

POJIVA A ADITIVA PRO CHEMICKOU STABILIZACI NEBEZPEČNÝCH ODPADŮ

ZDENĚK KAFKA a JANA PUNČOCHÁŘOVÁ

*Ústav chemie ochrany prostředí, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Technická 5, 166 28 Praha 6
e-mail: zdenek.kafka@vscht.cz*

Došlo dne 31.III.2001

Klíčová slova: stabilizace, pojiva, aditiva

Obsah

1. Úvod
2. Princip stabilizace a požadavky na zneškodňované odpady
3. Základní druhy pojiv
4. Aditiva
 - 4.1. Přírodní materiály
 - 4.2. Průmyslové odpadní produkty
5. Nepříznivé účinky kontaminantů na chemickou stabilizaci
6. Závěr

1. Úvod

Odpady zahrnují širokou škálu typů látek včetně složek, které mohou různým způsobem poškozovat životní prostředí. Tyto kontaminanty se stávají velkým ekologickým problémem zejména v případě, začnou-li se ekosystémem nekontrolovane šířit. Jedná se např. o různé rozpustné soli (sloučeniny rtuti, olova a chromu), polární organické látky (fenoly) nebo organické látky silně rezistentní vůči přírodnímu rozkladu (PCB). Imobilizace nebezpečných složek odpadů je proto jedním ze základních požadavků ochrany životního prostředí.

Při nakládání s odpady je z hlediska bezpečnosti i z hlediska ekonomického velmi důležitá konzistence odpadových materiálů. Zvláště problematické jsou látky polotuhé s proměnným množstvím vody (kaly, filtrační koláče) a sypké materiály (popílky); v těchto případech je výhodné převést příslušný odpad do tuhé formy.

Současný celosvětový vývoj v odpadovém hospodářství směřuje k procesům fyzikálně-chemické úpravy odpadů. V souvislosti se změnami koncepce nakládání s odpady v zemích EU, zejména v oblasti skládkování, smí být na skládku ukládán pouze upravený odpad. Jednou z progresivních metod fyzikálně-chemické úpravy nebezpečných odpadů je jejich stabilizace¹⁻³. Při úpravě tohoto typu dochází zpravidla k imobilizaci přítomných kontaminantů za vzniku nerozpustných produktů, které se vyznačují trvale sníženou vyluhovatelností.

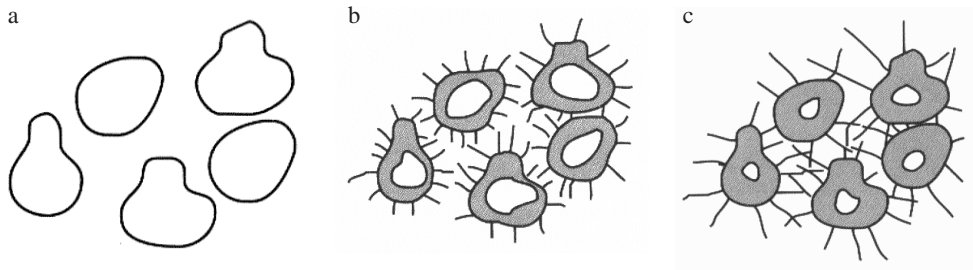
2. Princip stabilizace a požadavky na zneškodňované odpady

