

M. Řehoř, T. Lang, Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s. Most,
V. Ondráček, Severočeské doly, a.s.
V. Čablík, Technická univerzita Ostrava, Vysoká škola báňská

Možnosti aplikace biodegradačních metod a jílovcových sorbentů při rekultivaci fytotoxických ploch severočeské pánve

Přijato: 14.11.2006, recenzováno: 5.12.2006

Möglichkeit der Anwendung von Verfahren des biologischen Abbaus und von Tonsteinsorbenten bei der Rekultivierung der phytotoxischen Flächen im nordböhmisches Braunkohlenbecken

Die Rekultivierung der phytotoxischen Flächen stellt heutzutage ein schweres Problem vor allem auf manchen Flächen der Severočeské doly, a.s. dar. Die biologische Rekultivierung wird besonders durch Flächen mit einem extrem saueren durch die Kohlemasse kontaminierten Gesteinsmilieu bedroht. Die Aufmerksamkeit muss aber auch den sterilen Flächen mit dem Aufkommen von plastischen gelben Tonen im oberen Horizont sowie auch den phytotoxischen durch organische Risikostoffe kontaminierten Flächen, evtl. auch dem saueren Grubenwasser gewidmet werden. Der vorgelegte Beitrag beinhaltet die Charakteristik der wichtigen phytotoxischen Gebiete und eine Bewertung der Erfolge derer Rekultivierung unter Anwendung von örtlichen Tonsteinsorbenten. Weiter werden hier die ersten Erfahrungen mit der Nutzung der Bioabbauverfahren zusammengefasst. Die Ergebnisse werden mit der Verfolgung von physikalischen, mineralogischen und chemisch-pädologischen Gesteinsparameter einzelner Versuchsflächen belegt.

Die Lösung richtet sich vor allem auf Flächen der Gesellschaft Severočeské doly, a.s.

Potential Application of Biodegradation and Clayey Sorbents in the Reclamation of Phytotoxic Areas of the North Bohemian Basin

These days reclamation of phytotoxic areas represents a serious problem particularly in several areas of Severočeské Doly, a.s. Biological reclamation is first of all threatened by areas of extremely acidic rock environment combined with coal. But the attention has also to be paid to sterile areas with the occurrence of plastic yellow clay in the upper layer and

phytotoxic areas contaminated with hazardous organic substances or acid mining waters.

This article contains the characteristics of significant phytotoxic areas and the evaluation of their successful reclamation using local clayey sorbents. It also summarizes initial experience with the use of biodegradation methods. The results are supported by physical, mineralogical and chemical – pedological parameters of minerals from the tested areas.

The solution mainly focuses on Severočeské doly, a.s. sites.

Возможности аппликации методов биодegradации и аргиллитных сорбентов при рекультивации фитотоксических участков Северочешского бурогоугольного бассейна

Рекультивация фитотоксических участков представляет в настоящее время важную проблему, а именно на некоторых разрезах а/о Северочешские шахты. Для биологической рекультивации угрозу представляют прежде всего участки с экстремально кислой породной средой, которая контаминирована угольной массой. Однако, внимание надо уделять также стерильным участкам с наличием пластических желтых илов в верхнем горизонте и фитотоксическим участкам, контаминированным рисковыми органическими веществами, или же кислыми шахтными водами.

Предлагаемая статья содержит характеристику значительных фитотоксических зон и оценку успешности их рекультивации помощью приложения местных аргиллитных сорбентов. Кроме того, дается итог первого опыта по использованию методов биодegradации. Результаты подтверждены мониторингом физических, минералогических и химико-

педологических параметров пород отдельных экспериментальных участков. Решение ориентировалось прежде всего на разрезы а/о Северочешские шахты.

Možnosti aplikace biodegradačních metod a jílovcových sorbentů při rekultivaci fyto toxických ploch severočeské pánve

Rekultivace fyto toxických ploch dnes představuje závažný problém především na některých lokalitách Severočeských dolů, a.s. Biologickou rekultivaci ohrožují zejména plochy s extrémně kyselým horninovým prostředím kontaminovaným uhelnou hmotou. Pozornost je však třeba věnovat i sterilním plochám s výskytem plastických žlutých jílu ve

svrchním horizontu a fyto toxickým plochám kontaminovaným rizikovými organickými látkami, případně kyselými důlními vodami.

