

EXPERIMENTÁLNE SKÚMANIE ÚČINKOV NEBEZPEČNÝCH LÁTOK NA NECHRÁNENÚ KOŽU

Orinčák Michal ^{*)}

ABSTRAKT

Článok sa zaoberá metodikou experimentálneho skúmania účinkov vybratých nebezpečných látok (kyselín) na nechránenú kožu. Prvá kapitola uvádza základnú charakteristiku a účinky vybratých nebezpečných látok na nechránenú kožu. Druhá kapitola uvádza základný postup experimentálneho skúmania. Tretia kapitola popisuje samotnú realizáciu experimentu.

Kľúčové slová: experiment, nebezpečné látky, koža, kyseliny, kontaminácia.

ABSTRACT

This paper deals with methodic of experimental search effects hazardous substances (acids) on exposed skin. The first chapter deals with basic characteristics and effects of hazardous substances on exposed skin. The second chapter deals with basic process of experimental search. The third chapter describes general realization experiment.

Key words: experiment, hazardous substances, skin, acids, contamination.

ÚVOD

Záchranné práce vykonávané pri radiačnom, chemickom a biologickom ohrození sú charakteristické najmä tým, že sú vykonávané v kontaminovanom prostredí. Kontaminované prostredie je možné vo všeobecnosti chápať ako akýkoľvek uzavretý priestor alebo neohraničené prostredie, do ktorého sa voľne rozšírila nebezpečná látka v plynnom, kvapalnom alebo tuhom skupenstve a bezprostredne ohrozuje život alebo zdravie osoby nachádzajúcej sa v tomto priestore alebo prostredí.

^{*)} Michal ORINČÁK, Ing., PhD., Katedra požiarneho inžinierstva, Fakulta špeciálneho inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline, ul. 1.mája 32, 010 26 Žilina, e-mail: michal.orincak@fsi.uniza.sk, tel.: 00421 - 41 – 513 6764, Fax: 00421 - 41 - 513 6620

Z tohto dôvodu je nutné pri realizácii záchranných prác používať určené ochranné prostriedky, ktoré chránia, prípadne znižujú účinky nebezpečnej látky na ľudský organizmus. Zvýšenú pozornosť je taktiež nutné upriamiť aj na civilné osoby, ktoré sa môžu v kontaminovanom priestore nachádzať a predstavujú hlavný cieľ záchranných prác. Pritom nesmieme zabúdať na fakt, že najviac postihnutí účinkami nebezpečnej látky budú civilné osoby, ktoré nemajú bežne k dispozícii potrebné ochranné prostriedky a budú si musieť v tom lepšom prípade vystačiť len s improvizovanou ochranou. Už pri samotnom pohybe hasiča v kontaminovanom priestore môže dôjsť ku kontaminácii najmä kože kvapkami alebo parami nebezpečnej látky, ktorá predstavuje prvotnú ochrannú bariéru pred účinkami vonkajšieho prostredia.

Pôsobenie nebezpečných látok (v tomto prípade kyselín a zásad) na nechránenú kožu človeka predstavuje vážne ohrozenie jeho zdravia najmä vtedy, ak nie sú k dispozícii účinné ochranné prostriedky. V prípade záchranárov nachádzajúcich sa v takomto kontaminovanom priestore vzniká otázka, či ich základné osobné ochranné prostriedky poskytujú účinnú ochranu proti negatívnym účinkom týchto nebezpečných látok. Ak to tak nie je, vzniká ďalšia otázka, ktoré prostriedky často krát aj improvizovaného charakteru môžu túto funkciu ochrany spĺňať. Aby sme mohli nájsť správne odpovede na tieto základné otázky je potrebné dôkladne preskúmať práve samotné pôsobenie nebezpečných látok na nechránenú kožu v takých laboratórnych podmienkach, ktoré sa priblížia k podmienkam zásahu v kontaminovanom prostredí.

1 ÚČINKY KYSELÍN A ZÁSAD NA NECHRÁNENÚ KOŽU

Kyseliny a ich zlúčeniny zrážajú bielkoviny, v nadmernom množstve ich rozpúšťajú a tkanivám (napr. koža) odoberajú vodu a tým spôsobujú *poleptanie tkaniva*. Niektoré kyseliny sa pri styku s vodou silno zahrievajú a tým spôsobujú *termické zmeny – termické popáleniny*.