V procesu stabilizace se většinou jedná o účelovou chemickou reakci, při které dochází k přeměně na nerozpustný produkt, vyznačující se sníženou vyluhovatelností jednotlivých složek, nebo jejich zachycení na vhodný sorbent. Chemické látky jsou v odpadu obvykle chemicky vázány s přidávaným materiálem, jako jsou hydraulická nebo organická pojiva, speciální aditiva a aktivátory nebo akcelerátory. Ve většině případů přitom dochází ke zpevňování (solidifikaci) odpadu a k vytváření bariéry mezi částicemi odpadu a prostředím. Proto se úpravy tohoto typu v odborné literatuře označují často jako technologie S/S (stabilizace/solidifikace). Přítomné kontaminanty se chemicky vážou na matici tvořenou anorganickou nebo organickou látkou do inertního produktu, což je výhodné zejména z praktického hlediska (lepší manipulace, omezená vyluhovatelnost). Pokud malé částičky odpadu (molekuly nebo atomy) reagují se složkami solidifikačního média chemicky nebo s ním vytvářejí směsi, jedná se o fixaci. Takový případ nastává u některých organických odpadů, které se rozpouštějí v roztaveném bitumenu, a po jeho ztuhnutí vzniká pevná slitina. Když je zpevňujícím médiem sklotvorný materiál, stávají se jednotlivé atomy složek odpadů součástí mřížky vznikajícího skla. Pokud složky odpadů nejsou schopny vytvářet sloučeniny nebo se mísit se solidifikačním médiem, ale solidifikující médium malé částičky odpadu obaluje, a tím je izoluje od životního prostředí, jedná se o enkapsulaci. Jako příklad lze uvést vitrifikaci odpadu obsahujícího chrom, jehož atomy nejsou schopny vytvářet se sklotvornými materiály skla, a dochází pouze k obalení shluků oxidu chromu sklem.

Pro využití procesu stabilizace odpadů je třeba splnit některé požadavky a před vlastní solidifikací je výhodné odpady určitým způsobem upravit. Jedná se zejména o převedení nebezpečných složek odpadu do málo rozpustné formy, což je důležité především v přítomnosti těžkých kovů nebo jiných anorganických látek. Těžké kovy lze srážet v alkalickém prostředí jako málo rozpustné hydroxidy. Dalším požadavkem je odstranění vlhkosti nebo těkavých složek odpadu. Hlavním důvodem tohoto procesu je nebezpečí pění při aplikaci fixačních metod založených na vnášení odpadu do roztavené hmoty (síra, asfalty). Důležité je rovněž převedení pastovitých, kapalných nebo prachových nebezpečných odpadů do granulované formy, která umožňuje dokonalejší smíšení s obalovou látkou při solidifikaci.

Mezi odpady, které lze zneškodňovat procesy S/S patří zejména:

- půdy kontaminované polychlorovanými bifenoly,
- půdy kontaminované polyaromatickými uhlovodíky,
- půdy kontaminované různými oleji,
- kaly obsahující organické látky,
- kaly obsahující oleje a tuky,
- některé odpady z petrochemického průmyslu,
- odpady z výroby fenolových pryskyřic,



Obr. 1. Hydratace cementu

– radioaktivní odpady (včetně odpadů se silnou radioaktivitou).

Největší zkušenosti s využitím technologií S/S jsou však v oblasti zneškodňování anorganických odpadů obsahujících těžké kovy. Jako příklady nebezpečných odpadů zneškodňovaných popsanou technologií s využitím nejčastěji používaných hydraulických pojiv lze uvést:

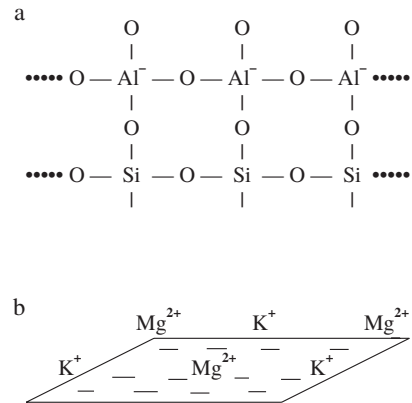
- popílký obsahující kadmium, olovo, arsen a některé další kovy,
- odpady z výroby herbicidů obsahující převážně arsen,
- filtrační koláč např. z procesu čištění odpadních plynů obsahující zinek,
- kontaminované půdy obsahující různé těžké kovy,
- zbytky katalyzátorů obsahující měď,
- kaly z úpraven kovů obsahující zinek, kadmium a chrom,
- kaly z barvíren obsahující různé těžké kovy,
- slévárenské kaly obsahující různé těžké kovy.

