

Výskyt chromu v životním prostředí

Pavel Gerych

Bakalářská práce
2006



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav inženýrství ochrany živ. prostředí
akademický rok: 2005/2006

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavel GERYCH**
Studijní program: **B 2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Chemie a technologie materiálů**

Téma práce: **Výskyt chromu v životním prostředí**

Zásady pro vypracování:

- 1. Provedte literární studii na základě znalostí získaných za 3 roky studia na FT UTB ohledně výskytu chromu v životním prostředí. Zaměřte se na negativní respektive pozitivní vlastnosti chromu, jeho využití a zdroj odpadů.**
- 2. Na základě této literární studie provedte rozvalu o problému chromu v životním prostředí.**
- 3. Při rozvaze se zaměřte na skutečný stav věci a předpokládané trendy vývoje kontaminace životního prostředí chromem.**
- 4. Stručný přehled problematiky a vyvozené závěry připravte v programu Powerpoint pro cca 10 minutovou prezentaci.**

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího bakalářské práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Josef Houser, Ph.D.

Ústav inženýrství ochrany živ. prostředí

Datum zadání bakalářské práce:

14. února 2006

Termín odevzdání bakalářské práce:

13. června 2006

Ve Zlíně dne 1. února 2006



prof. Ing. Josef Šimoník, CSc.
děkan



doc. Ing. Jaromír Hoffmann, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Obsahem bakalářské práce je studie týkající se výskytu chromu a jeho sloučenin v životním prostředí. Hlavním cílem je zaměřit se na negativní a pozitivní vlastnosti, využití a zdroj odpadů.

Úvodní část práce popisuje výskyt chromu v jednotlivých oblastech životního prostředí a zdroje znečištění. Značná pozornost je věnována toxicitě chromu a jeho sloučenin. V závěrečné části práce jsou popsány pozitivní vlastnosti trojmocného chromu, který se řadí mezi stopové prvky.

Klíčová slova: chrom trojmocný a šestimocný, životní prostředí, toxicita, stopový prvek

ABSTRACT

The subject of this bachelor work is a study concerning the occurrence of chromium and its compounds in the environment. The main aim is to focus on the negative and positive characteristics, the use and the source of the wastage.

The introduction describes the occurrence of chromium in various areas of the environment and the sources of the pollution. A high attention is paid to the toxicity of chromium and its compounds. In the conclusion of the study the positive effects of the trivalent chromium, considered as a microelement, are described.

Keywords: the trivalent and hexavalent chromium, the environment, toxicity, microelement

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Josefu Houserovi, Ph.D. a všem asistentům za odborné vedení, cenné informace a připomínky, které mi při vypracování bakalářské práce poskytli.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé bakalářské práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce a ředitele ústavu. V případě publikace budu uveden jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem na celé bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

V Otrokovicích, 5. 6. 2006

.....

podpis

OBSAH

ÚVOD	8
1 CHARAKTERISTIKA CHROMU A JEHO SLOUČENIN	9
1.1 VLASTNOSTI	9
1.2 VÝSKYT	9
1.3 VÝROBA	10
1.4 POUŽITÍ	10
2 VÝSKYT CHROMU V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ.....	11
2.1 PŮDA.....	11
2.2 VODA	12
2.3 OVZDUŠÍ	13
2.4 POTRAVINY	14
2.5 ZDROJE ZNEČIŠTĚNÍ	15
3 TOXICITA CHROMU	17
3.1 CELKOVÝ CHARAKTER ÚČINKU NA ORGANISMUS	17
3.2 OBRAZ OTRAVY CHROMEM	17
3.2.1 U zvířat	17
3.2.2 U člověka.....	18
3.3 ÚČINEK NA KŮŽI	19
3.3.1 U zvířat	19
3.3.2 U člověka.....	20
3.4 PRONIKÁNÍ DO ORGANISMU, ROZMÍSTĚNÍ A VYLUČOVÁNÍ	21
3.5 PRVNÍ POMOC, LÉČENÍ A PREVENTIVNÍ OPATŘENÍ	21
3.6 PŘIROZENÉ SNIŽOVÁNÍ KONTAMINACE	22
4 PRŮMYSLOVÁ ODVĚTVÍ.....	23
4.1 KOŽEDĚLNÝ PRŮMYSL	23
4.2 STROJÍRENSKÁ VÝROBA	25
4.3 SLÉVÁRENSTVÍ	25
4.4 TEXTILNÍ PRŮMYSL	25
4.5 CHEMICKÝ PRŮMYSL	26
4.6 SKLÁŘSKÝ A KERAMICKÝ PRŮMYSL	26
5 TROJMOCNÝ CHROM - STOPOVÝ PRVEK.....	27

5.1	HISTORIE A GTF CHROM.....	27
5.2	PŘÍČINY NEDOSTATKU CHROMU	28
5.3	CHROM VE STRAVĚ	29
5.4	DOPLŇKOVÝ PŘÍJEM CHROMU	29
5.5	CHROM - STABILIZÁTOR CUKRU V KRVÍ.....	30
5.6	CHROM PRO ZVÝŠENÍ ENERGIE	31
5.7	HUBNUTÍ S CHROMEM	31
5.8	CHROM PRO UVOLNĚNÍ STRESU	32
5.9	CHROM A NEMOCI SRDCE	32
	ZÁVĚR	33
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	34
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	36
	SEZNAM OBRÁZKŮ	37
	SEZNAM TABULEK.....	38

ÚVOD

Mezi přibližně osmdesáti známými kovy je asi třicet označováno jako *kovy toxické*. Termíny toxické, těžké nebo stopové kovy jsou často zaměňovány, vesměs jsou ale jimi rozuměny kovy představující určité riziko pro biotiku. Termín *stopové kovy* označuje kovy přítomné v živých organismech. Řada těchto kovů jsou esenciální prvky potřebné pro vývoj a funkci organismu a jejich riziko spočívá jak v přebytku oproti průměrné hladině ve zdravém organismu, tak i v jejich nedostatku. Toxickými kovy jsou označovány kovy s výrazným škodlivým účinkem na lidské zdraví nebo ostatní složky ekosystémů v případě, kdy jejich koncentrace překročí určitou mez. Hranice mezi esencialitou a toxicitou některých kovů, vyjádřena v koncentracích kovů organismu, může být někdy velmi neurčitá, takže se oblast esenciality a toxicity může dokonce překrývat [1].

