – София  
Българска академия на науките

**Абстракт:** Извършена е оценка на състоянието на почви и растителност (черен бор *Pinus nigra* Arn.) 30 г. след провеждане на биологичната рекултивация на табани от МК „Кремиковци“ край с. Локорско. Установена е висока степен на наситеност с бази на почвата и замърсяване с тежки метали: Си, Zn, Pb и Cd. Особено високо е съдържанието на Pb, което превишава 10 пъти ПДК. Тежките метали се натрупват и в мъртвата горска постилка. Насаждението обаче се развива сравнително добре, като има ниска степен на натрупване на Pb в корените и слаба промяна в здравословното състояние.

**Ключови думи:** черен бор, *Pinus nigra* Arn., биологична рекултивация, техногенни почви

Проблем в България са нарушените от добивната промишленост земи. Отпадъците от преработката на руди и въглища се складираат на огромни площи, под формата на насипища – табани. Те освен че замърсяват околните селища, имат и отрицателно естетическо въздействие. Важна мярка за тяхното възстановяване е залесяването.

Дървесната растителност проявяват различна чувствителност и различна приспособимост към утежнените условия на промишлените насипища. Съпротивителната способност към отровните газове при еднакви други условия е различна (Прокониев, 1967). Със сравнително голяма димоустойчивост са дървесни видове със сребристи и окосмени листа. Има различни скали за устойчивост на видовете към гум и замърсявания, и понякога един и същи вид попада в различни скали. Черният бор (*Pinus nigra* Arn.) попада в групата на устойчивите до средно устойчивите видове (Прокониев, 1957). С него са правени опити за залесяване на открити и закрити минни находища в Перник и София. Развива се сравнително добре на промишлени терени.

**Целта** на настоящата работа е да се проучи състоянието на почвени субстрати на МК „Кремиковци“ при обект Локорско и състоянието на черния бор след проведена преди 30 г. рекултивация.

Това би спомогнало да се изясни въпроса за устойчивостта на вида към тези условия на месторастене и да се определи неговата приложимост за озеленяване на промишлени и пустеещи земи.

## ОБЕКТ НА ПРОУЧВАНЕ И МЕТОДИ НА РАБОТА

Табанът се състои от натрупани насипи след обработката на желязната руда в МК „Кремиковци“. Различават се отделни слоеве, но липсват генетични хоризонти. Плодородният почвен слой е в горните 20-25 см. Повърхностните почвени материали са с различна петрографска характеристика. Доминиращите скални седименти са: шисти, пясъчници, варовици, синьо-зелени глини. Част от елементите, освобождаващи се от седиментните материали участват в почвообразователен процес (Sokolovska et al., 2001).

Насаждението от *P. nigra* е залесено през 1974 г. Склонът е с южно изложение и надморска височина 510 m. Местообитанието попада в Мизийската горно-растителна област, в зоната на предпланинските гъбови гори в Краищенско-Ихтиманската подобласт (Захариев и др., 1979). Средно-годишните температури са 9,5-10,7 °C, при средно-годишна сума на валежите 570-500 mm.

Взети са по 3 повторения почвени проби в три дълбочини 0-5, 5-10, 10-20 cm. Използвани са повърхностните 20 cm за изследване тъй като се анализира замърсяването вследствие атмосферното утаяване на замърсители от работата на близко разположеният комбинат. Ефектът от него се отразява основно в повърхностните слоеве и е трудно да се открие в по-дълбоките. В същите дълбочини са взети и коренчета ( $\leq 2$  mm). В 3 повторения е взета и мъртва горска постилка (МГП). За количествен анализ на елементите Cu, Zn, Pb и Cd в корените е използвана атомно-абсорбционна спектрометрия, след обработка с азотна киселина (ICP Forest Level II). Анализирани са следните показатели и свойства на почвата:

- реакция на почвения разтвор – потенциометрично с апарат Pracitronic, MV88;

- общото съдържание на микроелементите Cu, Zn, Pb и Cd – с атомно-абсорбционен спектрометър Perkin Elmer 370A след обработка с  $\text{HNO}_3$  :  $\text{HCl}$  (3:1) – ISO 11466;

- сорбционни свойства на почвата – по метода на Ганев, Арсова (1980).