Termické popáleniny a poleptanie (corrosio) tkaniva charakterizujeme ako mechanizmus vzniku popáleniny, ktorá môže predstavovať vážne ohrozenie zdravia človeka. Mechanizmus vzniku popálením zahŕňa tieto typy (<http://www.epomed.cz/rubriky/vyuka/>):

- a) termické popáleniny,
- b) elektrické popáleniny,
- c) poleptanie,
- d) chladové traumy,
- e) ionizujúce žiarenie.

Na nasledujúcich obr. 1 sú uvedené príklady termickej popáleniny a poleptania kyselinou sírovou.



Obrázok 1 Termická popálenina – oparenie kože a poleptanie kože koncentrovanou kyselinou sírovou (Zdroj: <http://www.epomed.cz/rubriky/vyuka/>, 2010)

Pri požití kyselín môže nastať ihneď kolaps a rýchla smrť. V tomto prípade dochádza k poleptaniu tkanív a povrchovej nekróze tkaniva. Sfarbenie slizníc býva väčšinou fialové, hnedé až čierne. Na koži vznikajú veľmi často krvné výronky.

U koncentrovanej **kyseliny sírovej** je smrteľná dávka približne 4-6 g. Už 1 % roztok pôsobí jedovato. Pri poliatí približne 70 % roztokom nastane poleptanie kože, za 2-3 dni dochádza k odlúčeniu nekrotického tkaniva a pod ním vzniká vred. Pri vstreknutí do oka dochádza k jeho strate. Na prírodných textíliách zanecháva hnedé škvrny a vlákna sa pri dotyku rozpadajú [7].

U koncentrovanej **kyseliny chlórovodíkovej** je smrteľná dávka približne 10-15 g u detí približne 2 g. Boli pozorované prípady dospelých, ktorí prežili aj dávky 60 g. Taktiež vdychnutie pár (ťažko znesiteľná je už koncentrácia 1:1000) spôsobuje silné podráždenie dýchacích ciest s kašľom a dusením [7].

U **kyseliny fluorovodíkovej** je smrteľná dávka približne 15 g. Na koži vzniká začervenanie, pľuzgiere alebo príškvar (záleží od koncentrácie). Pary spôsobujú vrede na spojivke [7].

U **kyseliny dusičnej** je smrteľná dávka približne 8 g u detí 2 g. Na koži vzniká typické citrónové až pomarančové sfarbenie (xantoproteínová reakcia). Zriedená nespôsobuje príškvary ale zápal [7].

U **kyseliny chrómovej** je smrteľná dávka približne 1-2 g. Avšak bola pozorovaná smrť aj pri 0,3 g. Pri dlhšom pôsobení na kožu sa sfarbuje do žltozelena [7].

U **kyseliny fosforečnej** dochádza k poleptaniu len pri vysokých koncentráciách. Na koži sa vytvára vyrážka a zápal [7].

U **kyseliny boritej** je smrteľná dávka približne 15-20 g pre dospelých a 8 g pre deti. Smrť však bola pozorovaná aj pri dávkach 3 až 6 g. Na koži spôsobuje jej sčervenanie, zápal prípadne koprivku. Vstrebáva sa aj kožou a takto môže spôsobiť otravu [7].

U **kyseliny octovej** je smrteľná dávka približne 12 g. Na koži spôsobuje začervenanie a tvorbu pľuzgierov. K povrchovému poleptaniu môže dôjsť aj pri octových obkladoch. Sliznica býva sfarbená do šedobiela až tmavošeda [7].

U **kyseliny šťaveľovej a citrónovej** je leptací účinok výrazne nižší v porovnaní s anorganickými kyselinami [7].

U **kyseliny mravenčej** je smrteľná dávka približne 2 g. Na koži spôsobuje pálenie, pľuzgiere až nekrotické zmeny tkaniva. Po vyhojení ostávajú jazvy [7].

U **kyseliny karbolovej (fenol)** je smrteľná dávka približne 3 až 40 g. U dieťaťa bola pozorovaná smrť už pri 1% koncentrácii roztoku. Poliatie kože môže spôsobiť smrť. Na koži spôsobuje pálenie, stuhlosť s následnou anestéziou, neskôr sa rozvinie príškvar, najskôr belavej farby a až neskôr červeno čierny. Aj zriedené roztoky môžu poškodiť kožu s následnou gangrénou. Typický je fenolový zápach [7].