V ekotoxikologické terminologii se ustálil pojem *těžké kovy* pro kovy představující riziko pro biotiku. Z hlediska rizik pro organismus jsou jako těžké kovy označovány měď, zinek, kadmium, rtuť, olovo, chrom, nikl, mangan a železo a z polokovů arsen a selen. Je tomu tak na základě dosavadních studií o působení těchto těžkých kovů a jejich sloučenin na organismy a také proto, že výskyt těchto kovů v životním prostředí značně vzrostl antropogenní činností [1].

V životním prostředí se těžké kovy pohybují v geochemických cyklech a v biologických cyklech, jejichž prostřednictvím prostupují do organismů. Produktem některých cyklů může být akumulace kovu v určité části organismu, nebo jeho vazba na jiné látky, s nimiž tvoří z hlediska toxických vlastností nebezpečnější individuum. Antropogenní vstup těžkých kovů do životního prostředí lze omezit, nebo je možné těžké kovy transformovat na látky, které nejsou rizikové. Ideálním omezením antropogenního vstupu těžkých kovů do životního prostředí by pak byla jejich náhrada jinými, vůči životnímu prostředí šetrnými látkami [1].

1 CHARAKTERISTIKA CHROMU A JEHO SLOUČENIN

1.1 Vlastnosti

Chrom je ocelově šedý, lesklý, tvrdý a zároveň křehký kov. Má značně vysoký bod tání (1875 – 1907 °C), avšak vzhledem k tomu ne tak vysoký bod varu (2672 °C). Chrom je nejtvrdějším elementárním kovem a vyznačuje se mimořádně nízkou reaktivitou a vysokou chemickou odolností. Přes svoji značnou chemickou stálost se chrom pomalu rozpouští v neoxidujících kyselinách (chlorovodíková, sírová), zatímco kyseliny s oxidačním účinkem (dusičná) povrch kovu pasivují. Ve sloučeninách se vyskytuje především v mocenství trojmocném (Cr^{III}) a šestimocném (Cr^{VI}), sloučeniny dvojmocné (Cr^{II}) jsou silnými redukčními činidly a za normálních podmínek jsou oxidovány vzdušným kyslíkem na trojmocné [2, 3].

1.2 Výskyt

Chrom byl objeven v roce 1797 Vaquelinem v sibiřském krokoitu a pojmenován podle výrazné barevnosti svých sloučenin. Chrom patří mezi prvky s poměrně značným zastoupením na Zemi i ve vesmíru. V zemské kůře činí průměrný obsah chromu kolem 0,1 - 0,2 g.kg⁻¹. V mořské vodě se jeho koncentrace pohybuje pouze na úrovni 0,05 μg.l⁻¹. Předpokládá se, že ve vesmíru připadají na jeden atom chromu přibližně 3 miliony atomů vodíku [2, 3].

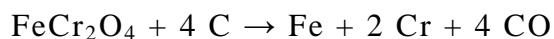
V přírodě se chrom vyskytuje velmi často současně s rudami železa například jako ruda chromit, chemicky podvojný oxid železnato-chromitý $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$. Dalším důležitým minerálem chromu je krokoit, chemicky chroman olovnatý PbCrO_4 . Malá množství chromu přispívají k zabarvení drahokamů smaragdu a rubínu [3].

Největší světové zásoby chromu jsou v Jihoafrické republice, která vyrábí přibližně polovinu veškeré světové produkce tohoto kovu. Dalšími význačnými producenty chromu jsou Kazachstán, Indie a Turecko. Chrom se dostává do životního prostředí především ve formě šestimocné a trojmocné v důsledku přírodních procesů a lidské činnosti. Chrom se dostává

do lidského organismu dýcháním vzduchu, konzumací potravin a vody obsahující chrom [3].

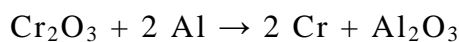
1.3 Výroba

Hlavním postupem metalurgického získávání chromu je redukce chromitu uhlíkem (koksem) ve vysoké peci:



Výsledkem je přitom slitina chromu se železem - ferrochrom, který lze dále přímo používat při legování speciálních ocelí a slitin s obsahem železa a chromu [3, 4].

Výroba čistého chromu je komplikovanější. Nejprve je z chromové rudy působením roztaveného hydroxidu sodného připraven dichroman sodný, který je uhlíkem redukován za vzniku oxidu chromitého. Posledním krokem je redukce oxidu hliníkem nebo křemíkem za vzniku elementárního chromu [3, 4].



1.4 Použití

Největší podíl světové produkce chromu najde využití v metalurgickém průmyslu, především při výrobě vysoce kvalitních ocelí. Chrom je také využíván v chemické, kožedělném průmyslu, používá se při výrobě zrcadel. Významný podíl zaujímá i výroba chromových pigmentů s jejich použitím v barvířství a tiskařském průmyslu, fotografii, při impregnaci dřeva a v mnoha dalších odvětvích. Z hlediska znečišťování životního prostředí nelze pominout využití chromu při galvanické povrchové úpravě kovů [4].

2 VÝSKYT CHROMU V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ

2.1 Půda

Obsah chromu v půdě se pohybuje v širokém rozmezí od stop do hodnot kolem 250 mg.kg^{-1} . Protože je chrom v půdě přítomen převážně ve formě Cr^{III} , ve formě relativně málo vstřebávané rostlinami, je nepravděpodobné ohrožení zdraví člověka i v případě, že zemědělské produkty, které požívá, byly vypěstovány v oblasti nadměrně kontaminované chromem. Rostliny, ve kterých se hromadí železo přijímají obvykle i vyšší množství chromu. K zvýšení obsahu chromu v půdě přispívá používání fosforečných hnojiv [4].

