

PROIZVODNJA RASTVORA KALCIJUM-HIPOHLORITA OSLONCEM NA KAPACITETE TERITORIJE

Pukovnik prof. dr Rade Biočanin
Uprava za školstvo Ministarstva odbrane SCG

U uslovima upotrebe NHB oružja, pri NHB udesima i NHB terorizma, pri uklanjanju posledica kontaminacije, jedna od najvažnijih aktivnosti jeste izvođenje pojedinačne, grupne i završne (skupne) dekontaminacije. Za dekontaminaciju od materija (u rastvoru sa vodom) najveću primenu ima kalcijum-hipohlorit, osnovni predstavnik neorganiskih materija sa aktivnim hlorom. U propisanom rastvoru kalcijum-hipohlorit ispunjava uslove (zahteve) efikasnosti, ekonomičnosti i univerzalnosti u dekontaminacionom i dezinfekcionom postupku.

Dobijanje rastvora Ca(OCl)_2 podrazumeva pronalaženje i prikupljanje sredstava i sirovina, utvrđivanje količine, određivanje upotrebe, razvijanje prostora za proces i uređaja za rad na prostoru, proizvodnja rastvora, utvrđivanje efikasnosti u dekontaminacione svrhe i upotreba u uklanjanju posledica hemijske i biološke kontaminacije. Tehnološki postupak zavisi od količine i kvaliteta raspoloživih sredstava i opreme, osposobljenosti ljudstva za rad, organizacije posla uz pridržavanje propisanih mera zaštite na radu.

Ključne reči: kaporit, kapaciteti teritorije, proizvodnja, tehnologija, dekontaminacija, uređaj za proizvodnju.

SIROVINE ZA DOBIJANJE KALCIJUM-HIPOHLORITA

S obzirom na značaj i važnost kalcijum-hipohlorita za ratne uslove (upotreba hemijskog i biološkog oružja), akcidentnim situacijama i pri hemijskom i biološkom terorizmu, vrlo je važno proširiti broj proizvođača ove materije u zemlji, osamostaljene na korišćenje sopstvenih kapaciteta, nabavka u potrebnim količinama i ostvarenje velikih materijalno-finansijskih ušteda. On se koristi kao 5-10 % rastvor u vodi, kao kaša (odnos 1:2) i u praškastom stanju (oko 300 g/m²).

U našoj zemlji postoji više fabrika - proizvođača hlora i hidratisanog kreča, a potrošači su sve vodovodne mreže i građevinska preduzeća, tako da oba proizvoda ima u dovoljnoj meri na tržištu. Neophodna je samo serijska proizvodnja uređaja za proizvodnju rastvora Ca(OCl)_2 i njegova distribucija u jedinice RHB CZ i preduzeća kao i obuka kadra (CUK ABHO).

Dobijanje rastvora Ca(OCl)_2 podrazumeva pronalaženje i prikupljanje sredstava i sirovina, utvrđivanje količine, određivanje upotrebe, razvijanje prostora za proces i uređaja za rad na prostoru, proizvodnja rastvora, utvrđivanje efikasnosti u dekontaminacione svrhe i upotreba u uklanjanju posledica hemijske i biološke kontaminacije.

Tehnološki postupak zavisi od količine i kvaliteta raspoloživih sredstava i opreme, osposobljenosti ljudstva za rad, organizacije posla uz pridržavanje propisanih mera zaštite na radu.

Kalcijum-hipohlorit (kaporit) spada u grupu materija za hemijsku i biološku dekontaminaciju TMS, zemljišta, puteva, fortifikacijskih i građevinskih objekata, opreme i dr. Osim toga, kaporit se koristi za spoljnu dekontaminaciju zaštitnih sredstava i ljudi, a kao jak oksidans kaporit se može upotrebiti i za biološku dekontaminaciju (dezinfekciju). Suvi kaporit sadrži 68-72 % akti-vnog hlora, a sa manje od 18 % aktivnog hlora ne može se koristiti u procesu dekontaminacije. Kaporit je higroskopan pošto u sebi sadrži 5-7 % kalcijum hlorida (CaCl_2), sadržaj vlage ne prelazi 1 % u kaporitu dobrog kvaliteta.

Kalcijum hipohlorit [Ca(OCl)_2] je kalcijumova so hipohloraste kiseline. Tehnički proizvod u sebi sadrži kalcijum hidorksida - Ca(OH)_2 , kalcijum hlorida - CaCl_2 , kalcijum karbonata - CaCO_3 . Hemijski čist kaporit se dobro rastvara u vodi, a rastvor daje alkalnu reakciju. Glavna osobina kaporita je što se ponaša kao jak oksidans a pored toga i kao hlorirajuća materija. Kaporit se pakuje u gvozdenu ili plastičnu burad zapremine 60 dm³, a puni se sa 50 kg kaporita. U hemijskoj dekontaminaciji TMS kaporit se pri-

menjuje kao 5 % vodeni rastvor i kaša u odnosu 1:2. U biološkoj dekontaminaciji kaporit se koristi kao 0,5-2 %-ni rastvor.

Za dekontaminaciju puteva i zemljišta kaporit se može upotrebiti i u suvom (praškastom) stanju prema normi 300 g/m² kontaminiranog zemljišta. Za dekontaminaciju prostorija (biološka dekontaminacija) najpogodniji su 0,2 do 0,5 %, a za dekontaminaciju železničkih objekata i staja za stoku 2-5 % rastvori. Vek trajanja kaporita je pet do sedam godina, mada se može i kasnije koristiti uz obogaćivanje rastvora aktivnom hlorom.

Hlorni kreč (CaOCl₂) je materija za hemijsku i biološku dekontaminaciju, a koristi se u iste svrhe kao i kaporit. Kada je potpuno suv hlorni kreč ima izgled belog praška i ima vrlo oštar miris na hlor. Tehnički produkt je ponekad slabo žute boje usled primesa soli gvožđa. Porastom

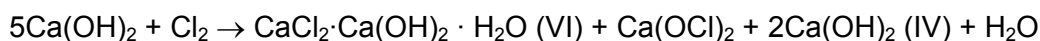
temperature vode opada i njegova rastvorljivost. U organskim rastvaračima se ne rastvara. Hemijski sastav hlornog kreča nije konstantan. Osnovna sastavna materija je Ca(OCl)₂. Osim toga, sadrži oko 28 % CaCl₂, oko 13 % Ca(OH)₂ i dr. Sveži hlorni kreč sadrži 32 - 36 % aktivnog hlora i do 10 % vlage. Hlorni kreč koji ima aktivnog hlora ispod 18% nije pogodan za dekontaminaciju, nepostojan je i vrlo lako se raspada. Ostale osobine hlornog kreča su iste kao i kaporita.

Vek čuvanja hlornog kreča je do dve godine, što predstavlja veliki problem pri zadržavanju i čuvanju za eventualnu upotrebu. Hlorni kreč nastaje reakcijom hlora sa gašenim krečom (kalcijum hidroksidom). Aktivni sastojak kreča je kalcijum-hipohlorit, prvenstveno u obliku IV i III iz tabele 1, gde su prikazani i sastojci hlornog kreča.