Předkládaný příspěvek obsahuje charakteristiku významných fyto toxických oblastí a hodnocení úspěšnosti jejich rekultivace pomocí aplikace místních jílovcových sorbentů. Dále jsou zde shrnuty první zkušenosti s využitím biodegradačních metod. Výsledky jsou doloženy sledováním fyzikálních, mineralogických a chemicko – pedologických parametrů hornin jednotlivých pokusných ploch.

Řešení bylo zaměřeno především na lokality Severočeských dolů, a.s.

1. Úvod

Jedním ze zásadních problémů rekultivačních prací v oblasti severočeské pánve je rekultivace oblastí kontaminovaných uhelnou hmotou, vzácněji i důlními vodami a rizikovými organickými látkami.

Výskyt takových ploch je dán do značné míry vývojem uhelné sloje. V oblasti lomu Vršany (rozštěpení uhelné sloje vlivem žatecké delty) a lomu Bílina (anomální vývoj uhelné sloje) lze konstatovat zvýšený výskyt skrývkových hornin v uhelné sloji. Z toho důvodu se na vnějších a vnitřních výsypkách těchto těžebních lokalit často objevují fyto toxické plochy obsahující větší množství uhelné hmoty ve svrchním horizontu. S problematikou kyselých důlních vod se lze setkat zejména při rekultivaci ploch v oblastech výchozu uhelné sloje. Fyto toxicita uvedených lokalit je dána kromě zvýšeného obsahu síry zejména extrémně kyselou půdní reakcí a vyžaduje specifickou metodiku rekultivace. Výskyt rizikových organických látek lze předpokládat zejména v oblastech starých průmyslových zátěží, například v oblasti Chemopetrolu Litvínov.

Předkládaný příspěvek obsahuje charakteristiku významných fyto toxických oblastí a hodnocení úspěšnosti jejich rekultivace pomocí aplikace místních jílovcových sorbentů. Dále jsou zde shrnuty první zkušenosti s využitím biodegradačních metod. Výsledky jsou doloženy sledováním fyzikálních, mineralogických a chemicko – pedologických parametrů hornin jednotlivých pokusných ploch. Řešení bylo zaměřeno především na lokality Severočeských dolů, a.s.

2. Charakteristika fyto toxických ploch vyskytujících se v oblasti severočeské pánve

Jako fyto toxické plochy jsou v tomto příspěvku označeny oblasti, jejichž svrchní horizont je tvořen horninami s velmi špatnou rekultivační využitelností. Vlastnosti hornin jsou natolik nepříznivé, že neumožňují rekultivaci běžnými postupy. V tomto případě je nutné použití rekultivačních aditiv. V oblasti severočeské pánve se vyskytují fyto toxické plochy kontaminované uhelnou hmotou (případně i dalšími rizikovými organickými látkami),

fytotoxické plochy kontaminované kyselými důlními vodami a sterilní plochy s výskytem plastických žlutých jílu ve svrchním horizontu /1/.

- **fytotoxické plochy kontaminované uhelnou hmotou**

Tyto plochy jsou nejhojnější a z hlediska rekultivace nejnebezpečnější. Vyskytují se zejména na výsypkových lokalitách lomu Bílina. Uhliná hmota, objevující se ve svrchním horizontu rekultivovaných lokalit, je škodlivinou způsobující fyto toxický charakter těchto ploch. Příčinou je zejména extrémně kyselá půdní reakce a vysoký obsah síry. Pro rekultivaci lokalit tohoto typu se využívá aplikace zúrodnitelných hornin, optimální je využití jílovcových sorbentů. Využitelná jsou rovněž některá netradiční rekultivační aditiva, například elektrárenský stabilizát /3/

- **fytotoxické plochy kontaminované rizikovými organickými látkami**

Výskyt těchto ploch je typický pro oblasti se starými průmyslovými zátěžemi, jako je například okolí Chemopetrolu Litvínov. V příspěvku je popsána pokusná aplikace biodegradačních metod při rekultivaci těchto ploch