Toxicita chromu se projevuje především sníženými výnosy na silně kontaminovaných půdách. Jeho hodnoty se v půdě zvyšují hlavně v důsledku skládkování spotřebního zboží obsahujícího chrom a chromového odpadu z průmyslu a také v důsledku úniků popílku z elektráren spalujících uhlí. Pohyb chromu v půdě závisí na typu půdy a dalších podmínkách a faktorech souvisejících s životním prostředím [4, 5].

V tabulce (Tab. I) jsou uvedeny maximálně přípustné hodnoty chromu v půdách dle vyhlášky MŽP č. 13/1994 Sb. – rizikové prvky v půdách náležejících do zemědělského půdního fondu [5].

Tab. I. Maximální hodnoty chromu v půdách [5].

Maximálně přípustné hodnoty [mg.kg^{-1}]				
Kov	Výluh 2M HNO_3 (výluh roztokem 2M HNO_3 při poměru půdy k vyluhovačce 1:10)		Celkový obsah (rozklad lučavkou královskou)	
	Lehké půdy	Ostatní půdy	Lehké půdy	Ostatní půdy
Cr	40,0	40,0	100,0	200,0

2.2 Voda

Koncentrace chromu ve vodě řek a jezer se obvykle pohybuje v rozmezí 1 - 10 $\mu\text{g.l}^{-1}$. V mořské vodě se jeho koncentrace pohybuje pouze na úrovni 0,05 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Koncentrace chromu v městských odpadních vodách může dosáhnout hodnoty až 700 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Při neutrálním pH mají přítomné chromité kationy tendenci vytvářet koloidní hydroxidy. Při pH nižším než 5 jsou jeho komplexy relativně stabilní, proto je třeba při analýzách vod stanovovat též celkový obsah chromu, který je zásadně spolehlivějším ukazatelem jeho přítomnosti než stanovení pouze rozpustného chromu [4].

Trojmocný chrom má tendenci vázat se na suspendované částice a proto se dostává do sedimentů. Šestimocný chrom je ve vodě přítomen téměř výhradně ve formě oxoaniontů (CrO_4^{2-} a $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) a delší dobu přetrvává ve vodě pouze v případě, jestliže voda neobsahuje při daném pH látky, které se jimi mohou oxidovat. Přestože původní forma, toxická pro ryby a prvoky, je převážně Cr^{VI} , redukuje se poměrně rychle za přítomnosti nadbytku organických látek na trojmocnou formu. Ačkoli většina chromu nacházejícího se ve vodě se váže na pevné látky a usazuje se na dně, může se jeho malé množství ve vodě rozpustit. Rozpustné chromové sloučeniny mohou ve vodě přetrvat po celá léta, než se usadí na dně. Tato látka se příliš nehromadí v tkáních ryb [4].

V tabulce (Tab. II) jsou uvedeny limitní a cílové hodnoty obsahu chromu v povrchových vodách. Limitní hodnoty představují maximálně přípustnou hodnotu rizika pro lidské zdraví, zvířata, rostliny a ekosystém. Cílové hodnoty představují zanedbatelné riziko [1].

Tab. II. Hodnoty chromu v povrchových vodách [1].

Limitní a cílové hodnoty obsahu chromu v povrchových vodách [$\mu\text{g.l}^{-1}$]				
Kov	celkový obsah		rozpustné formy	
	cílová hodnota	limitní hodnota	cílová hodnota	limitní hodnota
Cr	5,0	20,0	0,5	2,0

2.3 Ovzduší

Koncentrace chromu v ovzduší jsou obecně nízké. Ve volném ovzduší měst se koncentrace chromu pohybuje v rozmezí 10 - 50 ng.m^{-3} , pouze výjimečně byly zjištěny hodnoty vyšší. Roční průměry, které byly zjištěné na monitorovacích stanovištích na venkově, zřídka dosahovaly hodnot 10 ng.m^{-3} . V pracovním prostředí se s rizikem nadměrné expozice chromu setkáváme především při výrobě dichromanu, při použití chromanů v chemickém průmyslu, při výrobě a použití slitin a při galvanickém pokovování, případně jiných technologiích povrchové úpravy kovů [4].