3. Základní druhy pojiv

Z celé řady pojiv, která jsou vhodná pro procesy stabilizace nebezpečných odpadů, se nejčastěji využívají cement a vápno.

Cementotvorné látky⁴ jsou někdy označovány jako hydraulická pojiva, která po smíchání s vodou tuhnou na vzduchu i pod vodou. Podle typu vstupních surovin při výrobě se rozlišují dva základní druhy těchto materiálů. Jedná se o cement portlandský, který se vyrábí z vápence a jílu, a cement puzzolánový (fímský), kdy vstupními surovinami pro výrobu jsou vápenc a popel, původně sopečný, nyní převážně struskový. Technologie s využitím puzzolánických cementů jsou žádoucí zejména z důvodu možnosti zpracování odpadního produktu (popílků), což se může projevit v nižších nákladech v důsledku úspory relativně drahého cementového pojiva⁵. Po smíchání cementu s vodou jsou nehydratovaná zrna cementu dispergována ve vodě (obr. 1a). Po proniknutí vody do suchých cementových zrn se začínají tvořit krystaly hydratovaných vápenatých hlinitokřemičitanů vyrůstající jako jemná vlákna ze zrn (obr. 1b) a postupně vzniká pevná matrice. Pevnost cementu se zvyšuje s růstem krystalů a následně tvorbou překrývající se a do sebe zapadající krystalové sítě (obr. 1c). Při stabilizaci odpadních materiálů jsou složky odpadů fixovány právě touto krystalickou maticí.

Potřebná volná voda se může vyskytovat v samotném odpadu, nebo je třeba ji zvlášť přidávat. Poměr množství přidané volné vody k množství cementu je hlavním faktorem, který ovlivňuje porozitu a pevnost výsledného stabilizátu⁷. Kvalita stabilizátu včetně množství potřebné vody je samozře-



Obr. 2. Struktura jílových minerálů

jmě ovlivněna i typem zneškodňovaného odpadu a jeho formou (jemný prášek, zrnitý materiál atd.) a dále přidávkem různých aditivních látek. Příkladem může být chlorid vápenatý, který již ve velmi malých koncentracích značně urychlí vytvrzení cementu, nebo jemné adhezivní materiály, které mohou pokrývat částice cementu, a bránit tak růstu hlinitokřemičitanových krystalů a cementových zrn⁸.

Vápno⁹⁻¹¹ je další materiál, který se velmi často využívá k solidifikaci problematických odpadů. Vápené materiály bývají někdy označovány jako nehydraulická neboli vzdušná pojiva, neboť tvrdnou pouze na vzduchu. Tuhnutí je způsobeno karbonizací atmosférickým oxidem uhličitým. K nejčastěji používaným patří bílé vápno a vápený hydrát. Vápno (oxid vápenatý CaO), přechází přidávkou vody na hydroxid vápenatý Ca(OH)₂ (vápený hydrát, hašené vápno), který reakcí s oxidem uhličitým vytvoří tuhý uhličitý vápenatý CaCO₃. Přidávkou sklotvorných křemičitanových materiálů (např. písku) nastává propojení s fází uhličitánu vápenatého prostřednictvím vazeb –Si–O–Ca²⁺ v pevný celek.

Vzhledem k alkalické reakci vápených materiálů lze vápno jako pojivo s výhodou využít pro stabilizaci odpadu obsahujícího kyselou složku.