- **fytotoxické plochy kontaminované kyselými důlními vodami**

Tyto plochy jsou na rekultivovaných lokalitách dosti vzácné. Toxický charakter je i v tomto případě dán extrémně kyselou půdní reakcí, vysokým obsahem síry a uhelné hmoty. Pro rekultivaci lokalit tohoto typu se využívá aplikace zúrodnitelných hornin kombinovaná s promyšleným odvodněním

- **sterilní plochy s výskytem plastických žlutých jílu ve svrchním horizontu**

Jde o specifický typ fyto toxických ploch. Vyskytují se převážně na rekultivovaných lokalitách Dolů Nástup Tušimice. Lze je charakterizovat jako sterilní, jedinou nepříznivou vlastností je jejich extrémně jemné zrnitostní složení. Pro rekultivaci lokalit tohoto typu se zpravidla využívá aplikace kompostů /2/.

V předkládaném příspěvku jsou blíže popsány metody založené na aplikaci jílovcových sorbentů a pokusně aplikované biodegradační metody.

3. *Metodika rekultivace fyto toxických ploch založená na aplikaci jílovcových sorbentů*

Jílovcové sorbenty jsou vhodné pro rekultivaci fyto toxických ploch kontaminovaných uhelnou hmotou. V této kapitole je uvedeno stručné hodnocení vlastností jílovcových sorbentů severočeské a sokolovské pánve, bližší charakteristika bentonitových ložisek severočeské pánve a příklad jejich aplikace.

3.1 *Přehled jílovcových sorbentů oblasti severočeské a sokolovské pánve*

V oblasti severočeské hnědouhelné pánve jsou potenciálními sorbenty, využitelnými pro rekultivační práce, nadložní kaoliniticko – illitické jílovce libkovických vrstev lomu Bílina (omezené využití), montmorillonitické nadložní jílovce lomu Libouš a bentonity lokalit Černý vrch a Rokle. V oblasti sokolovské pánve se dnes jako využitelný jílovcový sorbent jeví pouze analcimové jílovce z lomu Družba /4/. Výzkumné práce zde však byly teprve zahájeny a nelze vyloučit nález další potenciální suroviny.

Nadložní kaoliniticko-illitické jílovce libkovického souvrství lomu Bílina

Na lomu Bílina tvoří svrchní horizont terciéru. Tento horninový typ tvoří zejména jíly, jílovce až prachovité jílovce hnědé až šedohnědé barvy. Jsou jemnozrné, v mineralogickém složení převládá křemen, kaolinit a illit. Mají velmi dobré chemicko – pedologické vlastnosti. Jejich sorpční schopnosti lze označit jako střední. Lze je přímo využít pro lesnickou rekultivaci, doporučuje se plošná aplikace kompostu jako doplňující rekultivační opatření.

Nadložní montmorillonitické jílovce lomu Libouš

Na lomu Libouš se vyskytují při svrchním horizontu terciéru pod žlutými jíly. Tento horninový typ tvoří zejména jíly, jílovce až prachovité jílovce hnědé, žlutohnědé až šedohnědé barvy. Jsou jemnozrné, v mineralogickém složení převládá křemen, montmorillonit, kaolinit, illit a stopy živců. Mají velmi dobré chemicko – pedologické vlastnosti. Jejich sorpční schopnosti lze označit jako výborné. Lze je přímo využít pro lesnickou rekultivaci. Doporučuje se aplikace kompostu nebo průmyslového hnojiva k jednotlivým sazenicím jako doplňující rekultivační opatření.

Bentonity

Jediná významná ložiska bentonitu v oblasti severočeské pánve jsou soustředěna v okolí Braňan (lokalita Černý vrch) a u Kadaně (lokalita Rokle). Bentonity lze definovat jako montmorillonitické jílovce. Jsou jemnozrné, v mineralogickém složení převládá montmorillonit, obvyklou příměs představuje kaolinit a křemen, stopově se objevuje illit, siderit a živce. Bentonity se vyznačují výbornými chemicko – pedologickými vlastnostmi a velmi vysokou sorpční kapacitou, jejich rekultivační využitelnost je vynikající. Aplikace při rozsáhlých rekultivačních akcích je dnes však omezena ekonomickou náročností.