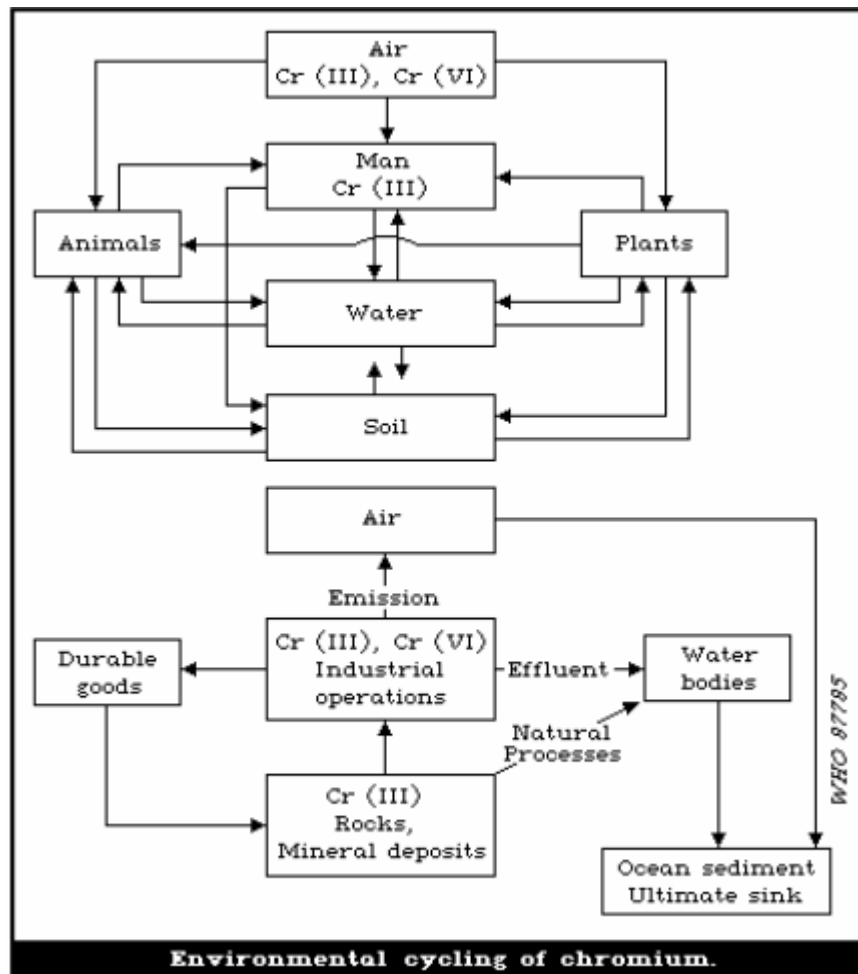
V ovzduší se chromové sloučeniny vyskytují především v jemných prachových částicích, které se usazují na zemi nebo ve vodě. Chrom náleží do dvou skupin kovů podle svého mocenství. Patří do skupiny kovů zahrnující arsen, kobalt, nikl, selen, telur, šestimocný chrom. Pokud je hmotnostní tok emisí všech těchto znečišťujících látek vyšší než 10 g.h^{-1} , nesmí být překročena úhrnná hmotnostní koncentrace 2 mg.m^{-3} těchto znečišťujících látek v odpadním plynu. Druhou skupinou je skupina kovů zahrnující cín, chrom jiný než šestimocný, mangan, měď, olovo, vanad, zinek. Při hmotnostním toku emisí všech těchto znečišťujících látek vyšším než 50 g.h^{-1} nesmí být překročena úhrnná hmotnostní koncentrace 5 mg.m^{-3} těchto znečišťujících látek v odpadním plynu [6, 7].

V tabulce (Tab. III) jsou uvedeny expoziční limity pro chrom v ovzduší pracovišť dle nařízení vlády č. 178/2001 Sb., které stanovuje podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci. Hodnota PEL znamená *přípustný expoziční limit* a hodnota NPK-P udává *nejvyšší přípustnou koncentraci* chemických látek v pracovním ovzduší [6].

Tab. III. Limity chromu v ovzduší pracovišť [6].

Expoziční limity pro chrom v ovzduší pracovišť [mg.m^{-3}]		
chrom	PEL	NPK-P
šestimocný	0,05	0,1
dvojmocný a trojmocný	0,5	1,5

Na následujícím obrázku (Obr. 1) je znázorněn koloběh chromu v životním prostředí [8].



Obr. 1. Koloběh chromu v životním prostředí [8].

2.4 Potraviny

Vzhledem k tomu, že koncentrace chromu v ovzduší a vodě jsou obecně nízké, je běžná populace působení chromu vystavena především konzumací potravin, které ho obsahují. Lidé každodenně požijí malé množství chromu spolu s vodou a jídlem. Většina takto zkonzumovaného chromu za několik dní opustí tělo vyměšováním a do krve se nikdy nedostane. Malé množství (0,4 - 2,1 %) pronikne přes stěvnou stěnu do krve, která tuto látku roznese do celého organismu, v němž chrom přispívá k důležitým funkcím. Pak se chrom dostane do ledvin a za několik dní je vyloučen spolu s močí [6].

Trojmocný chrom se může v potravinách vázat na další sloučeniny, díky nimž se ze žaludku a střev snáze dostane do krve. Obsah chromu v těle dospělého muže je pouze kolem 6 mg. Přesto ho lze najít ve všech tkáních lidského těla. Jídla v plechovkách z nerezové oceli mohou obsahovat vysoké koncentrace chromu a podobně některé kuchyňské náčiní, ze kterého chrom uniká. Nejbohatším přírodním zdrojem chromu jsou pivovarské kvasnice, dále je obsažen ve větším množství např. v otrubách a klíčcích obilnin [6].

2.5 Zdroje znečištění

Možnými zdroji znečištění jsou především odpadní vody z provozů barevné metalurgie, povrchové úpravy kovů, kožedělného a textilního průmyslu. Dalším zdrojem znečištění je používání sloučenin chromu jako antikoročních přísad v chladicích systémech, kde mohou přispívat i ke znečištění volného ovzduší. V těchto lokalitách jsou stížnosti na intenzivní korozi kovových povrchů a poškozování rostlinstva. Poškození rostlinstva bylo zaznamenáno i v okolí složišť průmyslových odpadů. Pro ochranu rostlin je důležité zajištění redukce šestimocného chromu na trojmocný. Zpracovávání kůží, textilní výroba a výroba barviv a pigmentů vede k uvolňování Cr^{III} a Cr^{VI} do vodních toků. Říční vodu mohou chromem znečistit také odpadní vody ze závodů zabývajících se chromováním, ze strojírenství (výroba neželezných slitin, nekorodující oceli) a papírenství [6, 7].

Soli trojmocného chromu v koncentracích, které se vyskytují ve spodních vodách v okolí skládek, nejsou zdraví škodlivé. Nebezpečí spočívá v tom, že pokud pronikne voda do zdrojů pitných vod a tyto jsou desinfikovány oxidačně (ozonem, chlorem apod.), dochází k oxidaci Cr^{III} na Cr^{VI} , který s přítomnými vápenatými solemi vytváří karcinogenní chromové sloučeniny. Tedy nikoliv chrom trojmocný, ale šestimocný, který vznikne jako vedlejší produkt oxidace organických podílů, tvoří velké nebezpečí pro lidské zdraví a život [6].