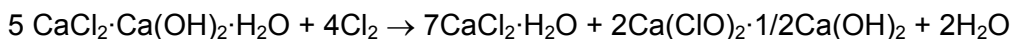
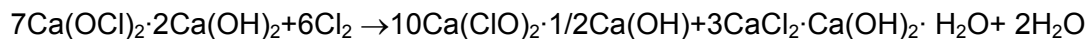
Tabela 1. Sastojci hlornog kreča

NAZIV	FORMULA	KRISTALNA FORMA
Neutralni kalcijum-hipohlorit	Ca(OCl) ₂	vrlo fine pločice
Kalcijumhipohlorit-dihidrat (javlja se i kao trihidrat)	Ca(OCl) ₂ · 2H ₂ O Ca(OCl) ₂ · 3H ₂ O	sitne tetragonalne pločice
2/3-bazni kalcijum-hipohlorit	3Ca(OCl) ₂ · 2Ca(OCl) ₂ · 2H ₂ O	šiljasti štapići
2-bazni kalcijum-hipohlorit	Ca(OCl) ₂ · 2Ca(OCl) ₂	heksagonalne pločice
4-bazni kalcijum-polihlorit	Ca(OCl) ₂ · CaCl ₂ 4Ca(OH) ₂ · 4H ₂ O	fina kristalna masa
Kalcijumhidroksid	Ca(OH) ₂	heksagonalne pločice

Iz tabele se vidi da je hlorni kreč složenog sastava i da se prilikom uvođenja gasovitog hlora u gašeni kreč (vodena suspenzija) - Ca(OH)₂, odigravaju raznovrsni procesi. Da bi se dobila smeša 28 % aktivnog hlora odvija se sledeća reakcija:



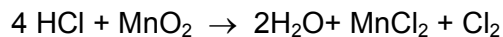
Pri daljem hlorisanju u konkurentnim reakcijama nastaju proizvodi IV i VI grupe.



Pri tome, najpre reaguje sa hlorom proizvod IV, dok je VI manje reaktivan. Tehnički proizvodi zbog toga nemaju više od 38 % aktivnog hlora. Gubitak aktivnog hlora iz hlornog kreča teče brže ako na proizvod deluje vlaga, ugljendioksid iz vazduha ili sunčana svetlost. Voda utiče na stvaranje grumuljica. Ugljendioksid oslobađa hipohlorastu kiselinu i time je brži gubitak aktivnog hlora.

Hlor (Cl₂) je vrlo reaktivan element i zato ne dolazi u prirodi u elementarnom stanju. U izgradnji zemljine kore (uključivši i mora) učestvuje sa približno 0,19 % i to u obliku svojih

jedinjenja sa metalima. Najvažnije soli u kojima se hlor nalazi su kamena so (natrijum hlorid), kalcijumhlorid (KCl), kalcijum magnezijum hlorid (KMgCl₃·6H₂O). Od fiziološke je važnosti da ga ima u obliku sone kiseline u želudačnom soku oko 0,3-0,4 % što odgovara okruglo 0,1 molarnom rastvoru kiseline. Hlor se dobija kao proizvod reakcije:

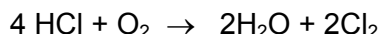


Kod dobijanja hlora prvenstveno se polazi od onih produkata kojih ima neograničeno na raspolaganju. Takva materija je gore navedena kamena ili kuhnska so. Iz soli se hlor dobija ili

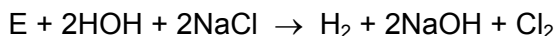
direktno ili da se ona prevede najpre u HCl (vodonik-hlorid). Ako se deluje na NaCl sa koncentrovanom H_2SO_4 vodonikovi atomi kiseline zamene se natrijum atomima iz natrijum hlorida „dvostruka izmena“:



Ova reakcija služi za tehničko dobijanje vodonik-hlorida na veliko. Hlor se iz vodonik-hlorida dobija na taj način da se ovaj oksidira, tj oslobodi kiseonik. Za tu oksidaciju vrlo prikladno sredstvo je kiseonik iz vazduha koji kod povišene temperature veže vodonik u obliku vode:



Drugo pogodno sredstvo za oksidaciju vodonik-hlorida u hlor je suri kamen (mangan dioksid). Tako se u laboratoriji dobija hlor, obično na taj način da se koncentrovana sona kiselina blago zagreva sa MnO_2 . Tehnički hlor se dobija na taj način da se elektrolizi podvrgnu direktni rastvori natrijum hlorida, a da se ovaj prethodno ne prevede u vodonik hlorid. Celokupni proces elektrolize može se izraziti jednačinom:



Kako se iz ove jednačine vidi, osim hlora nastaju još pri elektrolizi vodonik i natrijum-hidroksid.

Hlor je kod normalnih uslova gas žuto-zelene boje i oštrog mirisa, vrlo jako deluje i nadržujuće sluzokožu očiju, nosa i grla i teži je oko 2,5 puta od vazduha. Pri udisanju većih količina usled paralize centra za disanje u mozgu može naglo nastupiti smrt. Pomoću pritiska može se lako pretvoriti u tečnost, jer mu je kritična temperatura dosta visoka. Hlor se nalazi u VII grupi periodnog sistema elemenata. Atomski broj je $Z=17$ što odgovara elektronskoj konfiguraciji $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 2p^5$.

Tehnički hlor na koži izaziva opekotine. U skladištima kao i u pokretnoj ambalaži hlor se nalazi u ravnoteži sa svojim parom u tečnom agregatnom stanju. Hlor se dobro rastvara u vodi (1 zapreminski deo vode rastvora kod $20^\circ C$ i normalnog atmosferskog pritiska 2,3 zapreminska dela hlora). Vlažni hlor intenzivno korodira čelik, zbog čega se mora prilikom proizvodnje hlora voditi računa o uklanjanju vlage pomoću koncentrovane sumporne kiseline. Osušeni gasoviti hlor sme sadržavati 50-150 mg/m^3 vlage ili 10 do 170 težinski ppm. Hlor spada u red hemijski najreaktivnijih elemenata, te se spaja i to najčešće već kod obične temperature; a još snažnije kod povišene temperature sa svim elementima uz

jako razvijanje toplote. Od metala najsnažnije reaguju sa hlorom (metali i glavne grupe periodnog sistema elemenata) tj. alkalni metali.

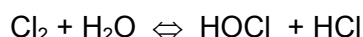
Pored ovih i elementi koji se nalaze na desnoj polovini periodnog sistema reaguju takođe sa hlorom. Suvi hlor je mnogo manje reaktivan od vlažnog. Tako se npr. potpuno suvi hlor ne spaja ni sa bakrom ni sa gvožđem. Zbog toga se i može tečni hlor transportovati u čeličnim bocama pod pritiskom od 7 MPa.

Hlor se isključivo skladišti u tečnom stanju u rezervoarima za hlor, koji mogu biti pokretni i nepokretni. Pokretni rezervoari su: boce, burad, vagon-cisterne, kamionske cisterne i kontejneri. Budući da je hlor vrlo opasna materija, posvećuje se posebna pažnja kod izbora materijala za izradu posuda za tečni hlor. Materijal mora da bude takav da je potpuno otporan na nagrizanja od hlora. Obično se posude rade od nelegiranog čelika. U prostorijama gde se hlor skladišti temperatura ne sme preći $40^\circ C$, a potrebno je izbegavati direktan uticaj sunčeve svetlosti.

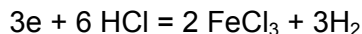
Boce za tečni hlor su raznih zapremina za 50, 75, 100, 150 i 200 kg. Boca ima zaštitnu kapu, četvrtastu maticu, kapu sa vijkom, zaptivač i ventil. Količina gasovitog hlora koji se u 24 časa može dobiti na primer iz boce 75 kg iznosi 20 kg. Povratni pritisak u cevi za pražnjenje je od 3,5 MPa. Čelična burad za tečni hlor su kapaciteta od 500-1000 kg hlora. Vagonske cisterne za hlor su kapaciteta 12-14 t hlora. Autocisterne za tečni hlor mogu biti kapaciteta do 3000 l.