4. Aditiva

Aditivum představuje pro daný odpad chemické činidlo, které buď reaguje s přítomnými polutanty, nebo tyto polutanty váže do matrice příslušného stabilizátu, a tvoří tak z hlediska životního prostředí neškodný produkt¹². Úkolem aditiv, přidávaných v různém množství k pojivům, je další snížení vylu-

hovatelnosti kontaminantů z produktů připravených stabilizací. Vzhledem k tomu, že obsah toxických kontaminantů je ve většině reálných vzorků relativně nízký, stačí v řadě případů i nepatrný přídavek příslušného aditiva, který je stechiometricky řádově vyšší, a tudíž pro dosažení žádaného efektu dostatečný. Často se naopak jedná o náhradu relativně drahých surovin používaných jako pojiva (cement, vápno) levnějšími materiály, někdy i odpadními, které lze v tomto procesu využít. Platí to zejména o popílku¹³ nebo síranu vápenatém, které vznikají ve velkých objemech jako odpadní produkty, a jejich potenciální využití je tudíž z ekonomického hlediska výhodné.

Jako aditiva se často používají přírodní materiály na bázi jílu nebo průmyslové odpadní produkty.

4.1. Přírodní materiály

Přírodní materiály používané jako aditiva k příslušným pojivům, např. různé typy jílu^{14,15}, bentonit¹⁶ a zeolity mají schopnost fixovat do svých krystalových struktur, vyznačujících se vrstevnatostí, různé atomy nebo molekuly, které případně mohou být i nebezpečnými komponentami odpadních produktů¹⁷. Jílové materiály se používají buď ve své původní formě, kdy jsou v mezivrstevním prostoru přítomny kationty např. alkalických kovů, kovů alkalických zemin a proměnlivý obsah vody, nebo je vzdálenost mezi jednotlivými vrstvami vhodným způsobem rozšířena. Uvedená úprava vede ke zlepšení sorpčních a vazebných schopností těchto materiálů.

Jíly¹⁸ jsou přírodní sekundární minerály vznikající zvětráváním primárních křemičitanových hornin. Podle velikosti základních částic se dělí na jíly fyzikální o průměru částic pod 2 μm a jemnější jíly koloidní s průměrem částic pod 0,1 μm.

Jíly obsahují vrstevnaté struktury podobné deskám (obr. 2a), přičemž se pravidelně střídají vrstvy Si–O s vrstvami Al–O. „Křemičitanová vrstva“ je tvořena tetraedry Si–O, kde každý atom křemíku je obklopen čtyřmi atomy kyslíku. Z těchto čtyř kyslíkových atomů jsou tři sdíleny s dalším tetraedrem. „Hlinitanová vrstva“ sestává z oktaedrů Al–O, kde je každý atom hliníku obklopen šesti atomy kyslíku, z nichž část je sdílena se sousedními atomy hliníku a některé propojují sousední oktaedrickou a tetraedrickou vrstvu. Protože jádra atomů hliníku obsahují o jeden proton méně než jádra atomů křemíku, jeví se vrstva alumooktaedrů jako záporně nabitá (obr. 2b). Jílové strukturální vrstvy mohou nabýt negativního náboje také náhradou křemíku a hliníku kationty kovů podobné velikosti, ale s menším nábojem (Mg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+}). Negativní náboj jílových struktur musí být vyvážen vazbou s kationty.

V půdním prostředí jíly vážou většinou kationty alkalických kovů, kovů alkalických zemin nebo amoniových kationtů NH_4^+ . Jílové materiály však především velmi ochotně vážou vodu, resp. ionty H_3O^+ . V jílech se tak tvoří vrstvy vody, které se ve vhodných podmínkách opět uvolňují. Tyto procesy odpovídají botnání a smršťování jílu. Jestliže jsou jíly použity jako aditiva při stabilizačních technologiích, chovají se jako měniče kationtů a poutají velmi pevně např. toxické kationty těžkých kovů. Jako složka půd v životním prostředí mohou adsorbovat i různé organické látky, zejména z vodné fáze. Tyto sorbované organické látky mohou být navíc biodegradovány mikrobiálními procesy probíhajícími na povrchu jílových částic.