Analcimové jílovce lomu Družba

Vyskytují se zatím pouze na lomu Družba, kde tvoří samostatný horizont v souvrství cyprisových jílovců. Mají charakter zelenošedých, často slídnatých jílovců, které prakticky nelze makroskopicky odlišit od okolních cyprisových jílovců. Jsou jemnozrné. V mineralogickém složení převládá analcim, montmorillonit, křemen, kaolinit a illit, častou příměs tvoří siderit. Tyto horniny se vyznačují výbornými chemicko – pedologickými vlastnostmi a velmi vysokou sorpční kapacitou, jejich rekultivační využitelnost je vynikající /4/.

3.2 Charakteristika ložisek bentonitů v oblasti severočeské pánve

Jedinými významnými přírodními jílovcovými sorbenty severočeské pánve jsou bentonity. Proto je jejich ložiskům věnována v příspěvku větší pozornost. Výsledky chemicko – pedologické analýzy vzorků udává tab. 1.

Ložisko bentonitu Černý vrch

Ložisko bentonitu Černý vrch se nachází asi 1 km od dnes již vytěženého klasického braňanského ložiska. Spolu s Roklí u Kadaně jde dnes o nejvýznamnější ložisko v severočeské pánvi.

Lokalita je vázána na terciární vulkanodetritické souvrství z podloží uhelné sloje. Je tvořena převážně zjílovělými tufy, v okrajových částech byla matečnou horninou rozvětralá vulkanická hornina. Na ložisku (zejména při jeho bázi) se vyskytuje vysoce kvalitní, modravý až modrozelený bentonit. Většina ložiska je tvořena bentonitem žlutozeleným až žlutohnědým. Surovina je využitelná jako bělicí hlínka (nejkvalitnější bentonit), pro slévárenské účely a v poslední době zejména pro výrobu kočkolitu. Ložisko Černý vrch přechází v ložisko Střimice, v současnosti těžená lokalita je označována vlastníkem (firma Keramost, a.s.) jednotně jako Černý vrch. Těžený bentonit je tvořen převážně montmorillonitem, hlavní příměs tvoří kaolinit, v menší míře se může vyskytnout siderit, illit a křemen. Lokalita je ukázána na obr. 1.



Obr. 1 Situace ložiska bentonitu Černý vrch

Ložisko bentonitu Rokle u Kadaně

Ložisko bentonitu Rokle se nachází asi 3 km jižně od Kadaně, na severním úpatí vulkanického hřbetu, vybíhajícího z Doupovských hor. Bentonity ložiska lze odvodit od tufů, tufitů a tufitických jílovců.

Hlavní surovinou na ložisku je bentonit vyhovující pro slévárenské účely. Jeho průměrná mocnost je cca 24 m. Pod bentonitem je ložisko kaolinitu o průměrné mocnosti 15 m.

Vlastníkem ložiska je rovněž firma Keramost, a.s. Těžený bentonit je tvořen převážně montmorillonitem, hlavní příměs tvoří kaolinit, v menší míře se může vyskytnout siderit, dolomit, illit, živec a křemen. Situaci lokality ukazuje obr. 2.



Obr. 2 Situace ložiska bentonitu Rokle

Tab. 1: Vlastnosti vzorků bentonitu

lokalita	N (%)	Cox (%)	CaCO ₃ (%)	pH /H ₂ O	přijatelné živiny (mg.kg ⁻¹)			sorpční kapacita mmol (%)		
					P	K	Mg	S	T	V
Černý vrch	0.05	0.53	8.86	8.31	2	321	998	38	38	100
Rokle	0.05	1,07	5,65	7,99	1	288	876	24	24	100

Cox – oxidovatelný uhlík V – stupeň nasycení sorpčního komplexu (%)

T – celková sorpční kapacita (mmol) S – obsah výměnných bazických kationtů (mmol)

3.3 Příklad využití bentonitu při rekultivačních pracích

Rekultivace výsypky Střimice byla první a zatím jedinou rozsáhlou rekultivační akcí, při níž byla úspěšně využita aplikace jílovcového sorbentu.

Výsypka je umístěna severovýchodně od Mostu. Byla sypána v letech 1959-1973. Rozloha temene výsypky činí 160 ha a nadmořská výška dosahuje 330 metrů nad mořem. Původní lesnická rekultivace byla realizována v roce 1967. Vzhledem k nepříznivým změnám povrchové zóny výsypky výsadba prakticky vyhynula. Současně se projevil značný vliv erozních jevů. Pro technickou rekultivaci byly využity bentonity z lomu Černý vrch. Následně proběhlo zatravnění, později zalesnění a zemědělská rekultivace na pláni výsypky o výměře 89 ha.