Kontejneri su sudovi kapaciteta oko 5 t (kao stacionarni rezervoari) dok se ne prevoze, a imaju uške za utovar i mogu se prevoziti. Za pražnjenje čeličnih buradi služe fleksibilne bakarne cevi koje mogu da izdrže pritisak do 35 MPa, a vežu se za fiskne cevi.

Bakarne cevi se savijaju u petlje najmanjeg radijusa 50 cm ili joj treba dati oblik slova „S“. Da bi pražnjenje bilo dobro cevovod mora da bude što kraći i da se jednolično uspinje. Kontrola pražnjenja se može vršiti vaganjem ili rotametrom za hlor. Kada se puni hlor u boce za hlor svakih 0,8 l zapremine boce, mora se predvideti za 1 kg hlora. Kritična vrednost pritiska u bocama je 12 KPa. Cevi za tečni hlor ne smeju biti ispod 18 KPa, a takođe cevi i boce se smeju polivati vodom zbog reakcije:



Nastala sona kiselina je uzrok agresivnog delovanja hlora po reakciji:



Kalcijum oksid (živi kreč) - CaO, industrijski se dobija isključivo - zagrevanjem krečnjaka (CaCO₃) na oko 1000 °C.

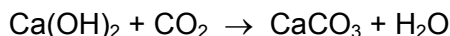


Reakcija je reverzibilna, a položaj ravnoteže je za svaku temperaturu određen parcijalnim pritiskom CO₂. Međutim, ako sistem nije zatvoren, tj. ako se CO₂ uklanja iz ravnoteže, karbonat će potpuno preći u oksid jer se ne može postići dovoljan pritisak CO₂ za uspostavljanje ravnoteže.

Čist kalcijum oksid je beli prah sa kristalnom rešetkom natrijum hlorida. Vrlo teško se topi i kad je potpuno suv hemijski je vrlo inertan. Fabrički proizveden se pakuje u džakove od papira 33 kg neto težine. Može se naći u trgovinama građevinskog materijala i slabo topljivi kalcijum-hidroksid (1,3 g na jedan litar vode kod 20 °C):



Reakcija je reverzibilna i zagrevanjem na 450°C kalcijum-hidroksid prelazi u oksid. Kalcijum-hidroksid je vrlo jaka baza i zbog ekonomičnog dobijanja dosta se primenjuje u hemijskoj industriji. Čvrst Ca(OH)₂ i njegova vodena suspenzija apsorbuje CO₂ iz vazduha pri čemu nastaje CaCO₃:



Na ovoj reakciji zasniva se upotreba kalcijum-hidroksida u građevinarstvu. Upotrebljiv je za hemijsku i biološku dekontaminaciju kožnih, metalnih, drvenih, plastičnih, keramičkih i sličnih površina objekata i zemljišta. Za hemijsku dekontaminaciju se koristi kao krečno mleko od jednog dela gašenog kreča, razmućenog u tri dela vode. Njime se dekontaminira zemljište kontaminirano bojnim otrovima i biološkim agensima. U biološkoj dekontaminaciji koristi se kao krečno mleko za dekontaminaciju podova od zemlje, cigle, asfalta, kamena, betona, zido-va, zaprežnih kola, motornih vozila, vagona i drugo.

Dobijanje rastvora kalcijum-hipohlorita

Osnovne sirovine za dobijanje rastvora kalcijum-hipohlorita su: voda, tečni hlor, kreč (hidratirani,

negašeni). Za pripremu rastvora najpogodniji je hidratirani kreč (na kvalitet utiče sadržaj ugljen-

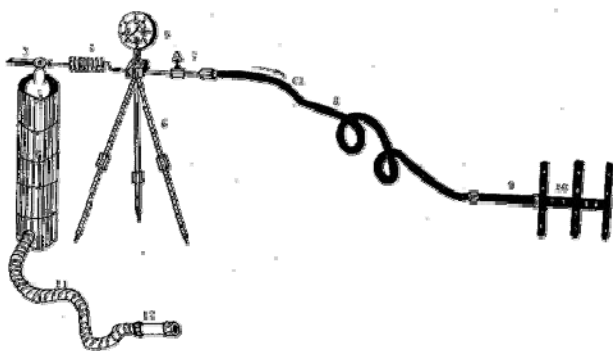
dioksida, kalcijum-oksida, magnezijum-oksida i slobodna voda). Na tržištu hidratirani kreč se dostavlja u papirnim vrećama (33 kg), na kojima stoji označavanje (JUS, vrsta kreča, datum proizvodnje, masa, naziv proizvođača i atest).

Kao što je rečeno, hlor se dobija elektrolizom kuhinjske soli. Pod normalnim uslovima je žuto-zelene boje i oštrog mirisa. Komprimovanjem i hlađenjem lako se pretvara u tečno stanje (kritična temperatura 144 °C, kritični pritisak 7,7 MPa). U transportnoj ambalaži hlor se nalazi u ravnoteži sa svojim parom u tečnom agregatnom stanju. Na temperaturi od 70 °C tečni hlor u boci prelazi u gasno stanje, pri čemu pritisak od 3,5 bara raste do 24 bara.

Hlor je relativno slabo rastvorljiv u vodi, a porastom pritiska rastvorljivost raste, a stepen hidrolize hlora iznosi 32 % od ukupne rastvorene količine.

Opremu za proizvodnju rastvora kalcijum-hipohlorita čine: boca za hlor, uređaj za proizvodnju rastvora, rebrasto crevo za zagrevanje hlorne boce, automobil-cisterna za dekontaminaciju (ACD), pomoćni pribor i oprema za NHB zaštitu.

Boca za hlor podleže *nadzoru* inspektorata za parne kotlove i posude pod pritiskom, koji posle izvršene hidraulične probe i provere dokumentacije izdaje dozvolu (certifikat) za upotrebu boce za hlor. Ona se puni do 80 % zapremine, a na 2/3 visine suda stoji natpis „tečni hlor“. Na boci stoji još: naziv i vrsta proizvoda, naziv i mesto proizvođača, bruto i neto masa i oznaka JUS. Svaka boca opremljena je ventilom za dovod i odvod hlora (uvrnut na vrhu boce), a okolo je zaštitna kapica. Kod boca manje zapremine ugrađena je ručica za ventil, a kod većih četvrtastih nastavak za otvaranje - zatvaranje boce. Po propisu na 0,8 l zapremine boce, puni se 1 kg tečnog hlora i ne sme se prekoračiti. Za otvaranje boce koristi se ručni ventil ili nasadni (četvrtasti) ključ, a ventil treba otvoriti do 1/4 kruga. Pri radu sa bocom ne sme se udarati čekićem ili drugim čvrstim predmetom pri otvaranju ventila, niti pak zagrevati bocu otvorenim plamenom. Za kontrolu kontinuiranog izlaska hlora (gasovitog) iz boce i uvođenje u ACD koristi se manometar za hlor, rotametar ili pak vaga (za merenje pune i prazne boce).