Mezi často používané hlinítokřemičitanové s vrstevnatou strukturou patří bentonit. Je to reziduální hornina vznikající

zvětráváním pyroklastických hornin (tj. hornin tvořených sopečnými vyvřelinami – vulkanickým sklem a krystaly minerálů z lávy). Velká adsorpční schopnost souvisí s vysokou hodnotou měrného povrchu bentonitů a u nejlepších druhů dosahuje $800 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ (pro srovnání – měrný povrch kaolinu se pohybuje v rozmezí $3\text{--}70 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$, u illitických jílu jde o hodnoty $70\text{--}150 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$).

Organofilní jíly jsou přirozené jíly s podílem humusu nebo jíly cíleně upravované. Jílové vrstevnaté silikáty mají vhodnou stavbu pro různé modifikace jejich struktury vedoucí ke změně fyzikálních i chemických vlastností výsledných produktů¹⁹. Mezi vrstvy krystalové mřížky je totiž možno za určitých teplotních a tlakových podmínek včlenit např. kationty kovů, molekuly vody, ale i objemnější molekuly organických látek nebo komplexní ionty. Druh a koncentrace hostitelské molekuly pak určuje vlastnosti výsledného produktu. Tento proces známý pod názvem interkalace by mohl přispět k vývoji nových materiálů s požadovanými mimořádnými vlastnostmi¹⁹ pro technologii S/S. Příkladem může být jílový montmorillonit modifikovaný kvarterními amoniiovými solemi²⁰.

4.2. Průmyslové odpadní produkty

Z průmyslových odpadních produktů je ekonomicky výhodné využít odpadního síranu vápenatého, tzv. energosádrovce, který vzniká ve velkých objemech jako odpad při mokré vápencové vypírce kouřových plynů²¹, a dále popílku produkovaného při spalování uhlí²² nebo tuhých odpadů, který je zachycován v prvním stupni čištění spalin spočívajícím v odlučování tuhých látek na elektrostatických filtrech.

Síran vápenatý existuje v několika hydratovaných formách, lišících se přítomností (nebo nepřítomností) určitého počtu molekul vody. Jsou to:

- anhydrit – bezvodý síran vápenatý $CaSO_4$, romboický minerál,
- sádra – dehydratovaná hornina $CaSO_4 \cdot 1/2 H_2O$; vyrábí se žiháním sádrovce,
- sádrovec – $CaSO_4 \cdot 2 H_2O$, monoklinický minerál.

Pro účely stabilizace se používá především energosádrovec²³, který je produktem reakce mezi vápencem a kyselými složkami kouřových plynů, zejména oxidu siřičitého, a následné oxidace. Z hlediska chemického složení je tvořen z 80–95 % $CaSO_4 \cdot 2 H_2O$. Dále obsahuje 1–10 % SiO_2 , 0,5–5 % Al_2O_3 , 0,5–3 % $CaCO_3 + MgCO_3$ a v koncentracích do 1 % mohou být přítomny Fe_2O_3 , MgO , Na_2O , K_2O , SO_2 , fluor a chlor. Střední velikost částic bývá 70–90 μm v závislosti na konkrétní technologii odsíření. Odpadní energosádrovec je produkován s určitým obsahem vody (přibližně 10 %) zpravidla v suspenzní formě. Obsah kontaminujících kovů bývá obvykle o 1 až 2 řády nižší než u popílku.

Složení odpadních popílků, které se s výhodou používají jako puzzolanické aditivní složky v solidifikačních technologiích, je proměnlivé v závislosti na typu spalovaného uhlí. Chemicky se jedná o látky s vysokým obsahem sklotvorného materiálu. Obsahují průměrně 45–55 % SiO_2 , 17–30 % Al_2O_3 , 5–18 % Fe_2O_3 , jednotky procent CaO , MgO , TiO_2 , Na_2O , K_2O a SO_3 . Velikost částic popílku je řádově $10^{-7}\text{--}10^{-3}$ m. Obsah kovů (Cu, Zn, Pb, As, Co, Cr, Ni, Mn) se pohybuje v rozmezí desítek až stovek ppm, přičemž vyšší koncentrace bývají dosahovány na jemnějších frakcích. Při stabilizaci se využívá tzv. puzzolanických vlastností popílku, což je schopnost za ur-