Osoby pracující v průmyslu zpracovávajícím chrom nebo jeho sloučeniny mohou být vystaveny mnohem vyšším koncentracím chromu. Zdroje vystavení chromu na pracovištích (v závorce je uvedena příslušná forma chromu) se vyskytují v následujících oborech [6]:

- Svařování nerez oceli (Cr^{VI})
- Výroba chromu (Cr^{VI})
- Chromování (Cr^{VI})
- Železochromová výroba (Cr^{III} a Cr^{VI})
- Chromové pigmenty, barviva (Cr^{III} a Cr^{VI})
- Zpracování kůží (Cr^{III})

Další činnosti pracovníků s chromem a chromovými sloučeninami:

- Údržba a obsluha kopírovacích strojů (Cr^{VI})
- Výroba baterií (Cr^{VI})
- Výroba svíček (Cr^{III} a Cr^{VI})
- Výroba gumy (Cr^{III} a Cr^{VI})
- Výroba tiskáren (Cr^{III} a Cr^{VI})

Vysokým koncentracím chromu jsou vystaveni kuřáci, protože tabák obsahuje chrom. Při vdechování vzduchu obsahující chrom se ukládají částičky chromu v plicích. Částičky usazené v horní části plic mohou být vykašlány ven a spolknuty. Ale ty, které zůstaly v dolní části plic, zůstanou déle a část z nich pronikne z plic do krve [6, 7].

Bylo prokázáno, že kuřáci vylučují chrom inhalovaný ve formě aerosolu intenzivněji močí, kde jsou u nich nalézány koncentrace přibližně dvakrát vyšší než u nekuřáků. Částečně lze tento rozdíl vysvětlit obsahem chromu v cigaretách. Rozhodující podíl však znamená zpomalení samočisticí schopnosti plic mukociliárním výtahem. Proto částice obsahující chrom zůstávají v dýchacích cestách kuřáků delší dobu, což může zvyšovat uplatnění jeho karcinogenních účinků [4].

3 TOXICITA CHROMU

3.1 Celkový charakter účinku na organismus

Chrom patří mezi prvky, jejichž toxikologické vlastnosti významně závisí na tom, v jakém mocenství se nacházejí. Toxicita trojmocného a šestimocného chromu je diametrálně odlišná. Zdaleka nejvíce pozornosti bylo z toxikologického pohledu věnováno sloučeninám Cr^{VI} . Výrazný je jeho silný oxidační účinek, dále se uvádí účinek neurotoxický a hepatotoxický, často se mluví také o karcinogenitě. Cr^{III} hraje důležitou úlohu v metabolismu inzulínu. Toxické účinky Cr^{III} mají většinou pouze charakter podráždění a projevují se ve formě alergií. Dvojmocné sloučeniny jsou málo toxické. Elementární kov je považován za prakticky neškodný. Jeho používání do chromových slitin nevede ke zdravotním potížím [4].

3.2 Obraz otravy chromem

3.2.1 U zvířat

U zvířat dýchajících vysoké koncentrace chromu byly pozorovány škodlivé účinky na dýchací ústrojí a snížená obranyschopnost. Některé samice myší, jimž byl perorálně podáván Cr^{VI} , měly menší zárodky mláďat, která se navíc narodila poškozená. U některých myších samců, jimž byl podáván Cr^{III} nebo Cr^{VI} , byl zjištěn nižší počet spermií. Vrozené vady nebo snížený počet spermií se u myší objevily po požití množství chromu, které bylo několika tisíckrát vyšší ve srovnání s běžným denním příjmem chromu u lidí [6].

U bílých myší a krys dochází při styku s chromanem draselným k průjmům a ke změnám srsti. U morčat, která vdechovala $\frac{1}{2}$ - 3 hod. denně po dobu 45 dní páry oxidu chromového, byly zjištěny změny na sliznici dýchacích cest a také degenerativní změny v játrech a ledvinách. Při intravenosní aplikaci je asi $20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ smrtelnou dávkou dichromanu sodného pro králíky a psy. U koček vyvolává vdechování prachu uhličitanu chromitého v koncentraci $58 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ kašel a kýčání [9].

3.2.2 U člověka

Při velmi malých koncentracích Cr^{VI} nastává lehké podráždění nosní sliznice, rýma, kýchání a krvácení z nosu. Při vyšších koncentracích se k těmto příznakům, které probíhají bez bolesti a dělníci jim proto věnují málo pozornosti, připojuje nekrosa jednotlivých míst nosní sliznice, vředy a posléze proděravění chrupavčité části nosní přepážky. Proděravění probíhá obvykle na určitém místě (tzv. locus Kiesselbachi - na toto místo se nejdříve zanese prach při dýchání, není zde hlen a serosní kapalina rozpouští chrom, zakřivení této části napomáhá k zachycování prachu a perforaci). Někdy proces postihuje i Eustachovu trubici a vznikají záněty středního ucha. U dělníků, kteří pracují při chromování, docházelo k perforaci nosní přepážky při koncentracích par chromové kyseliny $0,1 - 5,6 \mu\text{g.l}^{-1}$ [9].

Na obrázku (Obr. 2) jsou zobrazeny 3 fáze postupu onemocnění nosní přepážky, poslední fáze znázorňuje proděravění kruhovým otvorem [10].



Obr. 2. Změny na nosní sliznici a perforace nosní přepážky [10].

Při vdechování mlhy kyseliny chromové byly popsány akutní otravy, kdy byly převážně postiženy dolní cesty dýchací. Prach dichromanu draselného způsobuje závrať, zvracení, mrazení, zrychlení tepu a bolesti v krajině žaludku. Jako projevy chronického účinku se popisují bolesti hlavy, hubnutí, značná náchylnost k zánětlivým a vředovým onemocněním zažívacího traktu. Inhalace prachů Cr^{VI} vyvolává astmatické potíže. Dochází často k poškozování ledvin a jater. Významným antidotem je kyselina askorbová (vitamin C), která slouží k redukci Cr^{VI} na prakticky netoxické nebo málo toxické sloučeniny Cr^{III} [9].

