

# UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

# 38 263

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

**C04B 14/10** (2006.01)  
**C04B 22/02** (2006.01)  
**C04B 103/60** (2006.01)  
**C04B 111/20** (2006.01)

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2024-42180**  
(22) Přihlášeno: **23.08.2024**  
(47) Zapsáno: **26.11.2024**

- (73) Majitel:  
WATRAD, spol. s r.o., Pardubice, Zelené  
Předměstí, CZ  
SG Geotechnika a.s., Praha 5, Hlubočepy, CZ  
Technická univerzita v Liberci, Liberec, Liberec I-  
Staré Město, CZ
- (72) Původce:  
RNDr. Karel Sosna, Ph.D., Praha 10, Vršovice, CZ  
Ing. Jiří Záruba, MBA., Praha 6, Řepy, CZ  
Mgr. Jarmila Skálová, Neratovice, CZ  
Mgr. Jana Michálková, Praha 9, Letňany, CZ  
Mgr. Kristýna Marková, Liberec, Liberec XV-Starý  
Harcov, CZ  
RNDr. Alena Ševců, Ph.D., Mnichovo Hradiště, CZ

- (54) Název užitého vzoru:  
**Antimikrobiální materiál pro izolaci  
skládkových vod**

CZ 38263 U1

## Antimikrobiální materiál pro izolaci skládkových vod

### Oblast techniky

5

Technické řešení se týká materiálového kompozitu stabilního vůči biologické zátěži a potlačujícího růst mikroorganismů. Materiál je určený pro oblast skládkování komunálního a toxického odpadu, speciálně k ochraně skládky proti únikům skládkové vody do okolního prostředí jako těsnění odolné proti mikrobiálnímu poškození.

10

### Dosavadní stav techniky

Na základě aktuálně zveřejněných dat za rok 2022 se stále 13 % vyprodukovaného odpadu v ČR skládá. Statistické údaje se vztahují na řízené skládkování, tzn. na skládky zabezpečené proti průsakům skládkové vody do životního prostředí. Termínem skládková voda se rozumí průsaková voda ze skládky komunálního nebo toxického odpadu. K izolaci deponie od okolního prostředí se obecně používají těsnicí materiály na bázi bentonitu. Bentonity se považují za relativně stabilní těsnicí materiál, který je využíván pro jeho adsorpční vlastnosti a zejména pro schopnost bobtnání při styku s vodou. Díky schopnosti bobtnání (vyjádřené parametrem volného bobtnání v %) bentonitová vrstva na bási tělesa skládky vykazuje těsnicí vlastnosti a brání úniku skládkové vody mimo těleso skládky. Těsnicí schopnost je vyjádřena parametrem hydraulické vodivosti ( $k$  [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]). Narušení těsnicí schopnosti bentonitové těsnicí vrstvy na bási skládky pak může znamenat kontaminaci životního prostředí mnohdy nebezpečnými látkami.

25

Bentonitová těsnicí vrstva je v případě reálné skládky vystavena působení mikrobiálních společenstev žijících v tělese skládky. Mikroorganismy pronikají i do těsnicí vrstvy, množí se v ní a poškozují těsnicí vrstvu. Růst mikroorganismů je proto nežádoucí proces, který vede k zvýšení propustnosti bentonitové těsnicí vrstvy, tedy k poklesu těsnicí schopnosti, číselně vyjádřené jako nárůst hydraulické vodivosti.

30

Problém růstu mikrobiálních společenstev v bentonitových těsnicích vrstvách je z literatury i praxe znám. Dosud však chybí způsob/postup, jakým problém řešit. Běžně produkovaný/dodávaný bentonit ať už v podobě práškové, peletkové nebo v podobě cihel či rohoží nevykazuje stabilitu vůči mikrobiologickému působení.

35

Účelem technického řešení je odstranění výše jmenovaného nedostatku stávajících těsnicích materiálů pomocí konstrukce takového materiálového kompozitu, který bude stabilní při mikrobiální zátěži, a přitom bude splňovat kritéria vysoké bobtnavosti až 190 % a nízké hydraulické vodivosti v řádu  $10^{-10}$  až  $10^{-11}$   $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

40

### Podstata technického řešení

Uvedené nedostatky stavu techniky z velké části odstraňuje kompozitní materiál na bázi nanostříbrem modifikovaného bentonitu. Podstata/princip technického řešení vychází z faktu, že nanočástice kovů, a zvláště pak stříbra, vykazují antimikrobiální účinky. Tyto se zachovávají i při inkorporaci nanočástic stříbra do bentonitu. Tím, že je použito bentonitu jako matrice, je zároveň splněn okruh kritérií vysoké bobtnavosti a nízké propustnosti vytyčený výše.