Tabulka I
Nepříznivé účinky chemických látek na stabilizační procesy²⁴

Chemická látka	Nepříznivé účinky
Těžké kovy (Zn, Cd, Hg, Pb, As, Cr)	zpomalení tuhnutí při cementaci
Oxidační činidla (HNO ₃ , KMnO ₄ , K ₂ Cr ₂ O ₇)	rozpad stabilizační matrice organických polymerů
Rozpuštěné soli mědi, zinku, hořčíku, cínu a olova	nabotnění a tvorba prasklin v cementové nebo vápenné matrici, zvětšení povrchu přístupného k vyluhování
Anionty v kyselých rozpouštědlech, které tvoří rozp. vápenaté soli (např. chloridy, uhličitany, acetáty)	kation-výměnné reakce, které vedou k vyloužení vápníku, zvyšují propustnost a snižují pevnost příslušného vápenného stabilizátu
Oleje a tuky	tvorba hydrofobního povlaku na částicích cementu, zamezení hydratace, tuhnutí a zrání cementu, snížení pevnosti
Polární organické látky (alkoholy, fenoly, glykoly, organické kyseliny)	zpomalení tuhnutí cementu, snížení dlouhodobé stálosti a pevnosti
Nepolární organické látky	zpomalení tuhnutí cementu, snížení dlouhodobé stálosti, zvýšení odpařování těkavých látek během míchání
Těkavé organické látky	odpařování působením reakčního tepla, nelze je účinně imobilizovat
Fenoly	snížení pevnosti
Alifatické a aromatické uhlovodíky	zpomalení tuhnutí při cementaci

čítých podmínek hydraulicky tuhnout a tvrdnout. Tato schopnost se obvykle iniciuje v alkalickém prostředí, tedy v přítomnosti cementu nebo vápna, jakožto nejčastěji používaných pojiv, a vody. Produkty stabilizace dosahují po zatvrdnutí pevnosti okolo 10 MPa.

5. Nepříznivé účinky kontaminantů na chemickou stabilizaci

Stabilizační procesy mohou být ovlivněny přítomností některých chemických látek v odpadu nebo i jiným způsobem, např. poměrem odpadu k použitému pojivu, obsahem vody, dobou tuhnutí nebo teplotou. Nepříznivé účinky chemických látek se projevují zejména

- zabráněním zabudování odpadu do matrice pojiva,
- zpomalením tuhnutí,
- snížením stability matrice produktu, a tím zvýšením vyluhovatelnosti odpadu,
- snížením mechanické pevnosti konečného odpadu.

Příklady některých chemických látek, které mají nepříznivé účinky na stabilizační procesy, jsou uvedeny v tabulce I.

6. Závěr

Čtené laboratorní experimenty i pokusy s reálnými odpadovými materiály dokázaly schopnost stabilizovaných či solidifikovaných forem snížit kombinací fyzikálních a chemických mechanismů mobilitu příslušných kontaminantů. Přesnou povahu těchto mechanismů však není možné obecně popsat. Důležitým požadavkem na kvalitu solidifikátu je za-

držení kontaminujících složek po dlouhou dobu. Provedení dlouhodobých expozic přímo v environmentálních podmínkách bývá obvykle technicky špatně schůdné. Realizace kvalitních dlouhodobých laboratorních testů je obtížná, protože všechny environmentální faktory, které ovlivňují odpady, lze těžko definovat. Laboratorní testy také nikdy neodrážejí dokonale realitu životního prostředí.