Kyselina pikrová spôsobuje zažltnutie kože, spojiviek, vlasov a nechtov. Už dávky 0,5-1 g pôsobi toxicky. Smrteľná dávka nie je presne stanovená. Pri vdychovaní môže dôjsť až k perforácii nosnej prepážky [7].

U **lysolu (mydlový roztok trikrezolu)** je smrteľná dávka u dospelých okolo 30 g a u detí okolo 5 g. Koncentrovaný roztok vyvoláva na koži pálenie, začervenanie, poruchy citlivosti až žltohnedé príškvary, ktoré sa môžu odlúčiť. Zriedený roztok (1-2%) spôsobuje svrbenie, pálenie a necitlivosť, ktorá skoro vymizne. Niekedy sa môže vytvoriť ekzém. Po vyhojení zostávajú jazvy [7].

Hydroxidy taktiež spôsobujú poleptanie tkanív. Hydroxidy pôsobia na tkanivá tak, že tvoria s bielkovinou alkalické albumináty, avšak nekoaguluje samotnú bielkovinu. Tú hydroxid rozpúšťa a tým vytvára rôsolovité hmoty a mazľavé príškvary. Príškvary u kyselín sú na rozdiel od hydroxidov nemazľavé.



Obrázok 2 Poleptanie kože na ruke hydroxidom sodným
(Zdroj: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Sodium_hydroxide_burn.png)

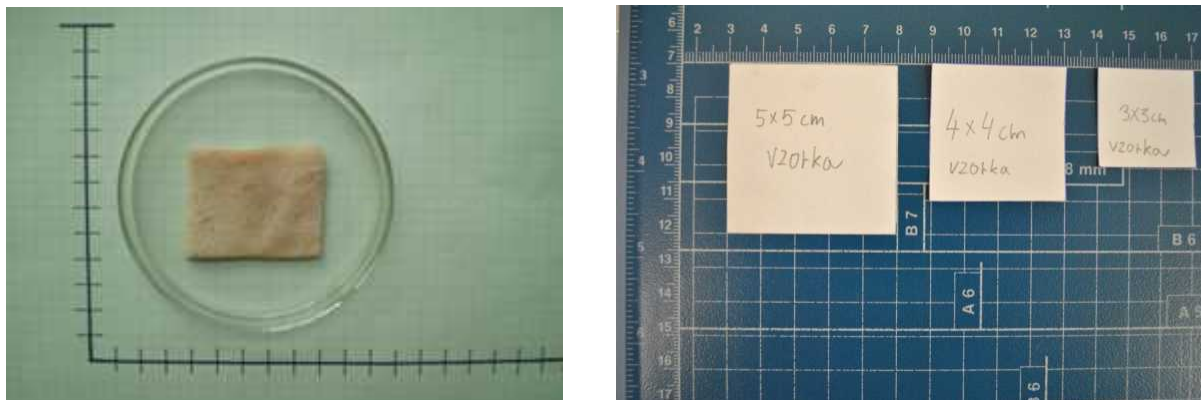
U **hydroxidu sodného a draselného** sa smrteľná dávka pohybuje medzi 80 až 100 g avšak aj 5% hydroxid môže spôsobiť smrť. Horúce hydroxidy sú nebezpečnejšie. Na koži spôsobujú poleptanie až nekrózu. Po vyhojení zostávajú jazvy. V malých koncentráciách spôsobujú ekzémy. Rany na sliznici sú pozorované už pri 5% koncentrácii. Pri vstreknutí do oka môže dôjsť rýchlo k oslepnutiu [7].

2 ZÁKLADNÝ POSTUP EXPERIMENTÁLNEHO SKÚMANIA

Metodika experimentálneho skúmania účinkov vybratých nebezpečných látok (kyselín) na nechránenú kožu pozostáva zo súboru možných spôsobov a metód, ktorými je možné dané experimenty realizovať v našom prípade v laboratórnych podmienkach. Základ metodiky experimentálneho skúmania tvoria dva hlavné spôsoby realizácie experimentu a to:

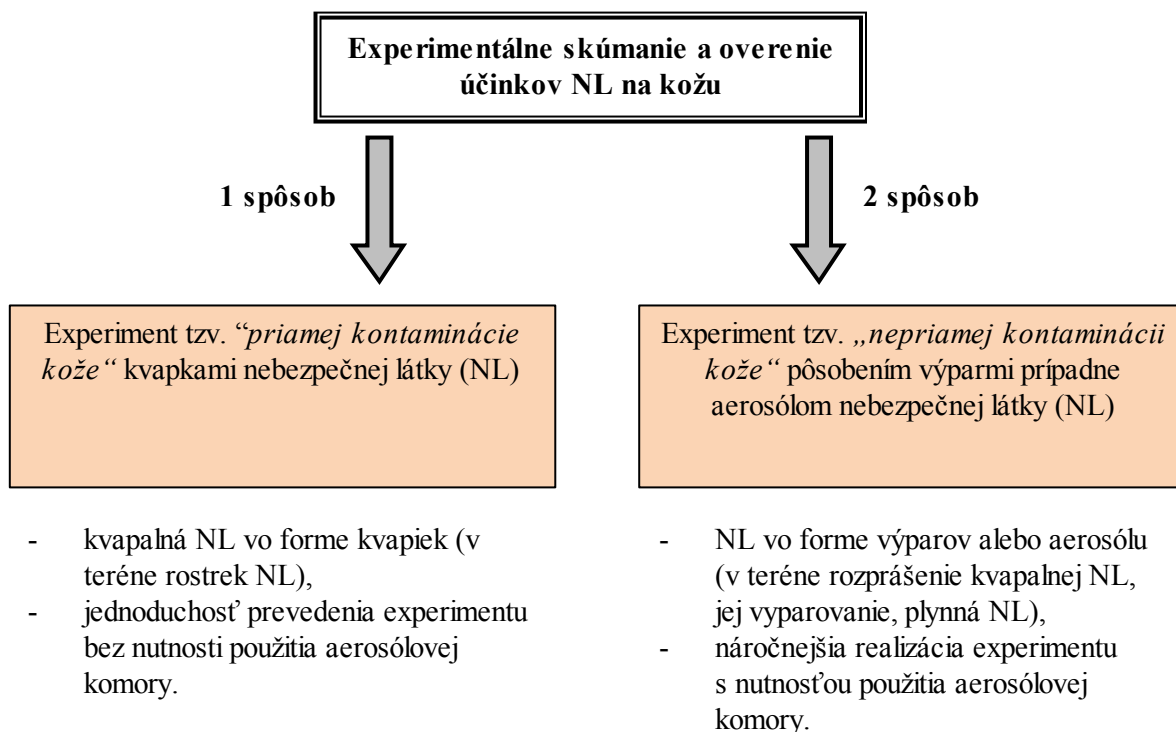
- a) Experiment tzv. „priamej kontaminácie kože“ kvapkami nebezpečnej látky,
- b) Experiment tzv. „nepriamej kontaminácii kože“ pôsobením výparmi prípadne aerosólom nebezpečnej látky.

Ako základnú vzorku kože pre experiment použijeme výrez kože z prasáťa aj s podkožnou vrstvou tuku. Zvyčajne postačuje vzorka o veľkosti 3x3 cm až 5x5 cm tak ,aby sa zmestila do rozmerov petriho misky. Na obr. 3 je zobrazená vzorka prasacej kože 5x5 cm určenej k experimentu s NL.



Obrázok 3 Vzorka prasacej kože 5x5 cm v petriho miske určenej k experimentu
(Zdroj: Orinčák, 2010)

Základná schéma experimentálneho postupu skúmania je bližšie vysvetlená na nasledujúcom obr. 4



Obrázok 4 Schéma experimentálneho postupu s
(Zdroj: Orinčák, 2010)

A Prvý spôsob (experiment tzv. „priamej kontaminácie kože“) je určený pre skúmanie a overenie účinkov kyselín a zásad na nechránenú kožu, čiastočne chránenú kožu a kožu chránenú profesionálnymi ale aj improvizovanými ochrannými prostriedkami prostredníctvom kvapiek NL (roztrek alebo poľkanie).

Postup:

Presne určené množstvo nebezpečnej látky (napr. kyseliny alebo zásady) sa rozstrekne alebo nakvapká na vzorku kože. Takýto spôsob predstavuje kontamináciu kože kvapkami NL po rozstreknutí alebo poľkani záchranára (civilistu) kvapalnou NL. Zvyčajne postačuje vzorka kože (použije sa koža z prasat'a) o veľkosti 3x3 cm (zmestí sa do rozmerov petriho misky) a 2 až 3 kvapky NL o známej koncentrácii. Vzorka sa v presne stanovených časových intervaloch sleduje a vyhodnocuje sa účinok NL.