50

Účinné množství stříbra pro potlačení mikrobiálního růstu bylo ověřeno na reálném příkladě skládkové vody, získané ze skládky toxického odpadu v ČR, a pohybovalo se v úrovni 1500 mg Ag/kg bentonitu.

Výhody nového materiálu s antibakteriálními vlastnostmi pro izolaci skládkových vod podle tohoto technického řešení spočívají zejména v tom, že udržuje těsnicí parametry bentonitové těsnicí vrstvy (zvláště hydraulickou vodivost a bobtnavost) delší dobu v žádaných úrovních, zatímco běžné bentonitové těsnění vlivem mikroorganismů rychle degraduje.

5

### Objasnění výkresů

Obrázky na připojených výkresech představují:

10

Obr. 1 Vlevo: finální řešení vyhřívacího boxu; vpravo: vnitřek boxu v průběhu experimentu s instalovanými nádobami s bentonitovou suspenzí (bílé plastové barely, objem 10 l).

15

Obr. 2 Kvantita sledovaných bakteriálních skupin ve vzorcích nemodifikovaného bentonitu a nano Ag-bentonitu inkubovaného se skládkovou vodou, A a B dvě různé nádoby stejné směsi, vstup – vzorek odebraný před inkubací.

20

Obr. 3 Relativní kvantita univerzálního bakteriálního markeru ve vzorcích nemodifikovaného bentonitu se sterilovanou skládkovou vodou, nano-Ag bentonitu se skládkovou vodou a nemodifikovaného bentonitu s pitnou („kohoutkovou“) vodou. Relativní kvantita je vztažena ke vzorkům nemodifikovaného bentonitu se skládkovou vodou, vstup – vzorek odebraný před inkubací.

25

### Příklad uskutečnění technického řešení

Vlastnosti nového kompozitního materiálu, tj. nanostříbrem modifikovaného bentonitu s antimikrobiálními vlastnostmi, byly demonstrovány v dlouhodobém pilotním testu s využitím skládkové vody ze skládky toxického odpadu v ČR, probíhajícíím po dobu 222 dní za kontrolovaných podmínek. Jako srovnávací vzorky byly využity vzorky bentonitu bez modifikace nanostříbrem, a vzorky bentonitu v pitné vodě.

30

Níže je uveden příklad konkrétního složení nanostříbrem modifikovaného bentonitu s antimikrobiálními vlastnostmi:

35

- 50 g přírodního bentonitu,
- 150 ml vody,
- zředěná kyselina dusičná (množství je variabilní dle nutnosti dosažení pH 7 suspenze),
- dusičnan stříbrný (75 mg v 5 ml vody).

40

Navážka přírodního bentonitu bez předchozí aktivace (50 g) se vnese do PE prachovnice na objem 250 ml. Bentonit se suspenduje ve 150 ml vody a ponechá se bobtnat 18 hod za laboratorní teploty. Přidává se zředěná kyselina dusičná a směs se homogenizuje plastovou špachtlí, až parametr pH dosáhne hodnoty 7. Do suspence se přidá vodný roztok dusičnanu stříbrného, obsahující 75 mg stříbra v 5 ml vody. Směs se homogenizuje plastovou špachtlí, mechanicky míchá po 1 hodinu, následně se zahřívá na 80 °C po 24 hod. Supernatant se dekantuje a vzniklý nano Ag-bentonit se usuší při 80 °C. Výrobek se rozeemele v achátovém mlýně.

45

Laboratorně ověřené parametry modifikovaného bentonitu jsou následující:

50

- obsah nanostříbra 1500 mg Ag/kg vzorku (technika ICP EOS),
- volné bobtnání 63,2 % ve skládkové vodě ze skládky toxického odpadu,
- koeficient hydraulické vodivosti  $2,5 \times 10^{-10}$  m.s<sup>-1</sup> ve skládkové vodě ze skládky toxického odpadu,
- volné bobtnání 149,9 % v pitné vodě (srovnávací měření),
- koeficient hydraulické vodivosti  $1,8 \times 10^{-11}$  m.s<sup>-1</sup> v pitné vodě (srovnávací měření).