Ve spolupráci Dolů Bílina a Výzkumného ústavu pro hnědé uhlí a.s. Most byla zjišťována úspěšnost zvolené metodiky rekultivace. Odběrem a analýzou vzorků se na výsypce Střimice podařilo doložit vznik nově vytvořeného půdního profilu. Ten je rozčleněn na svrchní vrstvu tvořenou ornici (event.směsí ornice a bentonitu), střední vrstvu tvořenou bentonitem (event.směsí jílu a bentonitu) a původní materiál výsypky.

Svrchní vrstva je z mineralogického hlediska tvořena křemenem, kaolinitem, illitem, montmorillonitem. Občas se vyskytuje příměs živců, muskovitu. Chemismus je poměrně příznivý. Půdní reakce je neutrální, sorpce T střední až vysoká (dle obsahu bentonitu), obsah kalcitu kolísá. Obsah dusíku je nízký, obsah humusu střední. Obsah přijatelných živin je u fosforu nízký, u hořčíku a draslíku střední až vysoký. Ze zrnitostního hlediska jde o zeminy poněkud hrubozrné, lze je charakterizovat jako písčitohlinité až hlinité. Pro rekultivační účely jsou přijatelné. Střední vrstva je tvořena převážně bentonitem. V mineralogickém složení tomu odpovídá výraznější podíl montmorillonitu. Půdní reakce je slabě zásaditá, sorpce T vysoká (s rostoucím obsahem montmorillonitu), roste obsah kalcitu. Obsah dusíku i humusu je nízký. Obsah přijatelných živin mírně stoupá oproti svrchní vrstvě. Ze zrnitostního hlediska jsou vzorky mírně hrubozrné, odpovídají písčitohlinitým až hlinitým zeminám. Původní materiál výsypky je tvořen žlutými jíly s úlomky uhlí. Pro rekultivační účely jsou tyto zeminy krajně nevhodné.

Výsledky potvrzují úspěšnost zvolené metody rekultivace výsypky Střimice. Dokumentuje to tab. 2.

Tab. 2: Vlastnosti rekultivovaného půdního profilu

sonda S1 -interval odběru (m)	N (%)	Cox (%)	CaCO ₃ (%)	pH	přijatelné živiny (mg.kg ⁻¹)			sorpční kapacita mmol/100g (%)		
					P	K	Mg	S	T	V
0,00-0,60	0,07	1,24	0,98	6,79	10	190	102	13,4	19,7	68
0,60-0,90	0,07	0,68	9,93	8,23	1	218	949	36,3	36,3	100
pod 0,90	0,15	2,94	0,24	4,50	1	103	304	3,1	8,2	39

Cox – oxidovatelný uhlík

S – obsah výměnných bazických kationtů (mmol)

V – stupeň nasycení sorpčního komplexu (%)

T – celková sorpční kapacita (mmol)

pH – půdní reakce

Rekultivace lokality Střimice je dnes již dokončena (viz obr. 3). Na temeni výsypky slouží obyvatelům Mostu areál letiště o rozloze cca 90 ha obklopený zemědělskou rekultivací. Na svazích výsypky byla realizována lesnická rekultivace s turistickými stezkami. Navíc dnes lokalita poskytuje jedinečnou příležitost dlouhodobě sledovat vývoj takto vytvořeného antropogenního půdního profilu.



Obr. 3 Dokončená rekultivace výsypky Střimice

3.4 Doporučená metodika aplikace jílovcových sorbentů na rekultivovaných fytotoxických plochách

Aplikace zúrodnitelných hornin je nejefektivnější na fytotoxických plochách kontaminovaných uhelnou hmotou, tvořených silně písčitými horninami. V tomto případě je požadována aplikace slinitých hornin nebo bentonitických zemin v množství $3000 - 3500 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ s následnou homogenizací (promíslením) nebo křížovou orbou od 0,5 do 0,6 m. Variantou tohoto postupu je převrstvení sprašovými hlínami o mocnosti do 0,5 m. Jako doplňující rekultivační opatření je požadována aplikace organických hmot (kompostů) s upraveným poměrem C:N (25) v dávce $400 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, zapravených do 0,30-0,50 m rekultivovaného povrchu výsypky a následný dvouletý přípravný agrocyklus (pěstování plodin na zelené hnojení).