При оценката на общото здравословно състояние на насаждението е използвана методиката, разработена и приета от общеевропейската група за мониторинг на горските екосистеми (GEMS, 1988). В основата на тази методика са залегнали

класификационни скали на показателите обезлистяване и промяна в оцветяването на короната на дърветата.

## РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЯ

От съществено значение за поведението на тежки метали (ТМ) в почвата е почвената киселинност, която е основен фактор за проявление на токсичното им действие. Добре известно е, че при ниски стойности на рН (кисели почви), металите проявяват токсично действие и при значително по-ниска обща концентрация в почвата. Повърхностните слоеве на табаните от МК „Кремиковци“ са слабо кисели до неутрални, а в дълбочина – и слабо алкални, което предопределя по-слаба подвижност на ТМ по дълбочина. На табана от обект Локорско под *Robinia pseudoacacia* L. също се установява намаляване на алкалната реакция, висока скелетност и порьозност и липса на добър водно-въздушен режим (Tsakov, Dimitrova, 2002).

Условията са благоприятни за развитие на черния бор, който се развива добре при неутрални и слабо кисели почви (Донов, 1993). Съдържанието на хумус е добро, което показва, че процесите на ферментация и разграждане на органичното вещество протичат забавено. Органичното вещество може да адсорбира ТМ от табана, като по този начин ги превръща в по-слабо мобилна форма и съответно стават по-слабо налични за растението. Съдържанието на азот също е задоволително. Количеството му е в корелация с това на въглерода. В проведено изследване на табана (Димитрова, 2005), но под насаждение от акация (*Robinia pseudoacacia* L.), също се установява акумулация на органично вещество в повърхностните слоеве и начален процес на почвообразуване.

**Таблица 1**  
Обща химична характеристика на почвата  
**Table 1**  
General chemical characteristic of the soil

Дълбочина/ Depth cm	рН	Хумус/ Humus	N	T <sub>8.2</sub>	Обм./ Exch. H <sub>8.2</sub>	Обм./ Exch. Ca	Обм./ Exch. Mg	Обм. Кис./ Exch. acidity	Ст. нас. бази/Base saturation
		%			мгекв/100 g/ mgeqv/100 g	мгекв/100 g	мгекв/100 g	%	
0-5	6,60	4,09	2,01	28,81	1,56	20,11	7,14	4,24	95,58
5-10	6,90	2,27	0,87	30,04	0,94	19,89	9,23	3,07	96,93
10-20	7,10	2,02	0,45	29,29	0,94	21,21	7,14	3,21	96,79

Сорбционните свойства на почвата са високи, като степента на наситеност с бази е почти 100%. Това показва добрата запасеност с бази Ca и Mg, които са наситили и силно и слабо киселинните позиции на почвеният адсорбент – глинестите минерали. Обменната киселинност е ниска. Формира се хидролизно-алкална адсорбционна система в почвата, която утаява като хидроокиси амфотерните метали (Fe, Mn, Zn и др) и пречи на корените на растенията да ги адсорбират, като неутрализира техния протонен обмен.

Стойностите за олово са много високи (таблица 2). ПДК за оловото е 80 mg/kg (Наредба 3 КОПС) за по-високи стойности на рН. В случая съдържанието на олово е 3 до 10 пъти по-високо от ПДК. Според критериите за замърсяване на почвата, то тя е силно, а в дълбочина – опасно замърсена с олово. Почвата е силно замърсена и с кадмий, а слабо замърсена с мед и цинк.

Определено е съдържанието на тежки метали в корените на дървесните видове (таблица 3).

В последните години изследванията, свързани с коренови анализи се развиват твърде интензивно във връзка с прилагане на фиторемедиацията на замърсени с тежки метали почви, и по-специално за установяване реакцията на горските насаждения към хронично натопарване на почвата със замърсители (Zn, Cu, Cd и др.). Концентрацията на елементите в корените често е рефлектно повлияна от концентрацията им в почвата. За изследванията са взети фини коренчета ( $\leq 2$  mm в диаметър). Това са основно тези, чрез които се осъществява минералното хранене на растенията (Вг и ппег et al., 2001). Те се развиват главно в повърхностните слоеве на почвата, интензивно до около 20 cm дълбочина. Резултатите от анализа са представени в таблица 3.