Mezi zdravotně nejzávažnější účinky chromu patří jeho účinky karcinogenní. Již v roce 1890 byl popsán adenokarcinom nosní sliznice a Lehman [4] v roce 1932 popsal první případy rakoviny plic u osob dlouhodobě exponovaných šestimocnému chromu. Jeho pozorování bylo potvrzeno řadou epidemiologických studií. Tyto studie prokázaly, že u dlouhodobě exponovaných pracovníků a v podmínkách relativně vysokých koncentrací byl výskyt zhoubných nádorů plic 5krát až 40krát vyšší ve srovnání s normální populací. Nádor se nejčastěji lokalizuje v pravé plíci. Byl zaznamenán vyšší výskyt zhoubných nádorů i v jiných orgánech, velmi častý je výskyt rakovinných onemocnění zažívacího traktu [4].

Protože některé sloučeniny Cr^{VI} jsou dávány do souvislosti s rakovinou plic u lidí pracujících s chromem, zařadil americký Úřad pro zdraví a služby (Department of Health and Human Services) mezi karcinogeny následující sloučeniny: chroman vápenatý, chroman strontnatý, chroman olovnatý, chroman zinečnatý (žluť zinková), dichroman sodný a oxid chromový. Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (International Agency for Research on Cancer - IARC) označila Cr^{VI} za lidský karcinogen (skupina 1). Naopak sloučeniny Cr^{III} nejsou podle IARC klasifikované jako karcinogenní pro lidi (skupina 3) [6].

3.3 Účinek na kůži

3.3.1 U zvířat

Chrom může mít celkový toxický účinek při vstřebávání kůží. Při každodenním potírání kůže králíků 1 %-ním roztokem kyseliny chromové nebo 2 %-ním roztokem oxidu chromového se zjišťuje prudký pokles na váze, snížení počtu červených krvinek a obsahu hemoglobinu a leukocytosa. Při potírání kůže bílých myší nasyceným roztokem dichromanu vznikl za 7 dní na místě aplikace vřed, hojící se více nebo méně znatelnou jizvou. Aplikace kyseliny askorbové prodlužuje život bílých myší a králíků, otrávených chromem [9].

3.3.2 U člověka

Lokálně působí především chrom šestimocný způsobující toxický zánět kůže vyúsťující v tzv. *chromové vředy* (Obr. 3). Toto poškození však bylo zaznamenáno také v koželužnách, kde se pracuje převážně s chromem trojmocným. Chromany působící na poraněnou kůži (škrábance, oděrky atd.) vyvolávají vředy, zpočátku nebolestivé, dosahující později velice značných rozměrů. Vředy mohou proniknout až ke kosti a vést k otevření kloubů a šlachových pochev. V těchto případech jsou vředy bolestivé a obtížně se hojí. Nejčastější místa výskytu jsou kořeny nehtů, prsty na ruce, meziprstní prostory, předloktí, bérce a obličej. Části těla kryté oděvem jsou postiženy výjimečně. Vedle vředů se pozorují také kožní vyrážky různého druhu (dermatitidy, ekzémy). Jsou známy případy, kdy se vytvářely puchýře, provázené silným svěděním [4].



Obr. 3. Chromové vředy na ruce [4].

Při vyšetřování dělníků byla v 16,5 % zjištěna zvýšená citlivost na chrom. Přecitlivělost může být tak velká, že onemocnění vzniká např. při nošení náramku z chromovaného kovu. Kožní poruchy byly popsány u dělníků v kotelnách nebo u pracujících, kteří používali vody z kotlů, k níž byly přidávány látky proti kotelnímu kameni. Kožní onemocnění vznikají obvykle po určitém latentním období. Chrom se vstřebává kůží a má celkový účinek. Bylo popsáno 12 smrtelných případů při použití masti, která obsahovala chromany místo síry. V těchto případech byl chrom zjištěn v krvi, v moči a ve stolici [9].

3.4 Pronikání do organismu, rozmístění a vylučování

Chrom se nachází ve tkáních lidských plodů i novorozenců. Od narození jeho obsah klesá s přibývajícím věkem ve všech orgánech s výjimkou plic, ve kterých od 10. roku života je zaznamenáván mírný vzestup jeho obsahu. Zmíněný vzestup je zřejmě důsledkem depozice inhalovaného chromu. Chrom se nachází v orgánech a tkáních člověka a zvířat. Největší množství bývá u lidí ve vlasech a nehtech, u zvířat v srsti a kopytech. Nejvyšší hodnoty chromu byly nalezeny ve vlasech (200 - 2000 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$). U lidí žijících v průmyslových oblastech USA byly zjištěny v plicích hodnoty kolem 700 μg , v játrech 270 μg a v ledvinách 90 μg na kilogram čerstvé tkáně. V jiných oblastech byly hodnoty podstatně nižší. Koncentrace v krvi se obvykle pohybuje mezi 20 - 30 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. U člověka se z trávicího ústrojí vstřebává méně než 1 % trojmocného a kolem 2 % šestimocného chromu. Zvýšené vstřebávání bylo pozorováno u pacientů postižených achylií, kde šlo o snížení produkce žaludeční šťávy [4].

Vstřebávání po expozici inhalační cestou je nejlépe prostudováno u svářečů při práci s nerezavějící ocelí obsahující 18 - 26 % chromu. Zvýšené vylučování chromu močí po ukončení směny svědčí pro jeho rychlé vstřebávání. Při vnitřní aplikaci se v akutních pokusech chrom ukládá hlavně v játrech, ledvinách a endokrinních žlázách. Při chronické otravě se ukládá i v srsti, drápech a zubech [4].

3.5 První pomoc, léčení a preventivní opatření

Při práci s chromem je velmi důležitým preventivním opatřením přísné dodržování zásad osobní hygieny včetně používání předepsaných ochranných pomůcek. I drobná poranění rukou a předloktí je nutno řádně vyčistit a vhodným obvazem chránit před vniknutím prachu či roztoků obsahujících chrom. U pracujících s inhalační expozicí se doporučuje pokrýt nosní sliznici zinkovou nebo borovou vazelínou. Základem prevence alergických onemocnění je vyloučení uchazečů s alergickou dispozicí v anamnéze již při vstupních prohlídkách [4, 9].

