

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

285 742

(19)

ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **1901-97**

(22) Přihlášeno: **14. 12. 95**

(30) Právo přednosti:
22. 12. 94 GB 94/9426023

(40) Zveřejněno: **12. 11. 97**
(Věstník č. 11/97)

(47) Uděleno: **31. 08. 99**

(24) Oznámeno udělení ve Věstníku: **13. 10. 99**
(Věstník č. 10/99)

(86) PCT číslo: **PCT/GB95/02919**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO 96/19812**

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.⁶:

G 21 F 9/00

G 21 F 9/22

G 21 F 9/28

(73) Majitel patentu:

BRADTEC LIMITED, Bristol, GB;

(72) Původce vynálezu:

Bradbury David, Gloucester, GB;

Elder George Richard, Gloucester, GB;

(74) Zástupce:

**PATENTSERVIS PRAHA a.s., Jivenská 1273,
Praha 4, 14021;**

(54) Název vynálezu:

**Způsob dekontaminace radioaktivních
materiálů**

(57) Anotace:

Způsob dekontaminace radioaktivních materiálů zahrnuje uvedení materiálu, určeného k dekontaminaci, ve styk se zředěným roztokem, obsahujícím uhličitán, a to za přítomnosti částic ionexu, které buď mají samy chelatační funkci, nebo je na ně chelatační funkce vázaná, a dále oddělení ionexových částic od zředěného roztoku, obsahujícího uhličitán. Dekontaminovanými radioaktivními materiály mohou být přírodní materiály, jako je zemina, nebo vyrobené materiály, jako je kontaminovaný beton nebo kontaminovaná ocel.

CZ 285 742 B6

Způsob dekontaminace radioaktivních materiálů

Oblast techniky

5

Tento vynález se týká způsobu dekontaminace radioaktivních materiálů.

Dosavadní stav techniky

10

Kontaminace životního prostředí radioaktivními materiály je všeobecným problémem. Tento problém může nastat jako důsledek těžebních operací, jako např. při těžbě uranu, nebo jako kontaminace, způsobená provozem jaderných zařízení s nedostatečnou kontrolou úniku do okolí, nebo způsobená při likvidaci radioaktivních odpadů. Mimo to ke kontaminaci může dojít v důsledku rozptýlení uranových tělísek, špalíků, používaných jako vysoce hutný materiál ve vojenských či civilních aplikacích jako důsledek vojenské či civilní nehody.

15

V těžebním průmyslu byly vypracovány praktické a hospodárné metody získávání některých radioaktivních prvků z kontaminovaných materiálů. Avšak cílem v hornictví je obvykle hospodárné získávání materiálů, a sekundární odpad je jen zřídka hlavním cílem. Při čištění životního prostředí je ekonomickým cílem dosáhnout efektivního vyčištění s minimálním sekundárním odpadem při minimálních nákladech, a hodnota regenerovaných radioaktivních látek má jen druhotný význam. Metody a chemikálie, které nejsou ekonomické či vhodné pro těžební aplikace, mohou být prakticky použitelné pro čištění životního prostředí.

25

Je dobře známo, že radioaktivní prvky lze regenerovat z materiálů po čištění životního prostředí mechanickým praním vodou s přídavkem nebo bez přídavku povrchově aktivních aditiv. Avšak tyto postupy jsou obvykle omezeny na mechanickou separaci pevných látek, a neodstraní se kontaminanty, chemicky vázané na pevnou fázi.

30

Byly vypracovány chemické metody rozpouštění nerozpustných radioaktivních kontaminantů v koncentrovaných rozpouštědlech, jako jsou silné kyseliny, v procesu, známém jako kyselinové loužení. Tyto procesy jsou účinné, avšak jsou nevýhodné v případě, že spotřebovaný koncentrovaný roztok se nakonec stane odpadem. V četných případech koncentrovaná rozpouštědla jsou sama nebezpečná, a tedy nejen tím, že obsahují radioaktivní kontaminant, který se procesem má koncentrovat. Kyselinové loužení a podobné procesy, užívající koncentrovaných chemikálií k rozpouštění radioaktivního kontaminantu, mají další nevýhodu, že totiž rozpouštějí také jiné kontaminanty, pro které postup nebyl určen, a to neradioaktivní kovy.