Slika 1. Uređaj za dobijanje rastvora kalcijum-hipohlorita

1- boca za hlor, 2- plašt gumiran, 3-ključ za otvaranje boce, 4-spiralna cev, 5-manometar, 6-tronožac, 7-ventil za hlor, 8- razvodno crevo armirano, 9-produžna cev, 10-razvodnik, 11-hidrantsko crevo, 12-izduvni nastavak

Za zagrevanje boce sa hlorom (prevođenje u gasno stanje) koriste se izduvni gasovi ACD, rebrasato crevo (iz kompleta za punjenje cisterne vodom), nastavak za izduvnu cev i plašt (za prekrivanje boce za hlor u toku zagrevanja).

Kao automobil-cisterna za dekontaminaciju koriste se formacijska sredstva za dekontaminaciju (ACD), komunalne, vatrogasne i druge cisterne, koje po mogućnosti imaju sopstveni motor, pumpu za vodu, mešać rastvora i cevovod sa ventilima. S obzirom da rastvor kalcijum-hipohlorita veoma korozivno deluje na metalne površine, unutrašnjost rezervoara cisterne treba premazati zaštitnom bojom, a posle utroška novodobijenog rastvora cisternu dobro oprati, posušiti, a nakon toga izvršiti podmazivanje.

Radi sprovođenja mera zaštite na radu, u toku pripreme rastvora za dekontaminaciju, u kompletu opreme nalazi se zaštitna oprema (posluge): zaštitne maske (panorama maske) sa cedilom za hlor, rukavice, čizme, kombinizoni i kecelje. Od pribora, u sanduku se nalaze sledeći delovi: boca sa amonijakom⁹, pamučnjak, živin termometar, komplet gumenih zaptivača, alat i uputstvo za rad. Uputstvo za rad daje instrukcije za pripremu, organizaciju i uvođenje hlora u rastvor hidratisanog kreča, tj. potpuni tehnološki postupak dobijanja rastvora kalcijum-hipohlorita, kao i ispitivanje kvaliteta rastvora za dekontaminaciju.

⁹ Amonijak (NH_4OH) i pamučnjak služe za kontrolu spoljnih mesta na uređaju i otvorima na ACD, a ako dođe do nekontrolisanog izlaska hlora, javlja se beličasti dim kao indikator.

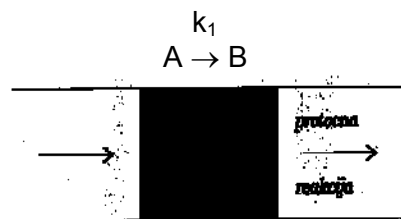
Proračun aktivnog hlora u rastvoru kalcijum-hipohlorita

Hlor se uvodi u rezervoara brzinom koju dopuštaju reakcioni uslovi i ispravanje hlora iz boce. Hemijska kinetika u ovom slučaju se bavi proučavanjem promena u koncentraciji, brzine odvajanja i mehanizma u kojima se odvijaju reakcije.

A - početna supstanca

B - produkt

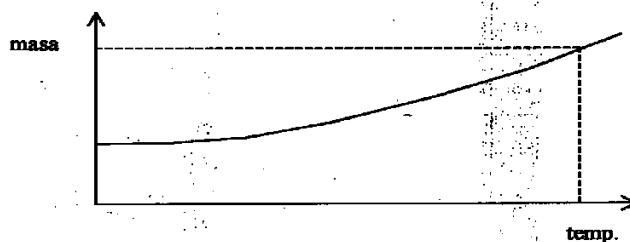
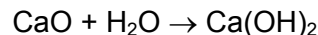
k_1 - konstanta reakcije



dc

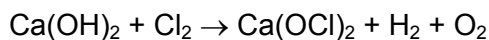
$$v = \frac{dc}{dt} \text{ ravnotežno stanje}$$

Proces reakcije i uslovi :



Slika 2. Proces rastvorljivosti $Ca(OH)_2$ u Cl_2 u rezervoaru

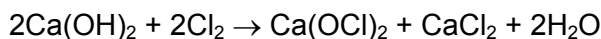
Za ovu reakciju utrošak je 100 kg kalcijum-oksida i 2000 l vode.



(74) (35,45) (143) molski

H_2 izlazi preko oduška

U procesu dobijanja kalcijum-hipohlorita polazne sirovine su kalcijum-hidroksid i hlor, a reakcija je sledeća:

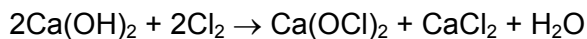


(148,18) (141,02) (142,99) (110,99) (36,02) molski

Proces rastvorljivosti možemo izraziti i uz pomoć dijagrama na slici 2.

Dobijanje rastvora kalcijum-hipohlorita uz korišćenje uređaja i kapaciteta teritorije su eksperimentalno pokazali i uz praktičnu upotrebu u procesu i opitovanja i nastave, da se sa 1% do 4 % zapreminskog aktivnog hlora u cisterni

može vrlo efikasno izvršiti hemijska i biološka dekontaminacija TMS, zemljišta i objekata. Hemijski proces dobijanja kalcijum-hipohlorita može se predstaviti reakcijom:



To praktično znači da se u suspenziji hidratisanog kreča uvodi gasoviti hlor u odgovarajućem odnosu, uz stalno mešanje. Hlor se uvodi brzinom koju dopuštaju reakcioni uslovi i isparavanje hlora iz boce. Za to vreme, izlaženje hlora na spojnim mestima i odušci (poklopcu) cisterne mora biti kontrolisano mernim uređajima i podnošljivo za okolinu. Na svaki procenat aktivnog hlora u rezervoaru cisterne (gde je pripremljen rastvor hidratisanog kreča) nakon određenog vremena (kada se ispune reakcioni uslovi) dobija se rastvor kalcijum-hipohlorita sa približno istim procentom aktivnog hlora. Matematički proračun uvođenja hlora u cisternu može se izraziti komparativno:

a) ako se priprema rastvor sa formacijskim kalcijum-hipohloritom:

- u ACD sa 2000 l vode unosi se 200 kg kalcijum-hipohlorita, tako da ukupna masa pripremljenog rastvora bude oko 2200 kg,

- vrši se proračun procenta aktivnog hlora u rezervoaru uz pomoć proporcije

$$2200 : 100 = 200 : X$$

$$X = (200 \cdot 100) / 2200 = 9.9\%$$

X = 9,09 % u 10 %-nom rastvoru kalcijum-hipohlorita.

Ako se koristi kalcijum-hipohlorit, koji u praškastom stanju sadrži u sebi 60 % aktivnog hlora, onda je odnos sledeći:

$$9,09 : 100 = X : 60$$

$$X = (9,09 \cdot 60) / 100$$

$$X = 5,45 (\%)$$

X = 5,45 % aktivnog hlora u rastvoru (vol).

Ovo je bio slučaj, kada se koristi (pravi) 10 % rastvor kalcijum-hipohlorita u vodi, ali za neutralizaciju većine visoko-toksičnih jedinjenja koristi se 5 % rastvor, tako da je

$$X = 5,45 : 2 = 2,72 (\%)$$

$$X = 2,72\%.$$

b) Kod dobijanja rastvora kalcijum-hipohlorita na predloženi način u ACD sa 2000 l vode unosi se 100 kg hidratisanog kreča, tako da ukupna masa prethodno pripremljenog rastvora bude oko 2100 kg - traži se procenat uvedenog hlora u količini od 100 kg uz pomoć proporcije:

$$2100 : 100 = 100 : X$$

$$X = (100 \cdot 100) / 2100$$

$$x = 4,76\%.$$

Iz matematičkog proračuna sledi zaključak, da novodobijeni rastvor kalcijum-hipohlorita (koji sadrži 4,76% zapreminski aktivnog hlora) u potpunosti zadovoljava eksploatacionim uslovima hemijske dekontaminacije.