Jako prevence chromových vředů se doporučuje mast obsahující 10 %-ní $\text{Na}_2\text{Ca EDTA}$ nebo 10 %-ní roztok kyseliny askorbové. Dále se kožní vředy léčí excesí nekrotických částí, zasypaním thiosíranem sodným a ozařováním horským sluncem. Při astmatických záchvatech se používá atropin, adrenalin a chlorid draselný. Kůže na ruku se má při práci potírat mastí ze třech dílů parafinu a jednoho dílu lanolinu s přísadou fenolu jako antiseptika. Po práci je třeba ruce omýt 5 %-ním roztokem thiosíranu sodného, nebo 10 %-ním roztokem sířičitanu. Bývají doporučovány preventivní lékařské prohlídky při výrobě kyseliny chromové a jejích solí jednou za 6 měsíců a navíc vyšetření odborným lékařem krčním jednou za měsíc [4, 9].

3.6 Přirozené snižování kontaminace

Proces *přirozeného snižování kontaminace* je definován jako souhrn dějů přirozeně se vyskytujících v životním prostředí, které bez lidského zásahu vedou k omezení množství, koncentrace nebo toxicity kontaminantů. Nejvýznamnější z těchto procesů jsou degradace, disperze, ředění, sorpce, těkání a chemická nebo biochemická stabilizace kontaminantů [11].

Sloučeniny Cr^{VI} jsou významnými průmyslovými produkty používanými v řadě procesů. Na mnoha lokalitách dochází k únikům sloučenin chromu v důsledku netěsnosti nebo špatného způsobu skladování a používání. Výzkumy ukazují, že silně toxický Cr^{VI} se může rozumnou rychlostí redukovat organickými látkami přítomnými v podzemní vodě nebo zemině. Na lokalitách kontaminovaných Cr^{VI} (zpravidla dobře rozpustný) bývá obvyklým způsobem sanace odtěžení nebo odčerpání podzemní vody. Při sanačním čerpání je obvykle snadno odstraněn určitý podíl Cr^{VI} , zatímco zbytek je silně vázán k zemině a čerpání podzemní vody je neúčinné [11].

Pokud je Cr^{VI} přítomen v zemině nebo podzemní vodě za slabě alkalických, neutrálních nebo slabě kyselých podmínek, potom dochází k jeho redukci na Cr^{III} , který obvykle vzniká v málo rozpustné formě a jehož nebezpečnost je ve srovnání s Cr^{VI} podstatně nižší [11].

4 PRŮMYSLOVÁ ODVĚTVÍ

Použití chromu a jeho sloučenin je velmi široké a zasahuje do mnoha průmyslových odvětví - strojírenská výroba, elektrotechnika, stavebnictví, kožedělný, chemický, hutní, textilní, sklářský a keramický průmysl [7].

4.1 Kožedělný průmysl

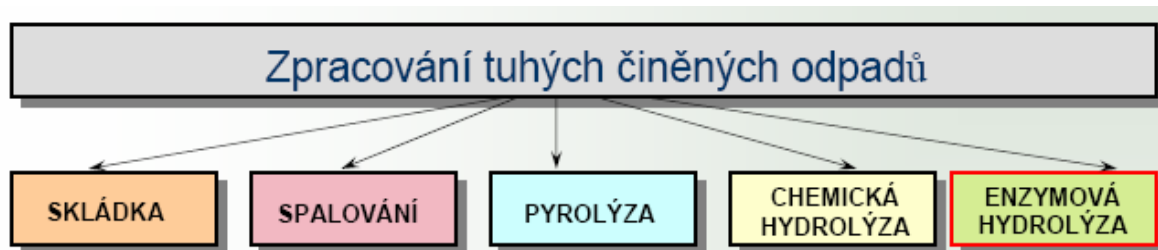
Kožedělný průmysl představuje z hlediska použití sloučenin chromu významný podíl především pro vysokou roční spotřebu chromu. Useň zpracovávaná činěním solemi chromu vykazuje vyšší odolnost proti vlhkosti, vyšším teplotám a jiným vlivům, než useň vyčiněná jiným způsobem. Knapp [12] roku 1858 poprvé popsal činící vlastnosti chromitých solí [7, 12].

V kožedělném průmyslu vzniká celá řada různých odpadů, které mohou být inertní, biologicky rozložitelné i nebezpečné. Pevný koželužský odpad je dělen na nečiněný, činěný a odpad usní s povrchovou úpravou. Nečiněný odpad, který se zpracovává na želatinu nebo kliš, není hlavním problémem kožedělného průmyslu. Hlavním problémem je odpad činěný, zejména chromočiněný (Obr. 4). Tento odpad je považován za nebezpečný [13].



Obr. 4. Haldy tuhých chromočiněných odpadů (postružin) [14].

Proto je nutné chromočiněné koželužské odpady vhodným způsobem zpracovat. Na obrázku (Obr. 5) jsou znázorněny hlavní možnosti zpracování tuhých chromočiněných odpadů [14].



Obr. 5. Možnosti zpracování tuhých chromočiněných odpadů [14].

Prvním způsobem je *skladování* chromočiněného odpadu, ale poplatky za skladování dnes dosáhly v Evropě 40 EUR za tunu. Další možný způsob řešení chromočiněných odpadů je *spalování*, jehož výhodou je, že chromitý odpad má vysoký podíl organické báze, která při hoření produkuje využitelné teplo. Nevýhoda spočívá v tom, že popel obsahuje karcinogenní chroman vápenatý, je tedy toxickým odpadem. Musí se zabezpečit dokonalé oddělení tuhých částic od kouřových plynů a uložení popela jako vysoce nebezpečného odpadu. Další možností zpracování je *pyrolýza*, což je rozklad chromitých postružin vysokými teplotami bez přístupu vzduchu, kde vznikají kapalné, plynné a tuhé produkty. V současné době je předmětem výzkumu a prozatím nenašla praktického uplatnění [13].