Съдържанието на олово в корените на дърветата е най-високо спрямо останалите елементи.

Като използваме коефициента на натрупване (K), който е съотношението на съдържанието на елементите в корените към

**Таблица 2**

Съдържание на тежки метали в повърхностните почвени слоеве

**Table 2**

Heavy metal content in the surface soil layers

Дълбочина Depth cm	Cu	Zn	Pb	Cd
	mg/1000 g почва/mg/1000 g soil			
0-5	28	41	285	0,62
5-10	35	71	648	0,52
10-20	41	95	837	0,31

**Таблица 3**  
Съдържание на тежки метали в корените на черния бор  
**Table 3**  
Heavy metal content in the small roots of *P. nigra*

Дълбочина/ Depth cm	Cu	Zn	Pb	Cd
	mg/1000 g сухо тегло/mg/1000 g dry weight			
0-5	9	21	33	0,5
5-10	10	18	44	0,5
10-20	11	24	63	0,4

**Таблица 4**  
Коефициент на натрупване в корените (К)  
**Table 4**  
Accumulation coefficient in roots (C)

Дълбочина/ Depth cm	Коефициент К/ Coefficient C			
	Cu	Zn	Pb	Cd
0-5	0,30	0,50	0,10	0,80
5-10	0,30	0,20	0,07	1,00
10-20	0,30	0,20	0,07	1,30

съдържанието им в почвата, то се получават следните стойности (таблица 4):

Данните показват средна степен на натрупване на Cu и Zn в корените на черния бор. Особено интересно и показателно е, че има ниска степен на натрупване на токсичното олово в корените на дърветата. Това показва възможността на черборовото насаждение да се развива при почви със завишени количества олово, и при завишени рН-стойности (6-8).

Завишена е акумулацията на олово и в МГП, като цяло. За всички метали е характерно натрупване в дълбочина на МГП, като най-високо е количеството на акумулираните количества мед, цинк, олово и кадмий в последния Н слой на МГП (таблица 5).

Извършена е и оценка на общото здравословно състояние на насаждението от черен бор. Състоянието на короната е синдром, резултат на много и различни стресови фактори, като атмосферни замърсявания, засушавания, нападения от насекоми и др. Той е показателен и за правилното развитие на дървесните видове, като следствие от конкретните лесорастителни условия, включително замърсяване на почвата с ТМ. Резултатите от комплексната оценка за здравословното състояние на насаждението от черен бор са представени в таблица 6.

**Таблица 5**  
Съдържание на тежки метали в МПП  
**Table 5**  
Heavy metal content in forest litter

Слоеве/Layers	Cu	Zn	Pb	Cd
	mg/1000 g сухо тегло/mg/1000 g dry weight			
L	7	16	33	0,4
F	17	84	260	1,5
H	26	299	387	2,8

**Таблица 6**  
Комплексна оценка на здравословното състояние на насаждението от черен бор  
**Table 6**  
Complex evaluation of the health status of *P. nigra* stand

Брой Дървета/Number of trees	Комплексна оценка/Complex evaluation, %				
	0	1	2	3	4
40	40	45	15	-	-

В нейната основа са залегнали следните класификационни скали на показателите обезлистване и промяна в оцветяването на короната на дърветата: обезлистване – 0 – неповредени дървета (0-10% загуба на листна маса); 1 – слабо обезлистване (11-25%); 2 – средно обезлистване (26-60%); 3 – силно обезлистване (над 60%); 4 – загинали дървета; промяна в оцветяването на короната – 0 – непроменен цвят (0-10 % изменения в цвета); 1 – слаба промяна (11-25%); 2 – средна промяна (25-60%); 3 – силна промяна (над 60%)

Комплексната оценка за състоянието на короната на дърветата показва процент на промяна I степен, т. е. „слаба промяна“ в състоянието.