Riziká:

Tento spôsob je relatívne bezpečný pri použití čo najmenšieho množstva NL. Pri použití väčšieho množstva NL je potrebné vykonávať experiment v digestore. Odsávanie eliminuje výpary NL, ale výrazne neovplyvňuje priebeh experimentu (účinky kvapalných NL zostávajú viac menej nemenné).

B Druhý spôsob (experiment tzv. „nepriamej kontaminácii kože“) je určený pre skúmanie a overenie účinkov kyselín a zásad na nechránenú kožu, čiastočne chránenú kožu a kožu chránenú profesionálnymi ale aj improvizovanými ochrannými prostriedkami prostredníctvom výparov NL alebo jej aerosólu.

Takáto kontaminácia sa často vyskytuje pri väčších únikoch NL, kde dochádza k vyparovaniu NL a následnému negatívnemu účinku výparov na okolie. Navyše výpary môžu reagovať so vzdušnou vlhkosťou prípadne telesným potom za vytvorenia kvapalnej NL.¹

Postup:

Presne určené množstvo nebezpečnej látky (napr. kyseliny alebo zásady) sa naleje do rozpáleného korundového žihacieho téglika, ktorý je umiestnený v aerosólovej komore na teplovzdornej podložke. V dôsledku vysokej teploty sa začne kyselina alebo zásada vyparovať a v aerosólovej komore vzniká potrebné koncentrácia nebezpečnej látky. Takýto spôsob predstavuje kontamináciu kože prostredníctvom výparov NL. V prípade aerosólu sa NL rozpráši vo vnútri komory, kde začne pôsobiť na skúmanú vzorku. Zvyčajne postačuje vzorka kože (použije sa koža z prasat'a) o veľkosti 3x3 cm (zmestí sa do rozmerov petriho misky). Vzorka sa v presne stanovených časových intervaloch sleduje a vyhodnocuje sa účinok NL.

Riziká:

Tento spôsob experimentu nie je možné bezpečne vykonať bez aerosólovej komory. Potrebnú koncentráciu výparov dosiahneme len v uzavretom priestore komory. Z tohto dôvodu je potrebné zabezpečiť jej následné odvetranie a neutralizáciu výparov. Pre vyššiu bezpečnosť je potrebné používať čo najmenšie množstvo NL, potrebnej k vytvoreniu stanovenej koncentrácie. Je vhodné kvôli bezpečnosti umiestniť komoru do digestora.

3 REALIZÁCIA EXPERIMENTU TZV. “PRIAMEJ KONTAMINÁCIE KOŽE“

Ako jeden z vhodných vstupných pokusov môže byť realizované skúmanie účinkov vybratej nebezpečnej látky na vzorke. V tomto konkrétnom prípade ide o skúmanie pôsobenia anorganických kyselín na vzorky bravčovej kože, ktorá nám simuluje ľudskú kožu. Týmto spôsobom je možné skúmať účinky ďalších nebezpečných látok napr. organických kyselín, hydroxidov, plyny, kovy, jedy a pod. na ľudskú kožu. Bravčová koža sa svojimi vlastnosťami veľmi podobá koži ľudskej, čo je možné využiť pre potreby tohto experimentu.

Okrem pôsobenia nebezpečných látok na kožu, je možné skúmať aj účinky NL na rozličné iné organické a anorganické materiály napr. rôzne organické tkanivá, kovy, plasty, tkaniny a pod. Tieto všetky materiály môžu byť vystavené pri zásahu záchranárov škodlivým účinkom NL. Ich odolnosť a mieru poškodenia pri zásahu v takomto kontaminovanom prostredí zistíme práve takýmito typmi experimentov. Poznatky z praxe sú v tejto oblasti skromné a nepostačujú pre vytvorenie presného obrazu o účinkoch NL na rozmanité materiály.