4. Metodika rekultivace fytotoxických ploch založená na aplikaci biodegradačních metod

V České republice se biodegradační technologie začínají využívat intenzivněji od roku 1989, především pro dekontaminaci půdy a vody kontaminované ropnými látkami a jejich deriváty.

Od roku 2005 byl zahájen výzkum možností aplikace biodegradačních metod při dekontaminaci často rozsáhlých ploch Ústeckého a Moravskoslezského kraje kontaminovaných produkty rozpadu uhelné hmoty a různými uhlovodíky /5/.

Příkladem může být vzorek z fytotoxické plochy Střimice kontaminované dlouhodobě větrající uhelnou hmotou. Výsledky aplikace bakteriálních kultur udávají tab. 3 a 4.

Tab. 3: Průběh odbourávání vybraných škodlivin pomocí bakterií *Rhodococcus* sp. (hodnoty jsou uvedeny v mg/kg suš.)

vzorek 9, Střimice	vstup	týden	4 týdny
NEL	205	160	125
Acenaften	0,1	0,1	0,05
Antracen	0,1	0,1	0,05
Benzo(a)antracen	0,2	0,05	0,05
Benzo(b)fluoranthen	0,2	0,1	0,05
Benzo(k)fluoranthen	0,05	0,05	0,05
Benzo(a)pyren	0,05	0,05	0,05
Benzo(ghi)perylene	0,2	0,1	0,05
Dibenzo(a,h)antracen	0,2	0,1	0,1
Fenantren	0,9	0,6	0,4
Fluoranthen	0,1	0,1	0,05
Fluoren	1,0	0,9	0,8
Chrysen	0,1	0,05	0,05
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,2	0,1	0,1
Naftalen	1,6	0,9	0,4
Pyren	0,4	0,2	0,1
Σ PAU	5,4	3,5	2,35
PCB č. 28	0,01	0,01	0,01
PCB č. 52	0,01	0,01	0,01
PCB č. 101	0,01	0,01	0,01
PCB č. 118	0,01	0,01	0,01
PCB č. 138	0,01	0,01	0,01
PCB č. 153	0,01	0,01	0,01
PCB č. 180	0,01	0,01	0,01
Σ 7 kongenerů PCB	0,07	0,07	0,07

Z výsledků bakteriálního loužení s čistou bakteriální kulturou *Pseudomonas putida* vyplynulo, že po měsíci loužení je možné ze vzorku odstranit 89 % NEL, 48 % PAU a 0 % PCB. Z dosažených výsledků je patrné, že aplikace této bakteriální kultury je vhodná pro degradaci NEL. Odstranění PAU je nižší a PCB nulové.

Tab. 4: Průběh odbourávání vybraných škodlivin pomocí bakterií *Pseudomonas putida* (hodnoty jsou uvedeny v mg/kg suš.)

vzorek 9, Střimice	vstup	týden	4 týdny
NEL	205	130	23
Acenaften	0,1	0,1	0,1
Antracen	0,1	0,1	0,05
Benzo(a)antracen	0,2	0,1	0,05
Benzo(b)fluoranthén	0,2	0,1	0,05
Benzo(k)fluoranthén	0,05	0,05	0,05
Benzo(a)pyren	0,05	0,05	0,05
Benzo(ghi)perylen	0,2	0,1	0,05
Dibenzo(a,h)antracen	0,2	0,1	0,1
Fenantren	0,9	0,7	0,3
Fluoranthén	0,1	0,1	0,05
Fluoren	1,0	0,9	0,9
Chrysen	0,1	0,06	0,05
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,2	0,1	0,1
Naftalen	1,6	0,9	0,7
Pyren	0,4	0,3	0,2
Σ PAU	5,4	3,76	2,8
PCB č. 28	0,01	0,01	0,01
PCB č. 52	0,01	0,01	0,01
PCB č. 101	0,01	0,01	0,01
PCB č. 118	0,01	0,01	0,01
PCB č. 138	0,01	0,01	0,01
PCB č. 153	0,01	0,01	0,01
PCB č. 180	0,01	0,01	0,01
Σ 7 kongenerů PCB	0,07	0,07	0,07

Pro tento vzorek je výhodnější použít bakteriální kulturu *Pseudomonas putida*. Ke zlepšení výsledků by mohlo dojít prodloužením doby biodegradace nebo aplikací adaptovaných bakteriálních kultur.