35

První způsoby dekontaminace vnitřních povrchů v okruzích jaderných reaktorů spočívaly v mytí koncentrovanými chemickými roztoky, a tedy v rozpouštění kontaminantů a získání koncentrovaného roztoku kontaminantů. Bylo však zjištěno, že zpracování těchto odpadních roztoků je obtížné a nevhodné, a že vede k odpadu, vyžadujícímu likvidaci. Technologie pokročila a umožnila regeneraci radioaktivity s pomocí běžné výměny iontů systémem recirkulace zředěné kyseliny. Tyto zředěné a kyselé roztoky neobsahují uhlíčitan, takže nejsou dobře použitelné a vhodné pro rozpouštění aktinidů, protože nevytvářejí rozpustné komplexy s aktinidy.

45

Při dekontaminaci reaktorů bylo zjištěno, že lze použít určitých reagensů k rozpouštění kontaminace a k jejímu převedení na ionexovou pryskyřici v recirkulačním procesu, a to tak, že organické činidlo se nepřetržitě vrací do procesu. Příkladem roztoků, používaných k dekontaminaci reaktorů, je mravenčan vanaditý, kyselina pikolinová a hydroxid sodný. V jiných postupech se používá směs kyseliny citronové a oxalové. Tyto roztoky k dekontaminaci

50

reaktorů mají tu nevýhodu, že je nelze použít k jednorázové aplikaci na rozpouštění aktinidů, radia a některých štěpných produktů, jako je technecium.

Uvedené roztoky k dekontaminaci reaktorů neobsahují uhličitany a jsou kyselé, takže rozpouštějí oxidy železa, obsahující současně radioaktivní prvky, které se v kontaminovaných okruzích reaktoru vyskytují. Tato neselektivní rozpouštěcí schopnost je nevýhodou kyselých roztoků, které jsou tím nepoužitelné k dekontaminaci takových materiálů jako je zemina, obsahující železo a jiné kovy, které nechceme regenerovat. Jinou nevýhodou kyselých roztoků je to, že materiály jako je beton nebo vápenec se v kyselém prostředí poškodí nebo rozpouštějí. A také při použití výše uvedených mycích roztoků k dekontaminaci půdy přejde příliš mnoho neselektivně rozpouštěných kontaminantů do roztoku, což brání regeneraci kontaminantů a recirkulaci roztoků pro použití k další dekontaminaci.

Bylo zjištěno, že uran a transuranové radioaktivní prvky je možno rozpouštět v koncentrovaných kyselých chemických systémech s $\text{pH}=1$. Avšak acidita vede k výše uvedeným obtížím. Uran a někdy thorium se získávají při těžebních operacích v koncentrovaném zásaditém prostředí, obsahujícím uhličitany. Použití koncentrovaných roztoků je motivováno potřebou rozpouštět materiál rychlostí, ekonomickou vzhledem k důlním operacím, avšak tyto roztoky nejsou zvláště vhodné v případech, kdy prvotním zájmem je vystříhat se sekundárních odpadů. Vyskytují se také návrhy rozpouštět uran a plutonium ve zředěných zásaditých roztocích, které obsahují uhličitany, citrát jako chelatační činidlo, a oxidační nebo redukční činidlo.

V patentu US 5 322 644 je popisována metoda rozpouštění radioaktivních kontaminantů ve zředěném roztoku se zásaditým pH a s účinným množstvím chelatačního činidla. V patentu se také popisují kroky pro získání kontaminantů z roztoku, spočívající ve výměně aniontů nebo kationtů nebo v selektivní výměně kationtů, a také se popisuje použití magnetických ionexů pro separaci kontaminantů.

Je dobře známo, že uran je možno rozpustit v zásaditém prostředí uhličitanu a opět získat výměnou aniontů, což je základ tzv. procesu „pryskyřice v kalu“, při němž se použije pórovitých pytlů s anexovou pryskyřicí k vyjmutí karbonátových komplexů uranu z kalů kontaminovaného materiálu a rozpouštěcího prostředku. Avšak, jak uvádí patent US 5 322 644, bylo zjištěno, že karbonátové roztoky bez přídavku chelatačního činidla jsou velmi neúčinné pro rozpouštění plutonia.