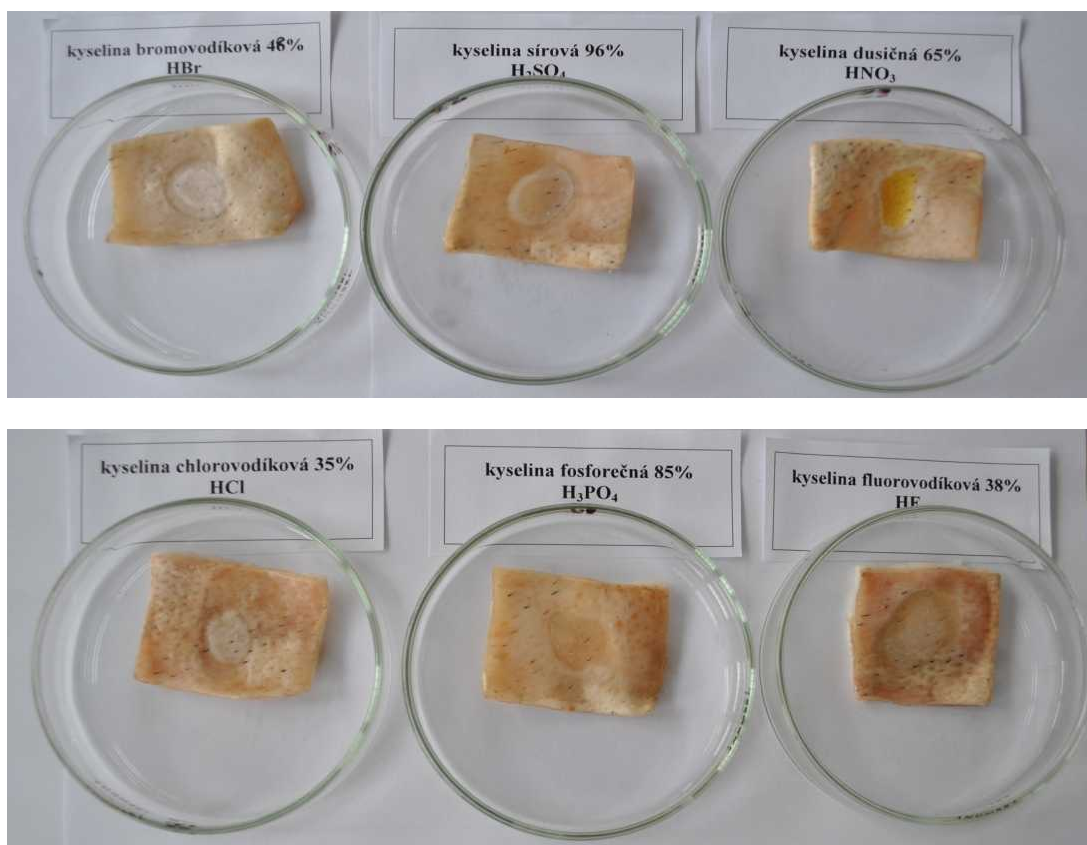
¹ V praxi boli pozorované prípady banských záchranárov zasahujúcich v prostredí so zvýšenou koncentráciou oxidu uhličitého, ktorý následne zreagoval s potom a telesnou vlhkosťou za vzniku kyseliny uhličitej, ktorá na kožných záhyboch vytvárala svrbiace a pálivé sčervenanie.

V presne stanovených časových intervaloch (napr. 3, 10, 15, 30, 60 min. a pod.) sa sleduje a zapisuje pôsobenie a zároveň sa vyhotovuje potrebná fotodokumentácia. Vzorky sa ďalej môžu mikroskopicky skúmať a porovnávať s pôvodnou vzorkou. Pri tomto skúmaní sa hľadajú detailnejšie zmeny, poškodenia a odchýlky od pôvodného stavu. Ide najmä o fyzikálne vlastnosti:

- tvar a celkový vzhľad poškodenia vzorky,
- zmena farby poškodenia a farba okolia poškodenia vzorky,
- hĺbka poškodenia vzorky na reze a prípadné zmeny štruktúry vzorky a pod.

Je potrebné pozorne sledovať a zapisovať samotný priebeh a pôsobenie NL na vzorku a prípadné odchýlky alebo anomálie zaznamenať napr. búrlivá reakcia, prudké zvýšenie teploty, náhla zmena pH, vznik ďalších chemických produktov a pod. Tieto sledované javy patria medzi chemické vlastnosti skúmanej vzorky.