U toku procesa hlorovanja uvođenja moraju se preduzeti sve mere zaštite¹⁰ na radu, a za zaštitne maske (umesto standardnih) koriste se specijalna zaštitna cedila za hlor. Uvođenje hlora traje oko jedan čas, u zavisnosti od početne temperature rastvora, temperature vazduha, rada motora ACD i slično. Na prostoru za dobijanje rastvora kalcijum-hipohlorita moraju biti uređena sva radna mesta i postavljeno obezbeđenje. Znači, proces hlorovanja traje oko 60 min, za-visno od veličine rezervoara, brzine mešanja, rada motora, godišnjeg doba i otvorenosti ventila za doziranje hlora. Pošto se zanemari spoljašnja izmena toplote, kao i izvesno grejanje rastvora u ACD, porast temperature (pored rotametra, manometra, visine zaleđivanja boce sa hlorom, merenje mase boce za vreme hlorovanja) može da posluži kao indikator toka i kraja procesa hlorovanja - uvođenja gasovitog hlora u rastvor hidratisanog kreča. Prema termodinamičkoj jednačini, za svaki procenat aktivnog hlora odgovara porast temperature novodobijenog rastvora od 3,9 °C.

Kada se temperatura rastvora poveća za 10-12 °C (meri se nakon 60 min hlorovanja) prekida se sa uvođenjem hlora u cisternu, a razlika u temperaturi siguran je dokaz da je dobijen odgovarajući rastvor kalcijum-hipohlorita za izvođenje hemijske dekontaminacije. Posle toga se zatvara boca sa hlorom, isključuje pumpa i mešalica u ACD i uzima uzorak (erlenmajer od 200 ml se uroni u rastvor) za laboratorijsko ispitivanje procenta aktivnog hlora u novodobijenom rastvoru. Osnovni parametri za dobijanje rastvora kalcijum-hipohlorita, u toku eksperimentalnog rada (u optima od 1 od 6) dati su u tabeli 2.

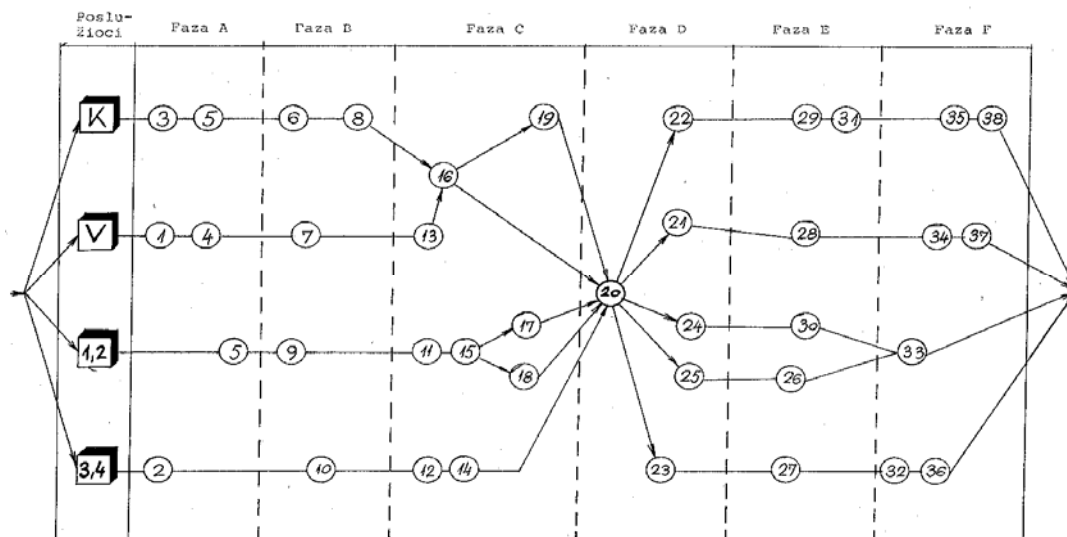
Rezultati, koji su dobijeni uvođenjem hlora kroz eksperimentalni rad približno su isti, tako da se mogu aproksimirati na jedno uvođenje. Početna temperatura rastvora (suspenzije) kalcijum-hidroksida je bila 14 °C, a nakon toga merena je svakih 10 min.

¹⁰ U toku procesa hlorovanja, poslužiocci moraju imati propisana zaštitna sredstva, u prvom redu zaštitna cedila. Uputstvo „Hlor i zaštita od hlora“ (I. Stanka, B. Lov, Sujoldžić, I. Ivanović)

Tabela 2. Režim dobijanja rastvora kalcijum-hipohlorita

Opit br.	Ca(OH) (kg)	Rezervoar (l)	Temperatura (°C)			Vreme hlorovanja (min)	% hlora u rastvoru
			poč.	krajnja	t		
1	33	500	15	27	12	50	3,33
2	66	1000	16	26,5	10,5	60	2,91
3	66	1500	16,5	27,5	11	60	3,05
4	99	2000	17,5	27,5	10,5	55	2,77
5	165	2400	17	29	12	60	3,33
6	170	2200	14	25,5	11,5	90	3,19
Srednja vrednost	99,8	1600	16	27	11	60,8	3,05

U slučaju nedostatka automobil-cisterni za dekontaminaciju (ACD), mogu se koristiti i druga sredstva sa rezervoarima (poželjno je imati pumpu za vodu i mešalicu radi efikasnijeg hlorovanja). Cena potrošnih sredstava je 10 puta manja od cene formacijskog kalcijum-hipohlorita na svetskom tržištu. Dobijeni rastvor je dovoljno stabilan, tako da može ostati više dana u zatvorenim rezervoarima na sobnoj temperaturi, a kod upotrebe u procesu dekontaminacije neophodno je izvršiti ponovno mešanje.



Slika 3. Faze dobijanja rastvora kalcijumhipohlorita

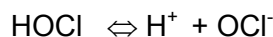
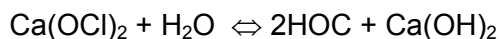
Faza A-priprema rastvora hidratisanog kreča, Faza B-prekid pripreme rastvora, Faza C- priprema za uvođenje hlora u rastvor hidratisanog kreča, Faza D-uvođenje hlora, Faza E-prekid uvođenja hlora, Faza F-pakovanje uređaja i pribora. Poslužioći: K-komandir, V-vozač, 1, 2, 3, 4-poslužioći.