Antimikrobiální účinky vyvinutého materiálu byly testovány během dlouhodobého zátěžového testu s reálnou skládkovou vodou. Experiment byl koncipován tak, aby co nejlépe imitoval reálné prostředí skládky nebezpečného odpadu.

- 5 Hlavní chemické parametry skládkové vody byly následující: Ca 150 mg.l<sup>-1</sup>, Na 21000 mg.l<sup>-1</sup>, K 7000 mg.l<sup>-1</sup>, SO<sub>4</sub> 2600 mg.l<sup>-1</sup>, vzorek pocházející z provozované/aktivní skládky toxického odpadu v ČR.

10 Byl sestaven speciální vyhřívaný box ze zátěžového polystyrenu, který byl opatřen vysokoteplotním otopným drátem a teplotními čidly (obr. 1). Teplotní senzory byly připojeny do řídicího systému, který kontinuálně zaznamenával vývoj teplot a spínal topný systém, čímž bylo dosaženo stálé teploty 55 °C po celou dobu experimentu. Nanostříbrem modifikovaný bentonit byl ve vzduchotěsných nádobách opatřených vodní zátokou suspendován se skládkovou vodou ve  
15 váhovém poměru 1:3 a celkovém množství 10 kg. Následně byly nádoby umístěny do vyhřívaného boxu.

Pro porovnání bakteriálního osídlení byl do testování zařazen i bentonit bez modifikace nanostříbrem, který byl jednak smíchán se skládkovou vodou, jednak se skládkovou vodou, která byla sterilována gama zářením a jednak s pitnou vodou, tzv. kontrolní materiál. Všechny varianty  
20 byly připraveny v duplikátech a inkubovány také po dobu 222 dní za stejných podmínek.

Během experimentu byly postupně odebírány vzorky při zachování anaerobního prostředí (odběry v inertní atmosféře), které se vyvinulo samovolně činností mikroorganismů. Vzorky byly odebrány celkem 3krát, a to po 46, 146 a 222 dnech inkubace a bylo porovnáno jejich bakteriální oživení  
25 pomocí molekulárně genetických metod (porovnání kvantity konkrétních bakteriálních sekvencí DNA pomocí real-time PCR).

Z výsledků molekulárních analýz je patrný postupný nárůst bakteriálního oživení, přičemž ve vzorcích s nanostříbrem modifikovaným bentonitem je oživení menší oproti kontrolní variantě s nemodifikovaným bentonitem, a to u všech sledovaných skupin. Vzorky s nanostříbrem modifikovaným bentonitem obsahovaly ze všech sledovaných bakterií nejvíce Fe redukující bakterie *Geobacter* sp. Kvantity bakterie *Geobacter* sp. jsou nižší než v kontrolních vzorcích (obr. 2).

35 Jak je patrné z vyjádření celkového bakteriálního oživení pomocí relativní kvantity, která je vztažena vůči kontrolnímu materiálu (nemodifikovaný bentonit) na obr. 3, baktericidní materiál po smíchání se skládkovou vodou obsahoval 1 250krát méně bakterií než výchozí nemodifikovaný bentonit. Po inkubaci 46 dní došlo k mírnému nárůstu bakteriální kvantity, ale oproti kontrolnímu materiálu bylo v nanostříbrem modifikovaném bentonitu stále 12,5krát méně bakterií. Po další  
40 inkubaci bylo v nanostříbrem modifikovaném bentonitu po 146 dnech stále 33krát méně bakterií a po 222 dnech 2krát méně bakterií než v kontrolním materiálu. Nanostříbrem modifikovaný bentonit tak má jednoznačné dlouhodobé antibakteriální účinky. Z výsledků vyplývá, že bakterie v suspenzi pocházejí téměř výhradně ze skládkové vody, protože ve variantě nemodifikovaného bentonitu s pitnou („kohoutkovou“) vodou se bakterie téměř nevyskytovaly. V testovaném  
45 nanostříbrem modifikovaném bentonitu bylo detekováno řádově menší množství bakterií i v porovnání se vzorky nemodifikovaného bentonitu se sterilovanou skládkovou vodou.