Důvod této neschopnosti rozpouštět plutonium za nepřítomnosti chelatačního činidla se připisuje poměrně malé rozpustnosti a stabilitě komplexu Pu^{IV} -karbonát, a teoreticky se předpokládá, že přítomnost chelatačního činidla, jako je EDTA, v rozpouštěcím prostředku napomáhá rozpouštění stabilizováním rozpuštěného Pu^{IV} jako komplexu EDTA. Tuto hypotézu potvrdily termodynamické výpočty. Ukázalo se také, že přítomnost oxidačního činidla podporuje rozpouštění uranu i plutonia. V případě uranu je známo, že oxidační činidlo zvyšuje jeho oxidační stav na (VI), v němž přechází do roztoku. Bez pochyb byla potvrzena zlepšená kinetika rozpouštění po změně oxidačního stavu kovu v pevné mřížce.

Podstata vynálezu

Proto byl vyvinut způsob dekontaminace radioaktivních materiálů s použitím rozpouštěcího prostředku, obsahujícího uhličitany a neobsahujícího chelatační činidlo.

Na základě toho předložený vynález poskytuje způsob dekontaminace radioaktivních materiálů, sestávající ze dvou kroků, a to kroku uvedení materiálu, určeného k dekontaminaci, do styku se zředěným roztokem uhličitanu za přítomnosti ionexových částic, které buď mají chelatační

funkci samy, nebo mají chelatační funkci na ně vázanou, a kroku separace ionexových částic od zředěného roztoku, obsahujícího uhličitany.

Radioaktivním materiálem dekontaminovaným způsobem podle vynálezu mohou být přírodní materiály, jako je zemina, nebo vyrobené materiály, jako je kontaminovaný beton nebo kontaminovaná ocel.

Podaný vynález je zejména využitelný pro rozpouštění a opětné získání aktinidů, a to s mnohem větší účinností v porovnání se způsobem, popsáným v patentu US 5 322 644. Jedním důvodem větší selektivity způsobu podle vynálezu oproti způsobu podle patentu US 5 322 644 je nepřítomnost chelatačního činidla v rozpouštěcím prostředku, přičemž toto činidlo by mělo tendenci rozpouštět i neradioaktivní ionty, jako je železo.

Postup podle tohoto vynálezu je velmi účinný proto, že radioaktivní kontaminace je vyjímána z rozpouštěcího prostředku současně s rozpouštěním, takže koncentrace rozpuštěných kontaminantů je udržována na minimu, čímž se sníží požadavky na promývání a zlepšení se dosažitelná dekontaminace.

K provedení způsobu podle tohoto vynálezu se materiál, určený k dekontaminaci, uvede do styku s rozpouštěcím prostředkem, roztokem, a současně je tento roztok ve styku s pevnými částicemi ionexu, které mají na sebe vázanou chelatační funkci, nebo mají chelatační funkci samy. V kontaktním zařízení obvykle dochází k přiměřenému promíchání pevných částic s roztokem, avšak míchání nesmí být příliš prudké, aby se částice ionexu nepoškodily. Částice ionexu jsou zavěšeny v pórovitém pytli uvnitř rozpouštěcího prostředku, roztoku, nebo obsahují-li magnetický materiál se přidávají přímo do směsi rozpouštěcího prostředku a kontaktovaného materiálu. V případě, že dekontaminovaným materiálem je velký předmět, rozpouštěcí prostředek, roztok, se uvede ve styk s předmětem a rychle se vrací do nádoby, v níž rozpouštěcí prostředek přichází ve styk s ionexy. V kontaktování, v dotyku, dekontaminovaného materiálu a rozpouštěcího prostředku, roztoku, pokračujeme, až se kontaminant přenesse z kontaktovaného materiálu rozpouštěním do roztoku na ionexový materiál.

Dalším krokem je separace ionexového materiálu. Je-li tento v pórovitém pytli, vyjmeme prostě pytel z roztoku. Je-li ionexový materiál promíchán s kontaktovaným materiálem, oddělíme tyto dva např. magnetickou separací, obsahují-li ionexové části magnetický materiál. Roztok a kontaktovaný materiál, který je v podstatě nemagnetický, projdou magnetickým separátorem, v němž se ionexový materiál zadrží.