Tabela 3. Režim hlorovanja u jednom opitu

Vreme uvođenja	Temperatura rastvora (°C)	Količina uvedenog hlora	Količina upotreb. Ca(OH)	Količina vode u ACD	% Cl	pH
9,00	14					
9,10	15,2					
9,20	16					
9,30	17,5	77 kg				
9,40	18,8		170 kg	2200 l	3,19	12,55
9,50	19,6					
10,00	20,5					
10,10	21,5					
10,20	23					
10,30	25,5					

Utvrđivanje efikasnosti rastvora kalcijum-hipohlorita

Kalcijum-hipohlorit je vrlo aktivno jedinjenje, a glavna osobina (pored visokog procenta aktivnog hlora u sebi) je ta, što se ponaša kao jak oksidans. U vodenim rastvoimra (dobivenim na već opisani način kao tečna faza suspenzije) nalazi se više aktivnih komponenata (hlor, oksid hlora, hipohlorasta kiselina, hipohloritni jon) koje nastaju kao rezultat sledećih reakcija:

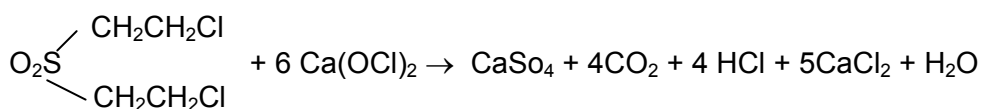
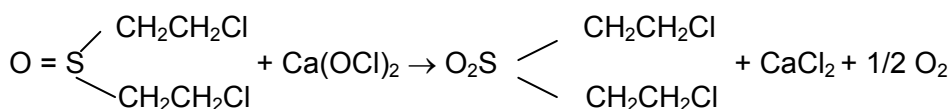
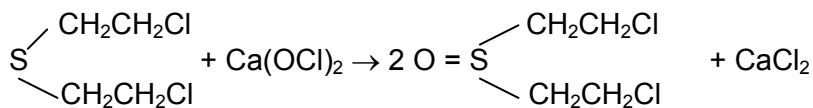


Prisustvo molekulatnog hlora uslovljeno je prisustvom hlor-jona u hipohloritnom sistemu:



Odnos navedenih komponenata, kao što se vidi iz dijagrama zavisi od pH sredine. U hipohloritnim rastvorima pri pH 8,5 prevladava hipohloritni jon, pri pH približno su iste koncentracije molekula hipohloraste kiseline i hipohloritnog jona. Pri pH 3,5 osnovna komponenta

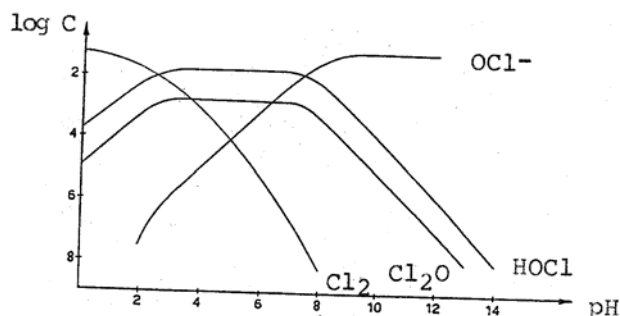
a) reakcija sa S-iperitom



Hipohloriti se u dekontaminacione svrhe obično primenjuju u obliku kaše (1:2) ili rastvora (5-10 %). Pošto u kašama postoje hipohloritni joni, hipohlorasta kiselina i elementarni hlor, to zavisi od uslova pod kojim teče reakcija mogu pravilno da se odvijaju procesi hloriranja i oksidacije, a nastali produkti S-iperita se postepeno razlažu zbog egzotermnosti reakcije uz izdvajanje hlorovodonične kiseline i stvaranja hlorvinilnih proizvoda. U toku procesa dekontaminacije dolazi do stvaranja više intermedijarnih produkta, koji kao i konačni produkti nemaju više plikavičko dejstvo na ljudski organizam.

Dobijeni rastvor kalcijum-hipohlorita izaziva uglavnom oksidaciju BOt plikavičkog dejstva, gde paralelno dolazi do stvaranja dihlordietilsulfoksida i dihloretilsulfona. Pri dejstvu

je hipohlorasta kiselina i njen anhidrid Cl_2O , a pri pH manjem od 3 prevladava hlor.



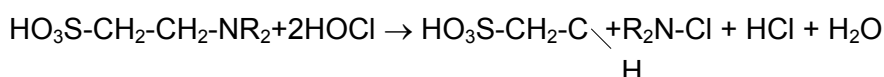
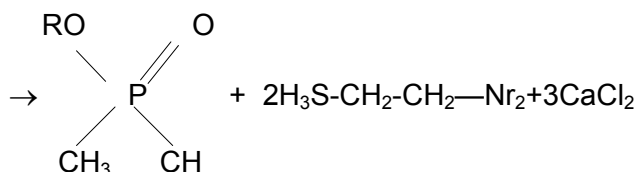
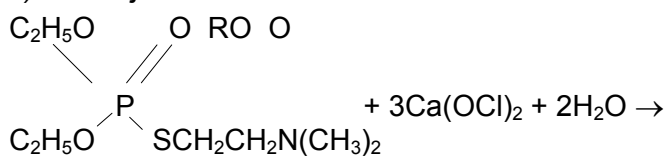
Slika 4. Zavisnost koncentracija aktivnih komponenata u rastvoru kalcijum-hipohlorita od pH

Zavisno od pH rastvora kalcijum-hipohlorita može se menjati tok i efikasnost reakcije i hipohloritnom rastvoru pri interakciji za pojedinim visokotoksičnim jedinjenjima. Odabrane reakcije rastvora kalcijum-hipohlorita sa pojedinim visokotoksičnim supstancama (otrovima)

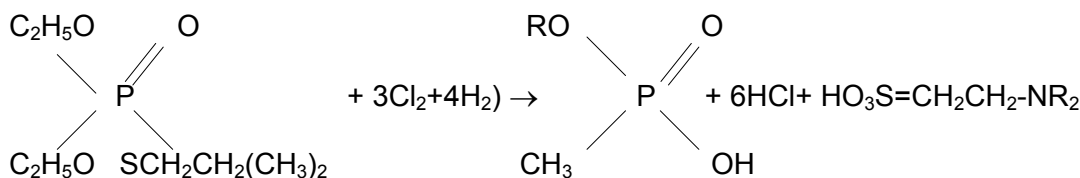
oksidansa sulfoksida lagano prelazi u sulfon, a ovaj u višku hipohlorita raspada se uz stvaranje kalcijum-sulfata, ugljendioksida i drugih jedinjenja (vidi se u navedenoj reakciji). Prikazani šematski tok procesa pokazao se vrlo uspešnim u eksperimentalnom delu rada, pri dekontaminaciji trofejne tehnike, kontaminirane kapima S-iperita.

Rastvor kalcijum-hipohlorita vrlo uspešno vrši dekontaminaciju MTS, zemljišta, objekata i sl. kontaminiranih BOt-om tipa soman, zahvaljujući hidroksilnim i hipohloritnim jonima po mehanizmu nukleofilnog premeštanja: ClO^- katalitički deluje na proces hidrolize BOt-a. U takvim slučajevima dobijaju se kiseli estri metilfosfonske kiseline, koji u baznom rastvoru daju odgovarajuće kalcijumove soli.

b) Reakcija sa VX otrovima:

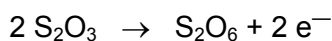


Navedena jednačina je predstavljena u baznoj sredini kao reakcija tioestra rastvorom kalcijum-hipohlorita, gde se u prvoj fazi stvaraju kiseli estar i dialkiltaurin, koji u višku oksidansa prelazi u sulfosirćetni aldehid i sekundarni hloramin. U kiseloj sredini reakcija oksidacije tioestra može da se predstavi jednačinom:



Jedna od osnovnih karakteristika kalcijum-hipohlorita za uspešnost izvršenja hemijske dekontaminacije jeste procenat aktivnog hlora, tj. procentualni rastvor u vodi (najčešće se koristi u procesu dekontaminacije).

Procenat aktivnog hlora u rastvoru se procenjuje iz stepena hlorovanja krečnih suspenzija, analitički određuje na principu reduktometrijske titracije hlora sa natrijumsulfatom (redukuju slabija oksidativna sredstva) prema šemi:



Na taj način nastaje tetraionat jon. Ako se rastvoru jako oksidacione materije doda kalijum-jodidi, oksidisaće se jodid u elementarni jod:



Jod se lako titriše rastvorom $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ uz škrob indikator. Zbog posredničke redukcije sa jodidom, ova metoda spada u jodometriju.