Общата комплексната оценка на здравословното състояние на дървесния вид (Т) е изчислена по формулата:

$$T = \frac{\sum Q_n.T_n}{N}$$

където:  $Q_n$  – брой на дърветата от отделните степени;  $T_n$  – степен на увреждане;  $N$  – общ брой на обследваните дървета.

Общата оценка на здравословното състояние е равна на 1,08 – има слабо отклонение от нормалното състояние на насаждението от черен бор.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Направените изследвания показват, че вследствие на залесяването е започнал почвообразователен процес. Формиралата се почва има слабо кисела реакция на повърхността. Тя е наситена и сравнително добре запасена с органични вещества. Черният бор се развива добре и устойчиво. Насаждението показва слабо отклонение от нормалното здравословното състояние.

Проведените изследвания и получените резултати ни дават основание да предложим създаването на култури от черен бор (*Pinus nigra*) при залесяването на техногенно замърсени терени, особено с олово и слабо алкално рН на почвата. В конкретният случай се отчитат и метеорологичните и екологичните условия на конкретните месторастения: надморска височина, изложение, влагозапасеност и др.

## ЛИТЕРАТУРА

- Ганев, С., А. Арсова. 1980. Методи за определяне на силно киселинния и слабо киселинния катионен обмен в почвата, Почвозн., Агрехим., XV, 3, 22-28.
- Димитрова, Пр., 2005. Еколого-биологични особености на *Robinia pseudoacacia* L. Върху деградирани терени. Автореферат, Ин-т за гората, С., 36.
- Донов, В., 1993. Горско почвознание, С., 205.
- Захариев, Б., В. Донов, К. Петрунов. 1979. Горско-растително райониране на НРБ, С., Земиздат, 197.
- Прокопиев, Ем., 1967. Озеленяване на промишлени райони, С., Земиздат, 144.
- Прокопиев, Ем., 1957. Изучавания върху димоустойчивостта на някои гървесни и храстови видове в индустриалните квартали на София и Димитрово, С., Науч. Трудове – Ин-т за Гората, V, 141-171.
- Sokolovska, M., M. Nustorova, M. Gaiffe, A. Delkov, 2001. Assessment of the chemical status of waste banks from open ore mining and soil biogenityq Silva Balkanica, 1, 91-99.
- Brunner, S, S. Brodbeck, U. Buchler, C. Sperisen, 2001. Molecular identification of fine roots of trees from the Alps: reliable and fast DNC extraction and PCR-RELP analyses of plastid DVC. Molecular Ecology, 10, 2079-2087.
- Tsakov, H., P. Dimitrova. 2002. *Robinia pseudoacacia* L. – investigations in the sample of Kremikovtsi. – In: Symposium on Black Locust (*Robinia pseudoacacia*), Borovets, 17-22 April, 2002.

**STATUS OF THE SOILS AND PLANTS AFTER RECULTIVATION  
OF BANKS FROM METALLURGIC PLANT 'KREMIKOVTSI'  
WITH BLACK PINE (*PINUS NIGRA* ARN.)**

*V. Doichinova*

Forest research Institute – Sofia  
Bulgarian Academy of Sciences

**(Summary)**

An assessment of the status of soils and black pine (*Pinus nigra* Arn.) plantation 30 years after recultivation of technogenic lands – banks from metallurgic plant 'Kremikovtsi' is realised. The plantation of black pine is situated near the village Lokorsko. It is determined that the soils are very high saturated with bases (Ca and Mg) and contaminated with Cu, Zn, Pb, and Cd.

Especially high is the quantity of Pb – 10 levels above admissible value. Heavy metals accumulate in forest floor, mainly in H sub-layer. However, the plantation of black pine grows comparatively well. Pb accumulates in roots in low degree. The trees show weak alteration in health status.

Implemented analyses and results obtained give reason to propose as comparatively suitable for afforestation the black pine (*Pinus nigra* Arn.). This species is suitable for technogenic soils, especially such contaminated with Pb and which has weakly-alkali pH. It is necessary to report on meteorological conditions of the concrete growing site: altitude, exposition, the water reserve, etc.

**Key Words:** *Pinus nigra* Arn., biological remediation, technogenic soils

E-mail: v\_doichinova@abv.bg