V některých aplikacích není nutno separovat kontaktovaný materiál a roztok. V přírodních materiálech bývají nejčastěji uhličitany, které jsou přijatelné pro navrácení kontaktovaného materiálu do okolního prostředí. Je-li nutná separace kontaktovaného materiálu od roztoku, lze použít standardního zařízení na separaci pevných látek od roztoku, jako jsou tlakové filtry a plachetkové kalolisy. Oddělený rozpouštěcí prostředek, roztok, je potom možno recyklovat a použít k dekontaminaci dalšího materiálu.

Rozpouštěcí prostředek, roztok, sestává z účinného množství zředěného zásaditého roztoku uhličitanu, postačujícího k rozpuštění kontaminantů v materiálu. Zdroj uhličitanu obsahuje plynný oxid uhličitý, kyselinu uhličitou, uhličitany sodný, hydrogenuhličitany sodný a jiné uhličité soli. Uhličité soli tvoří rozpustné komplexy s různými aktinidy. Je možno použít i jiných aniontových radikálů, schopných vytvářet rozpustné komplexy s aktinidy.

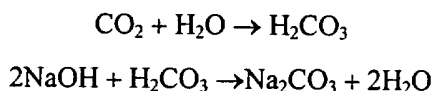
Rozpouštěcí kapalina, roztok, má zásadité pH, tj. pH od 7 do 11, výhodněji od 9 do 11, a nejvýhodnější je pH 9. Postup začíná úpravou pH rozpouštěcí kapaliny na hodnotu 9 přidáním účinného množství zásady jako je hydroxid sodný. Zde použitý termín „zásada“ zahrnuje jakoukoliv látku schopnou zvýšit pH roztoku nad hodnotu 7, přičemž tato látka nesmí jinak

narušit rozpouštěcí funkci roztoku. Z jiných použitelných zásad je to hydroxid draselný, hydroxid amonný a uhličitan amonný. Uhličitan amonný je dosti nevhodný, ale má navíc výhodu z hlediska likvidace odpadu, protože může být z roztoku odstraněn odpařením. Podle definice, uvedené výše, může být použita jakákoliv zásada. Množství zásady účinné pro úpravu pH na
 5 žádanou hodnotu závisí na specifčnosti samotné použité zásady, na ostatních složkách roztoku a na vlastnostech příslušné zeminy nebo jiného materiálu, který je dekontaminován.

Další alternativou je, že roztoku uhličitanu podle tohoto vynálezu je možno použít také k rozpuštění některých aktinidů při neutrálním pH.

10 Způsob podle vynálezu také zahrnuje stupeň vytvoření uhličitanu přidáním účinného množství plynného oxidu uhličitého k roztoku ještě před kontaktním stupněm. Plynný oxid uhličitý probublává rozpouštěcí kapalinou, obsahující všechny složky vyjma uhličitanu, a vytváří roztok uhličitanu např. podle následujících rovnic:

15

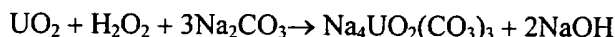


Postupu probublávání plynného oxidu uhličitého rozpouštěcí kapalinou lze také použít k úpravě pH roztoku na příslušnou hodnotu. Účinné množství plynného oxidu uhličitého, postačujícího k vytvoření uhličitanu a úpravě pH roztoku okamžitým postupem, je možno stanovit běžnými analytickými metodami. Jinou alternativou způsobu podle vynálezu je vytvoření uhličitanového roztoku přidáním účinného množství uhličitanu k rozpouštěcí kapalině. Výhodnou koncentrací uhličitanu je 1 mol.

25

Roztok použitý podle vynálezu může také obsahovat oxidační látku jako je peroxid vodíku, s výhodou v koncentraci 0,005 molární. Oxidovadlo zvýší oxidační stav určitých aktinidů a usnadní jejich rozpouštění v roztoku, jak dokládá následující rovnice:

30



Oxidačních činidel v roztoku je také třeba k rozpuštění plutonia. Dalšími účinnými oxidačními látkami jsou ozón, vzduch a manganistan draselný.

35 Výhodnou rozpouštěcí kapalinu podle tohoto vynálezu tvoří 1 mol uhličitanu, 0,005 molů peroxidu vodíku a účinné množství hydroxidu sodného, a to takové, aby pH roztoku bylo upraveno na hodnotu 9. Vynález předpokládá použití i jiných množství výše uvedených složek, která by postačovala k rozpuštění aktinidů v půdě a v jiných materiálech. Takové roztoky obsahují 0,01 až 1 molární koncentraci uhličitanu a 0,005 až 0,03 molární roztok peroxidu
 40 vodíku.