Analiza kvaliteta rastvora kalcijum-hipohlorita može da se izvede korišćenjem prenosne hemijske laboratorije LH-M3 i u stacionarnoj laboratoriji ABHO, opremljenoj neophodnim sredstvima, opremom i hemikalijama za kvalitativno-kuantitativnu analizu visokotoksičnih jedinjenja i materija za hemijsku dekontaminaciju. Za analizu rastvora potrebna su sledeća sredstva:

- laboratorijsko posuđe (erlenmajeri od 100 i 250 ml, klipne pipete od 2 i 10 ml, birete od

25 i 50 ml, stalak, bela emajlirana bočica, kvalitativni filter papir, posuda za vodu),

- hemikalije (natrijumsulfat kalijum-jodid - kristalni, hlorovodonična kiselina – razblažena, rastvor skroba i destilovana voda).

Postupak pri radu:

Najpre se vrši pripremanje rastvora natrijum-tiosulfata (25g hemijski čistog kristalnog $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ rastvori se u 1 l destilovane vode, a zatim doda 0,2 g hemijski čistog natrijum-karbonata), koji se čuva na tamnom mestu 14 dana, a zatim standardizuje.

Pripremljen rastvor natrijumsulfata standardizuje se kalijumbihromatom. U erlenmajer od 500 ml sipa se 100 ml prokuvane i ohlađene destilovane vode, doda 2 g hemijski čistog kalijum-jodida (KJ) i 2 g hemijski čistog natrijumbikarbonata (NaHCO_3). Kada se soli rastvore, uz okretanje erlenmajera doda se 12 ml razređene (1+1) hemijski čiste sone kiseline (HCl). Odmah zatim doda se 0,15 g hemijski čistog i prethodno osušenog na 130°C $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, odmerenog na analitičkoj vagi sa tačnošću na četvrtoj decimali. Erlenmajer se brzo zatvori brušenim čepom i slabim mešanjem rastvori kalijumbikarbonat. Rastvor se ostavi da stoji 5-10 min u mraku. Nakon toga, brušeni čep se propere prokuvanom i ohlađenom destilovanom vodom, razredi sa 200 ml te vode i titriše rastvorom natrijum-

tiosulfata do blede smeđe-zelene boje. Zatim se doda 5 ml rastvora skroba i titracija nastavi dok se boja ne promeni iz zelenoplave u svetlozelenu.

Faktor N/10 rastvora $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ izračunava se prema formuli:

$$F = \frac{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ (g)} \times 100}{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ (ml)} \times 27,835}$$

Čisti rastvor skroba nije stabilan, pa ga treba pripremiti da bude svež. Oko 0,1g rastvorljivog skroba (*Amylum soluble siccum, p.a.*) razmuti se u malo hladne destilovane vode i doda 25 ml ključale destilovane vode, kuva oko 1 min i ohladi. Pri titraciji se dodaje oko 5 ml ovog rastvora.

Uzorci rastvora uzimaju se u dva čista erlenmajera (sa brušenim čepom od 100 ml) sa otvorom za punjenje reakcionog suda. Erlenmajeri treba da budu ispunjeni do 3/4 zapremine. Grlići erlenmajera treba da se obrišu filter-papirom, zatvore brušenim čepovima i obeležu rednim brojem šarže. Pošto uzorci odstoje izvesne vreme, klipnom pipetom se uzima tačno 1 do 10 ml relativno bistrog rastvora i prebacuje u erlenmajer od 250 ml, u koji je prethodno dodato 50 ml destilovane vode. Količina rastvora uzima se na osnovu procenjene koncentracije aktivnog hlora. Koncentracija aktivnog hlora približno može da se odredi na osnovu porasta temperature rastvora ili količine uvedenog hlora. Ako je procenjena koncentracija aktivnog hlora 10 %, uzima se 1 ml; ako je koncentracija 2 %, uzima se 5 ml i tako dalje u srazmeri.

Doda se oko 0,5 g hemijski čistog kristalnog KJ i 10 ml hemijski čiste HCl (1+1). Erlenmajer se brzo zatvori brušenim čepom da ne bi došlo do isparavanja oslobođenog joda. Sadržaj erlenmajera se dobro promućka, a zatim brušeni čep i grlo erlenmajera properu destilovanom vodom. Izdvojeni jod se titriše na n/10 rastvorom tiosulfata određenog faktora do svetlo smeđe boje, kada se doda oko 5 ml skrobnog rastvora. Sa titracijom se nastavlja sve dok se rastvor ne obezboji. Isti postupak se ponavlja i sa drugim uzorkom.

Sadržaj aktivnog hlora izražava se u procentima, a izračunava po obrascu:

$$x = \frac{0,035 \cdot F \cdot V \cdot 100}{A \cdot Q} \quad (\%)$$

gde je:

x - procenat aktivnog hlora

0,0035 - ekvivalent hlora

F- faktor rastvora natrijumsulfata n/10

V - ml utrošenog rastvora natrijumsulfata

A - ml uzete probe

Q - gustina rastvora (g/ml) za očekivanu koncentraciju

Kontrola uspešnosti hemijske dekontaminacije

Osnovni pokazatelj za ocenu reakcione sposobnosti nekog sistema za dekontaminaciju jeste njegova efikasnost, koja se može izraziti količinom dekontaminacione materije, koja je neophodna za uspešnu dekontaminaciju određene količine hemijskog kontaminanta u jedinici vremena. Hemijska dekontaminacija ljudi, materijalno-tehničkih sredstava, odeće i opreme, zemljišta i objekata, hrane i vode, ostvaruje se kompleksnim fizičko-hemijskim metodama (otklanjanje, upijanje, adsorpcija, hemisorpcija, oksidacija, hidroliza, hloriranje, alkoholiza i sl.), a hemijske reakcije se mogu odvijati putem različitih mehanizama. Poznavanje mehanizama dekontaminacije (za pojedine reakcije) nije dovoljno za ocenjivanje efikasnosti, jer je saglasnost sa optimim podacima ograničena određenim uslovima. U toku prakse u nastavnom procesu i izvođenju vežbi, za određivanje efikasnosti (uspešnosti) dekontaminacije služili smo se egzaktnim i manje egzaktnim metodama, a dobiveni rezultati (sumarni) nisu bili dovoljno reproduktivni. U ovom delu rada opisana je uporedna laboratorijska metoda za ispitivanje stepena efikasnosti dekontaminacije sredstava i objekata, kontaminiranih visoko-toksičnim supstancama.

Opis rada

U epruvetu se ubaci 0,1 ml BOt-a uz pomoć mikropipete. Zatim se u epruvetu nalije materija za hemijsku dekontaminaciju u određenoj proporciji (1, 2, 5, 10 ml). Povremeno se dekontaminacioni rastvor promeša staklenim štapićem i prati ponašanje smeše u epruveti. Određuje se proporcija, pri kojoj se za vreme od 10 min na sobnoj temperaturi od 20°C u uzorcima rastvora po jednoj metodi kvalitativne analize pokaže negativna detekcija. Ako se ni za 10 ml dekontaminanta, ni za 10 minuta ne postigne željeni rezultat, ispitivanje se nastavlja u vremenskim razmacima od 30, 180 i 1440 min. Ako se ni tada ne postigne negativna detekcija, dalja provera uspešnosti dekontaminacije se vrši sa proporcijama od 0,01 ml BOt-a, na 10 ml dekontaminanta, u vremenskim intervalima kao kod prethodnog eksperimenta.