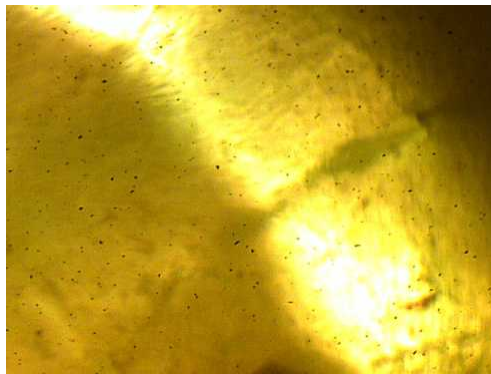
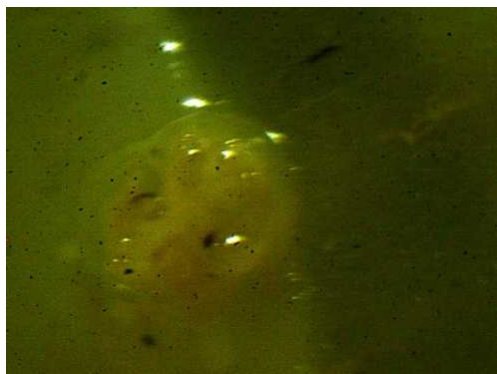
V rámci experimentu boli použité tieto anorganické kyseliny o presne známej koncentrácii (kyselina sírová 96 %, kyselina dusičná 65 %, kyselina bromovodíková 48 %, kyselina chlorovodíková 35 %, kyselina fosforečná 85 %, kyselina fluorovodíková 38 %). Výsledné porovnanie všetkých vzoriek kontaminovaných anorganickými kyselinami a ich výsledné poškodenie od kyselín je zobrazené na detailnom snímku obr. 5.



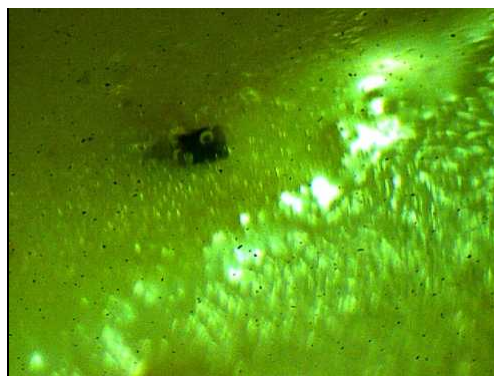
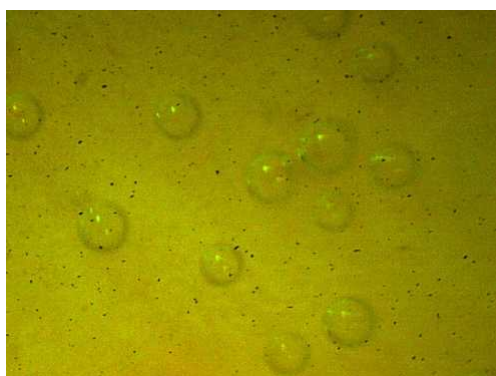
Obrázok 5 Výsledné porovnanie vzoriek s poškodením kyselinou (Zdroj: Orinčák, 2011)

Pre detailné skúmanie poškodenia vzoriek je potrebné spraviť mikroskopické snímky poškodenia kože, kde je zreteľne vidieť agresívny účinok anorganických kyselín, aj keď navonok pri bežnom pohľade nie je poškodenie až tak viditeľné. Na nasledujúcich

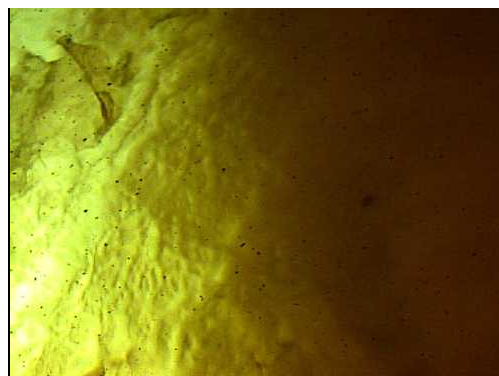
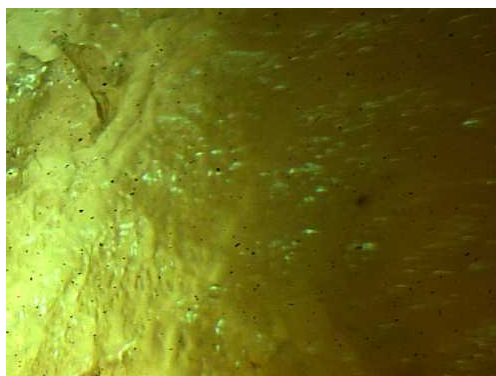
obrázkoch sú zobrazené mikroskopické snímky oblasti pôsobenia kyselín na vzorky kože.²