Zjistilo se, že zvýšení teplot nad teplotu okolí je velmi účinné. Použije se teplota od teploty okolí až do 100 °C, s výhodou 50 °C.

45 Dalším krokem postupu podle vynálezu je separace kontaminantů od rozpouštěcí kapaliny absorpcí na ionexovém médiu. Absorpce použitá v tomto procesu spočívá ve využití chelatační reakce na ionexové pryskyřici, jak je znázorněno níže pro funkci kyseliny iminodiectové, chemicky vázané na pevnou částici:

50



Vzhledem ke stabilitě takto vytvořených komplexů ve srovnání s uhličitanovými komplexy je chelatační reakce schopná vyjmout aktinidy z roztoku, a to při dostatečných koncentracích uhličitanu, umožňujících rozpouštění aktinidů ze starších zemin, v nichž kontaminace byla již silně absorbována v půdě.

5

Specifická chelatační reakce, znázorněná výše, je uvedena pouze jako příklad, je však možno použít i jiných podobných chelatačních reakcí, např. s využitím stejné funkce u resorcinarsonové kyseliny, 8-hydroxychinolinu nebo amidoxinu. Prvotním požadavkem na chelatační funkci je vytvoření termodynamicky stabilního komplexu s těmi prvky aktinidů, které si přejeme vyjmout.

10

Chelatační funkce může být podle tohoto vynálezu vázána fyzikálně nebo výměnou iontů na pevný absorbent, avšak výhodnou metodou je převedení chelatační funkce chemickou vazbou na pevnou částici. Příkladem vhodného komerčně dostupného chelatujícího ionexu tohoto typu je DOWEX A1, DUOLITE ES346, C466 a 467, a CHELEX 100. Použití těchto ionexů způsobem podle vynálezu všeobecně vyžaduje, aby pevné částice byly v rozpouštěcí kapalině suspendovány tak, že je uzavřeme v pórovitém pytli.

15

Chelatační funkce může být také uskutečněna fyzikální absorpcí, výměnou iontů nebo chemickou vazbou na pevnou částici, která je magnetická, jak se popisuje v Evropském patentu číslo 0522856. V tomto případě se pevný magnetický materiál, obsahující absorbované kontaminanty, vyjme z rozpouštěcí kapaliny magnetickou separací.

20

Do způsobu podle vynálezu je možno zařadit další krok k vyjmutí kontaminantů z chelatujícího ionexu. Je jím vyluhování, eluce, kontaminantů s pomocí roztoku, který vyjme kontaminanty z absorbentu. Eluční roztok, nazývaný eluent, je možno předem zvolit tak, aby byl selektivní pro určitý kontaminant. Volba je založena na známých vlastnostech kontaminantu a absorbentu. Typickým eluentem je kyselina, jako např. kyselina dusičná při střední, asi 1 molární koncentraci. Stupeň koncentrace kontaminantu v eluentu je možno měnit podle specifity použitého eluentu, avšak v každém případě bude vyšší než v nezpracovaném kontaminovaném materiálu.

25

30

Stupeň regenerace radioaktivních kontaminantů může dále zahrnovat další krok, a to recirkulaci rozpouštěcí kapaliny, separované od kontaktovaného materiálu, zpět do kontaktního, mycího, stupně.

35

Tento vynález také umožňuje řízení objemu kapalin v kontaktním stupni. Buď zemina, opouštějící proces, má vyšší obsah vody než na vstupu, nebo se z rozpouštěcí kapaliny odpaří a využije čistá voda. K předejití vzniku velkých objemů se použije jedné z těchto metod, nebo i jiné metody.

40

Příklady provedení vynálezu

Následují názorné příklady, kterými tento vynález není omezen.