Ocenjivanje uspešnosti dekontaminacije

Za ocenjivanje stepena uspešnosti dekontaminacije, za svaki pojedinačni slučaj (BOt – dekontaminant), služimo se desetičnim sistemom prema prikaz u tabeli 4

Tabela 4. Stepen dekontaminacione efikasnosti materija

Bojni otrov (ml)	0,1			0,01						
Dekont. rastvor (ml)	1	2	5	10						
Vreme dekontaminacije (min)	10			30	180	1440	180	1440	1440	
Ocena efikasnosti	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

U tabeli su prikazani rezultati ocenjivanja efikasnosti hemijske dekontaminacije uz upotrebu najefikasnijih dekontaminacionih rastvora u odnosu na tipične predstavnike tečnih BOt.

Tabela 5. Rezultati ocenjivanja efikasnosti dekontaminacije

Materije za dekontaminaciju	Rastvor (%)	S-iperit	Sarin	Soman	Tabun	VX
NaOH Na ₂ CO ₃	5% alkalija u vodi	1	10	10	10	1
		1	7	7	6	1
		1	10	9	8	1
Ca(OCl) ₂	5% akt. hlora u vodi	6	10	10	9	8
		6	9	9	8	8
Heksahlormelamin	5 g akt. hlora u 100 ml dihloretana	8	1	1	1	8
		9	1	1	1	3

Na osnovu opisanih načina određivanja stepena efikasnosti dekontaminacije i poentiranja, zaključuje se sledeće:

- alkalni rastvori su odlični dekontaminanti za NBOt, a slabi za plikavce i VX otrove;
- hloramini su vrlo dobri dekontaminanti za plikavce i VX otrove, ali nemaju sposobnost neutralisanja NBOt-a;
- od hloraktivnih materija, kalcijum-hipohlorit je najuspešnija materija, sa prosečnom ocenom 8,50, a ima sposobnost neutralizacije plikavaca (teže N-iperit) i NBOt;
- za neutralizaciju N-iperita uspešnu primenu imaju jako hlorirajuće materije (heksahlormelamin i dihloramini);
- VX otrovi po dekontaminacionim mogućnostima spadaju u grupu plikavaca, a po

toksičnom delovanju u grupu NBOt-a;

- VX otrove uspešno neutrališu rastvori kalcijum-hipohlorita u vodi, heksahlormelamina u toluenu i alkoholati na bazi recepture DS-2.

Koristeći se opisanom metodom, izvršili smo upoređivanje stepena dekontaminacije toplim i hladnim rastvorima gore datih materija za dekontaminaciju. Može se zaključiti da ovom metodom temperaturni uslovi dekontaminacije nisu dovoljno uočljivi. Većina efikasnih procesa dekontaminacije su egzotermne reakcije i omogućavaju akumulaciju toplote na mestu reakcije, te spontano zagrevanje rastvora. Isptivan je i stepen efikasnosti dekontaminacije S-iperita i VX otrova 1 %-nim rastvorom kalcijum-hipohlorita na temperaturi od 60 °C. Ustanovljeno je da se 10 ml rastvora na 0,1 ml BOt ni za 360 min ne dobija negativna reakcija.

Tabela 6. Stepen efikasnosti hemijske dekontaminacije

Vrsta BOt-a	Efikasnost dekontaminacije	Materije za dekontaminaciju
N-iperit VX S-iperit tabun soman sarin	najteže ↑ ↓ najlakše	kalcijumhipohlorit natrijumhidroksid natrijumdisulfid amonijak heksahlormelamin dihloramini

LITERATURA

- /1/ Biočanin R, Ilkić N: Radiološka, hem. i biološka dekontaminacija, ŠC ABHO Kruševac, 1990.
- /2/ Biočanin R. Radioaktivna hemijska i biološka dekontaminacija odeće i opreme, Pozadina 5/90, VIZ, Beograd, 1990.
- /3/ Biočanin R. Mesna sredstva za NHB zaštitu, Odbrana i zaštita, SSNO, Beograd, 1988.
- /4/ Biočanin R. Mateije za RHB dekontaminaciju, ŠC ABHO, Kruševac, 1977.
- /5/ Biočanin R. Proizvodnja rastvora kalcijumhipohlorita uz korišćenje mesnih kapaciteta, Vojni glasnik, VIZ, Beograd, 1988.
- /6/ Biočanin R. Materije za radiološku, hemijsku i biološku dekontaminaciju, Bilten ABHO (14-22) ŠC ABHO Kruševac, 1977.
- /7/ Biočanin R. Urežaj za proizvodnju rastvora kalcijum-hipohlorita, Tehnički pronalazak (in.br. 1804-7 od 08.11.1990.), ŠC ABHO Kruševac, 1990.
- /8/ Biočanin R. Zaštita životne sredine u akcidentnim situacijama, Zbornik radova sa simpozijuma zdravstvenih radnika Jugoslavije sa međunarodnim učešćem, Herceg Novi, 02.06.1997.
- /9/ Jakšić, S Biočanin, R. Obezbeđenje od hemijskih udesa u miru, Novi glasnik br 3-4 (45-53), Beograd, 1996.
- /10/ Biočanin R. Procena rizika i mere zaštite od akcidenta, Bezbednost br 5. (564-580), RMUP Srbije Beograd, 1991.
- /11/ Biočanin R i Pajić D.: Stanje i dalji razvoj materija za hemijsku dekontaminaciju. Bilten ŠC ABHO br.3 (33-39), Kruševac, 1997.
- /12/ Biočanin R., Višić D. Priručna i mesna sredstva za ličnu NHB zaštitu, Informativni bilten br.54, Kruševac, 1987.
- /13/ Veselinović D., Biočanin R.: Uklanjanje posledica hemijskih udesa u železničkom transportu opasnih materija, 3. Seminar železničke građevinske infrastrukture, 11-13.05.2000. Zlatibor.
- /14/ Biočanin R. Upravljanje hemijskim rizikom i osiguranje pri transportu opasnih materija, Preventivno inženjerstvo br. 1/2002. PREVINING A.D. Beograd, 2002.
- /15/ Biočanin R. Zaštita životne sredine pri hemijskim udesima, EKOLOGIKA, br. 41. Beograd, 2004.
- /16/ Biočanin R. Optimizacija hemijske zaštite u uslovima visokotoksične kontaminacije, PMF Univerziteta Kragujevac, 1988.

PRODUCTION OF SOLUTION OF CALCIUM HYPOCHLORITE WITH BASE ON CAPACITETS OF COUNTRY

In condition of application NHB armour, by NHB accidents and NBH terrorism, at remove the consequence of contamination, one of the principal activities is doing single, group or final decontamination. For this purpose, kaporit (calcium hypochlorite) in water solution is, we believe, the most frekvently used material. This is an anorganic substance with active chlorin. When solution is properly prepared, it is veru usefull, economic, effective and universal for decontamination and disinfection activities.

Production of this material is consisted of finding reproduction material, collection of this material and needed equipment, quantifying, preparing the production area together with needed aparature, solution production, effectiveness control, and finally, the use of made product. Technology depends on quality and quantity of repro material in disposal, aparature and equipment, workers education, buissnies organisation and protective measures during the working process.

Key words: kaporit (calcium hypochlorite), teritorial capacities, production, technology, decontamination, production aparature.