*Obrázok 6 Mikroskopická snímka vzorky kontaminovanej kyselinou sírovou 96 %
(Zdroj: Orinčák, 2011) 40 násobné zväčšenie*



*Obrázok 7 Mikroskopická snímka vzorky kontaminovanej kyselinou dusičnou 65 %
(Zdroj: Orinčák, 2011) 40 násobné zväčšenie*



*Obrázok 8 Mikroskopická snímka vzorky kontaminovanej kyselinou fluorovodíkovou 38 %
(Zdroj: Orinčák, 2011) 40 násobné zväčšenie*

Na mikroskopických snímkach obr. 6 a 7 je jasne vidieť prebiehajúcu reakciu kyseliny sírovej a dusičnej s pokožkou sprevádzané tzv. plynovaním (pri reakcii dochádza k tvorbe viditeľných bubliniek na povrchu kože). Na všetkých mikroskopických snímkach môžeme pozorovať zreteľné ohraničenie miesta pôsobenia kyseliny od nekontaminovanej časti.

² Mikroskopické snímky boli vyhotovené stereoskopickým mikroskopom (binokulárny mikroskop) trinokulárneho typu pri 40 násobnom zväčšení a za použitia digitálnej kamery umiestnenej v treťom okulári mikroskopu.

Tieto ohraničenia majú často charakter zvráskaveného až akoby zjazveného tkaniva, tzv. poleptanie. Takto poškodené miesto na koži vytvára tzv. príškvar, ktorý je jasne pozorovateľný na obr.8 (pôsobenie kyseliny fluorovodíkovej).

ZÁVER

Tento metodický postup je možné použiť rovnako na ďalšie rozmanité nebezpečné látky a skúmať ich pôsobenie na rozličné typy organických a anorganických látok pri rozdielnych laboratórnych podmienkach (zmena teploty, prítomnosť neutralizačnej látky a pod.).

Pri dekontaminácii kyselín vpraxi príslušníci HaZZ používajú najmä vodu a príslušné neutralizačné roztoky (zásadité chemické látky napr. uhličitan sodný, vápno, mletý vápenec a pod.). Pri dekontaminácii silných kyselín je kritický čas vytvorenia viditeľného poškodenia kože a tzv. príškvaru do 3 minút. To znamená že zasiahnutú pokožku treba v tomto časovom limite hneď opláchnuť vodou, čím sa zníži koncentrácia kyseliny a zmenší sa množstvo pôsobiace na kožu. Ideálne je namiesto vody použiť zásaditý roztok, ktorý kyselinu zneutralizuje (napr. núdzovo mydlová voda, hydrogén uhličitan sodný).

Pri slabších kyselinách je kritický čas posunutý od 3 do 10 minút od zasiahnutia kyselinou. Tým postihnutý získava viac času na dôslednejšie odstránenie kyseliny. Avšak aj pri týchto kyselinách dochádza v časovom úseku do 30 minút k poškodeniu a vytvoreniu príškvaru.

LITERATÚRA

- [1] ČELEDA, J. a kol.: *Kurs základů chemie*, SPN Praha, 1968.
- [2] FABINI, J., SCHNEKOVÁ, B.: *Prehľad stredoškolskej chémie*, SVTL, Bratislava, 1964.
- [3] GAŽO, J. a kol.: *Anorganická chémia*, ALFA, Bratislava, 1977.
- [4] GAŽO, J. a kol.: *Všeobecná a anorganická chémia*, ALFA, Bratislava, 1981.
- [5] <http://www.epomed.cz/rubriky/vyuka/> (7.12.2010).
- [6] SÝKORA, V., ZÁTKA, V.: *Příruční tabulky pro chemiky*, SNTL, Praha, 1956.
- [7] TESAŘ, J.: *Soudní lékařství*, Avicenum, Praha, 1976.

Článok recenzoval:
prof. Ing. Anton Osvald, PhD.