45

Příklad 1

Metodou, popsanou v Evropském patentu číslo 0522856, byla připravena magnetická pryskyřice s vázanou funkcí kyseliny iminodioctové. Tato pryskyřice byla 0,1 M acetátem amonným převedena na amonnou formu. Starší plutoniem kontaminovaná půda získaná z jednoho místa v USA o hmotnosti 6 gramů byla smíchána s rozpouštěcí kapalinou, tvořenou 100 ml roztoku, obsahující 1 m uhličitan, a pH upraveným na hodnotu 9. Byl přidán peroxid vodíku

50

(51 mikrolitrů, 30 % roztoku) a magnetická pryskyřice (0,8 g sušiny), a směs byla míchána při 50 °C po dvě hodiny. Pryskyřice byla separována od zeminy magnetickou separací a promyta vodou. Rozpouštěcí kapalina byla separována od zeminy filtrací. Magnetická pryskyřice byla regenerována promýváním 8 m kyselinou dusičnou. Zemina, eluent z regenerace pryskyřice a rozpouštěcí kapalina byly analyzovány na plutonium.

Průměrné výsledky vzorků ukazují, že 27 % plutonia, původně přítomného na zemině, na ní ještě zůstalo, 68 % plutonia, původně přítomného na zemině, přešlo do elučního roztoku, a 5 % plutonia, původně přítomného na zemině, bylo regenerováno z rozpouštěcí kapaliny.

Příklad 2

Magnetická pryskyřice s vázanou funkcí kyseliny iminodioxetové byla připravena stejně jako v příkladě 1. Starší plutoniem kontaminovaná zemina, získaná z jednoho místa v USA o hmotnosti 6 g byla smíchána s rozpouštěcí kapalinou, 100 ml, obsahující 1 M uhličitán a s pH upraveným na hodnotu 9. Byl přidán peroxid vodíku (51 mikrolitrů, 30 % roztok) a magnetická pryskyřice (0,8 g sušiny), a směs byla míchána při 50 °C po 2 hodiny. Zemina byla separována od roztoku a pryskyřice. Tatáž zemina byla po čtyřikrát podrobena působení čerstvé pryskyřice a rozpouštěcí kapaliny s použitím stejného postupu. Po ukončení těchto pěti kontaktů průměr dvou duplikátních vzorků ukázal, že koncentrace plutonia v zemině se snížila z původních 35,8 Bg.g⁻¹ na 3,7 Bg.g⁻¹, tj. 90 % plutonia bylo vyjmuto ze zeminy.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob dekontaminace radioaktivních materiálů, **vyznačující se tím**, že se skládá ze dvou kroků, a to kroku uvedení materiálu, určeného k dekontaminaci, do styku se zředěným roztokem uhličitanu za přítomnosti ionexových částic, které buď mají chelatační funkci, nebo chelatační funkci mají na sebe vázanou, a kroku oddělení ionexových částic od zředěného roztoku, obsahujícího uhličitán.

2. Způsob, podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že zředěný roztok, obsahující uhličitán, má pH v rozmezí od 7 do 11.

3. Způsob podle nároku 1 nebo nároku 2, **vyznačující se tím**, že roztok, tedy rozpouštěcí kapalina, dále obsahuje oxidační činidlo.

4. Způsob podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že oxidačním činidlem je peroxid vodíku.

5. Způsob podle kteréhokoliv z předešlých nároků, **vyznačující se tím**, že chelatační funkci vytváří radikál iminodioxetové kyseliny, resorcinarsonové kyseliny 8-hydroxychinolinu nebo amidoximu.

6. Způsob podle kteréhokoliv z předešlých nároků, **vyznačující se tím**, že částice ionexu jsou také magnetické.

7. Způsob podle nároku 6, **vyznačující se tím**, že magnetický materiál se vloží do částic ionexu.

8. Způsob podle kteréhokoliv z předešlých nároků, **vyznačující se tím**, že částice ionexu se vloží do pórovitého pytle.
- 5 9. Způsob podle nároku 6 nebo nároku 7, **vyznačující se tím**, že magnetické částice ionexu se oddělí v magnetickém separátoru.
- 10 10. Způsob podle kteréhokoliv z předešlých nároků, **vyznačující se tím**, že kontaktovaný dekontaminovaný materiál se oddělí od zředěného roztoku, obsahujícího uhličitan.
- 10 11. Způsob podle nároku 10, **vyznačující se tím**, že oddělení se provede s použitím tlakového filtru nebo plachetkového kalolisu.
- 15 12. Způsob podle kteréhokoliv z předešlých nároků, **vyznačujících se tím**, že se regenerují z chelatujícího ionexu kontaminanty.
- 15 13. Způsob podle nároku 12, **vyznačující se tím**, že kontaminanty se vyluhují eluentem.

20

Konec dokumentu