Aplikace biodegradačních metod bude zjevně efektivnější u ploch kontaminovaných ropnými produkty, než v tomto případě rozvětralé uhelné hmoty, přesto již tento příklad dokumentuje potenciální využitelnost metody. Výzkumné práce budou dále pokračovat.

5. Další netradiční rekultivační metody aplikované v oblasti severočeské pánve

Výzkum aplikace dalších netradičních rekultivačních metod probíhal především na lokalitách Severočeských dolů, a.s.

Na výsypce Radovesice byly vyčleněny dvě plochy alespoň dočasně ponechané přirozené sukcesi, na kterých probíhá dlouhodobé sledování vývoje svrchního půdního horizontu, fauny a flóry. Na vnitřní výsypce lomu Bílina byl pokusně aplikován elektrárenský stabilizát (elektrárna Ledvice) při rekultivaci fytotoxické plochy kontaminované uhelnými jílovci (současný stav plochy ukazuje obr. 4). Na vnější výsypce Březno Dolů Nástup Tušimice proběhl experiment založený na zapravení elektrárenského popela do plochy tvořené sterilními, extrémně jemnozrnnými žlutými jíly.

Výsledky budou podrobně rozebrány v prosincovém čísle časopisu Surface Mining – Braunkohle.



Obr. 4 Výsledky pokusné aplikace elektrárenského stabilizátu na vnitřní výsypce lomu Bílina

6. Závěr

Cílem příspěvku je charakteristika fytotoxických ploch severočeské pánve se zaměřením na možnosti jejich rekultivace. Jsou zde charakterizovány rekultivační metody využívající aplikace jílovcových sorbentů a uvedeny první zkušenosti s výzkumem možností biodegradačních metod.

Jako potenciální jílovcové sorbenty byly vytypovány kaoliniticko-illitické jílovce libkovického souvrství, montmorillonitické nadložní jílovce, bentonity a analcimové jílovce, přičemž největší důraz je kladen na bentonity severočeské pánve. V příspěvku je popsán výskyt těchto hornin, jejich stručná charakteristika a možnosti aplikace při rekultivacích. Rovněž jsou zde uvedeny zkušenosti ze zatím jediné rozsáhlé aplikace jílovcového sorbentu na výsypce Střimice. V závěru příspěvku jsou uvedeny výsledky biodegradace vzorku z fytotoxické plochy Střimice.

Práce vznikla s přispěním grantové agentury České republiky v rámci řešení grantového projektu č. 105/01/0487 „Výzkum výskytu a možností využití jílovců se sorpčními schopnostmi ze sokolovské a severočeské pánve“. Část problematiky byla řešena s podporou Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR v rámci výzkumného záměru č. MSM 4456918101 „Výzkum fyzikálně chemických vlastností hmot dotčených těžbou a užitím uhlí a jejich vlivů na životní prostředí v regionu severozápadních Čech“.

Literatura

1. Řehoř, M. a kol.: Využití doprovodných surovin získaných při povrchové těžbě hnědouhelných ložisek pro rekultivaci těchto lokalit. Referát, VŠB – TU Ostrava, 2002
2. Řehoř, M., Šafářová, M., Ondráček, V.: Application of Some Coal Treatment Products for Reclamation of Localities in the North Bohemian Basin 21th. Pittsburg Coal Conference, Osaka, 2004
3. Řehoř, M., Šafářová, M., Lang, T.: History, the Present and Perspectives of the North Bohemian Brown Coal Basin Area Reclamation. 4th. International Scientific Conference SGEM, Albena, 2004
4. Řehoř, M.: Mineralogický výzkum organické hmoty v těžených slojích a vybraných proplástků v jejich nadloží vč. hodnocení potenciálních doprovodných surovin na lokalitách SU, a.s. Posudek, VÚHU 2005
5. Kučerová, R.: Biodegradace vybraných škodlivin v půdách a čistírenských kalech. VŠB-TU Ostrava, 2005