Hlavním problémem při definování obecných principů procesů S/S ale zůstává velká druhová pestrost zneškodňovaných odpadů. Navíc jsou technologické parametry procesů S/S velmi často předmětem výrobního tajemství firem zabývajících se úpravou odpadů. Vzhledem k budoucí strategii nakládání s odpady musí být technologie S/S koncipovány vždy pro daný druh konkrétního odpadu na základě znalostí fyzikálních a chemických principů možných a realizovatelných vazeb vhodných pojiv (případně aditiv) a jednotlivých složek příslušných odpadů. Za nejdůležitější efekt úpravy odpadů vedoucí ke snížení vyluhovatelnosti by vedle zmenšení specifického povrchu měla být považována především účinná chemická stabilizace kontaminantů, které jsou v odpadech přítomny.

LITERATURA

1. Kafka Z., Vošický J.: Chem. Listy 92, 789 (1998).
2. Kuraš M.: *Odpady, jejich využití a zneškodňování*. ČEÚ/VŠCHT, Praha 1994.
3. Kuraš M.: *Odpadové fórum* 6, 17 (2001).
4. Jiříček M.: *Diplomová práce*. VŠCHT, Praha 2001.
5. Ben K., Temini M., Camps J. P., Laquerbe M.: *Mater. Struct.* 30, 335 (1997).
6. Lowe J. N.: *Chemistry, Industry and Environment*. W. C. Brown Publishers, Dubuque 1994.

7. Means J. L., Smith L. A., Nehring K. W., Brauning S. E., Gavaskar A. R., Sass B. M., Wiles C. C., Mashni C. I.: *Solidification/Stabilization to Waste Materials*. Lewis Publishers, Boca Raton 1995.
8. Revíková M.: *Diplomová práce*. VŠCHT, Praha 2001.
9. Helan B., Klement K.: *Vápno – výroba a použití*. SNTL, Praha 1960.
10. Kafka Z., Březina M.: *Odpady 2000* (3), 18.
11. Landsmann K.: *Diplomová práce*. VŠCHT, Praha 2000.
12. Dutre V., Vandecasteele C.: *Waste Manage. Res.* 16, 625 (1997).
13. Vempati R. K., Mollah Y. A., Chintala A. K., Cocke D. L., Beegly J. H.: *Waste Manage. Res.* 15, 433 (1995).
14. Temini M., Amor K. B., Camps J. P.: *Appl. Clay Sci.* 13, 245 (1998).
15. Xeidakis G. S.: *Eng. Geol.* 44, 107 (1996).
16. Dweck J., Mauricio P.: *J. Environ. Sci. Health, Part A* 35, 715 (2000).
17. Yousuf M., Mollah Y. A., Vempati R. K., Lin V. C., Cocke D. L.: *Waste Manage. Res.* 15, 2 (1995).
18. Čapková P.: *Vesmír* 1999 (4), 197.
19. Čapková P.: *Vesmír* 2000 (11), 617.
20. Kuraš M.: *EKO* 1999 (1), 26.
21. Kafka Z., Březina M., Vošický J.: *EKO* 1999 (3), 13.
22. Vaněk V.: *Odpady* 1994 (5), 26.
23. Prokopec L.: *Odpady z energetiky. Odpady, jejich využití a zneškodňování*, sborník přednášek. VŠCHT, Praha 1997.
24. U.S. Environmental Protection Agency. 1989g. *Stabilization/Solidification of CERCLA and RCRA Wastes: Physical Tests, Chemical Testing Procedures, Technology Screening, and Field Activities*. EPA/625/6-89/022.

Z. Kafka and J. Punčochářová (*Department of Chemistry of Environment Protection, Institute of Chemical Technology, Prague*): **Binders and Additives for Chemical Stabilization of Dangerous Wastes**

The article deals with evaluation of various types of binders and additives utilized for chemical stabilization of dangerous wastes. Attention is focused on cement and lime, on natural materials of clay type, and on industrial waste products such as calcium sulfate or fly ash. A principle of stabilization and requirements for disposal of wastes are described, and examples are given of some dangerous wastes envisaged for the use of the stabilization/solidification technology. Adverse effects of contaminants on chemical stabilization are also discussed.