Vyhodnocení testu materiálu:

50 Kompozitní materiál – bentonit s inkorporovanými nanočásticemi stříbra vykazuje v mikrobiologických testech jednoznačné dlouhodobé antimikrobiální účinky, patrné zvláště ve srovnání s kontrolním vzorkem bentonitu bez nano-Ag. Zároveň je prokázáno zachování schopnosti bobtnání a zachování těsnící schopnosti, vyjádřené koeficientem hydraulické vodivosti a volného bobtnání u připravených nano-Ag bentonitů.

55

Nově připravený kompozitní antimikrobiální materiál pro izolaci skládkových vod je způsobilý k využití při konstrukci těsnících vrstev skládek odpadu pro izolaci skládkových vod.

5 Průmyslová využitelnost

Materiálový kompozit s antimikrobiálními vlastnostmi stabilní vůči mikrobiologické zátěži při zachování bobtnacích vlastností na bázi bentonitu je vhodný jako jeden ze stavebních prvků pro vybudování těsnící bariéry ve skládkovém tělese za účelem zabránění úniku kontaminovaných výluhů (skládkových vod) do životního prostředí.

**NÁROKY NA OCHRANU**

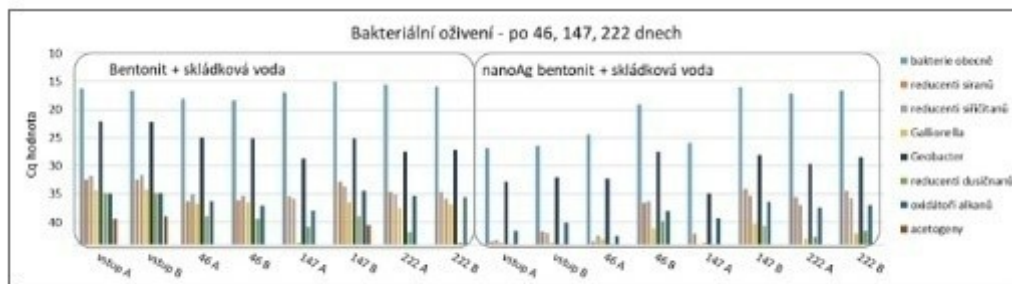
- 5 1. Materiál na bázi bentonitu s obsahem nanostříbra, vykazující dlouhodobé antimikrobiální vlastnosti při inkubaci ve skládkové vodě pro konstrukci těsnící vrstvy skládky odpadu, **vyznačující se tím**, že obsahuje 1500 mg Ag/kg bentonitu.

3 výkresy

CZ 38263 U1

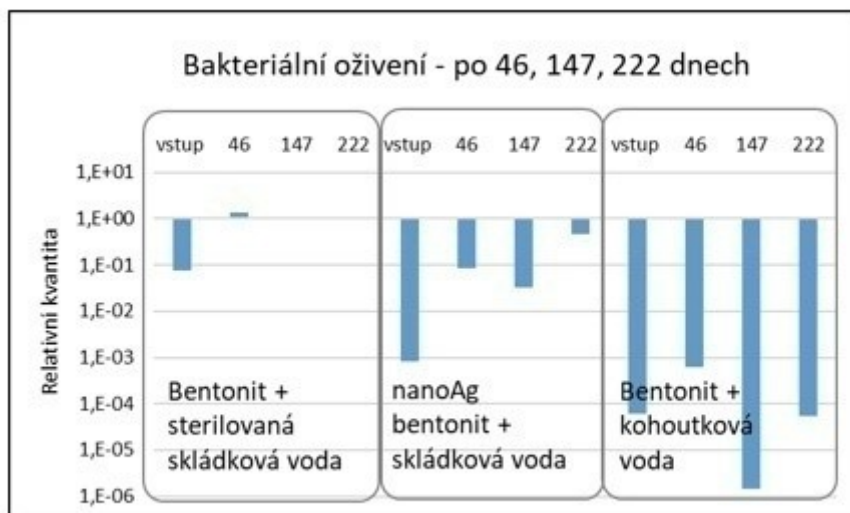


Obr. 1



Obr. 2





Obr. 3