Chemická hydrolyza probíhá buď v kyselém nebo alkalickém prostředí za zvýšeného tlaku a teploty. Konečným produktem je roztok bílkoviny (tzv. hydrolyzát glutinu). Nevýhodou je produkce proteinu znečištěného rozpustnými solemi a relativně vysoký obsah chromu v bílkovinném hydrolyzátu. V současné době je v popředí zájmu *enzymová hydrolyza*, jejíž hlavní výhodou jsou mírné reakční podmínky dané maximální teplotou 80 °C, alkalitou směsi při pH v rozmezí 8 - 9 a atmosférickým tlakem. Umožňuje řídit proces podle specifických aplikací a to jednak složením reakční směsi a jednak přesným dávkováním enzymu v daných časových intervalech [13, 14].

4.2 Strojírenská výroba

Použití chromu ve strojírenské výrobě je v porovnání s ostatními průmyslovými odvětvími nejrozšířenější. Strojírenská výroba zahrnuje procesy jako chromování, pasivace, fosfatizace, chromátování a další. *Chromování* je proces chemické úpravy povrchů. Jde o elektrochemické pokovování v roztocích dichromanu draselného, oxidu chromového nebo jejich směsí. Účelem procesu je zvýšení ochrany proti atmosférické korozi materiálů. *Pasivace* je způsob chemické úpravy povrchu, kterou se zvyšuje odolnost kovů proti korozi. Používá se především jako mezioperace před další úpravou povrchu (např. před lakováním) [7].

4.3 Slévárenství

Chrom se v rozličných formách používá jako přísada pro výrobu oceli a některých slitin. Nejběžnější je použití ferrochromu jako legovací přísady pro výrobu šedé litiny, dále pro zušlechťování ocelí a chromniklových slitin. Dávkování probíhá v procesu tavení, rozhodující jsou emise chromu do ovzduší. Případná emise do vody je možná pouze dešťovými vodami ze slévárenských areálů. Vzhledem k vodnému prostředí je slévárny možno chápat jako difúzní zdroj znečištění [7].

4.4 Textilní průmysl

Chromová barviva jsou kyselá barviva, která se používají v kombinaci s dichromanem draselným výhradně k barvení vlny. Dichroman má tu funkci, že interakcí s materiálem se zredukuje na chromitou sůl, která fixuje barvivo a současně dodává vybarvení patřičnou stálobarevnost. Dále se používají tzv. kovokomplexní barviva, které mají chrom komplexně vázaný ve své molekule, používají se k barvení vlny nebo polyamidu v kyselém prostředí za přítomnosti neutrální soli a egalizačního činidla. Obarvená textilie se po skončení životnosti stává součástí komunálního odpadu [7].

4.5 Chemický průmysl

Sloučeniny chromu (hlavně oxidy) jsou používány k výrobě nátěrových hmot. Podniky v České republice používají chrom při výrobě nátěrových hmot, pigmentů a barvení smaltů. Pigment (oxid chromitý) se používá k probarvování nátěrů. Pigmenty na bázi šestimocného chromu se již nepoužívají. Při aplikaci do rozpouštědlových nátěrových hmot nehrozí únik do odpadních vod. Při aplikaci do vodou ředitelných hmot může být pigment součástí odpadních vod [7].

4.6 Sklářský a keramický průmysl

Chromové sloučeniny se ve sklářství používají výlučně k barvení zeleného obalového skla. Přídavek chromu do sklářského kmene závisí na použité surovině. Běžnou surovinou je chromová ruda - chromit $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$. K barvení užitkového skla se používá nejčastěji dichroman draselný nebo dichroman barnatý. Ve skle je chrom přítomen v podobě Cr^{III} i Cr^{VI} . V keramickém průmyslu jsou sloučeniny chromu součástí barvítek, které jsou používány pro barvení a dekoraci keramických výrobků [7].

V tabulce (Tab. IV) jsou uvedeny emisní standardy do vodného prostředí dle nařízení vlády č. 61/2003 Sb., přípustné hodnoty jsou specifikovány pro některá průmyslová odvětví [7].

Tab. IV. Emisní standardy pro vypouštění do vodného prostředí [7].

Průmyslové odvětví	Přípustná hodnota [$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$]	
	Chrom celkový	Chrom šestimocný
Textilní průmysl	0,5	0,3
Povrchová úprava kovů	0,5	0,1
Koželužny s chromočiněním	1,0	-
Barevná metalurgie	0,5	-

5 TROJMOCNÝ CHROM - STOPOVÝ PRVEK

Chrom je esenciální stopový prvek potřebný pro normální metabolismus cukrů, tuků a bílkovin. Hraje velmi důležitou roli v regulaci glukózy. Po každém jídle se glukóza vstřebává do krve a způsobuje vylučování inzulínu slinivkou břišní. Inzulín má za úkol urychlit vstřebání, ukládání a využití tohoto cukru v téměř všech tělních tkáních, především však v játrech a svalové hmotě. Napomáhá ukládání glukózy v játrech ve formě glykogenu. Prakticky ve stejné míře, v jaké ovlivňuje metabolismus cukrů, postihuje inzulín i metabolismus tuků a bílkovin [15].

Chrom jako takový má na inzulín zanedbatelný efekt. Ve své biologicky aktivní formě (GTF chrom) mu však pomáhá navázat se na receptory uložené v buněčné membráně. Aktivovaný inzulín pak usnadňuje metabolismus cukrů a bílkovin tím, že transportuje molekuly cukru a životně důležitých aminokyselin do nitra buňky. Nedostatek GTF chromu může tento proces *ochromit* a způsobit poruchy ve fungování organismu. Mezi procesy ovlivněné chromem patří [15]:

- metabolismus glukózy
- stav energie
- tělesná váha
- stresové reakce
- chod srdce
- hladina cholesterolu v krvi

5.1 Historie a GTF chrom

Přestože byl chrom objeven již před více než dvěma sty lety, jeho nezbytnost pro člověka byla prokázána až v roce 1959. Dříve vědci uměli využívat chrom ke stimulaci nebo potlačení systémů enzymů ve zkumavce. Výzkumníci věděli, že se děje něco důležitého, ale podrobnosti byly nejasné. Průlom přišel, když doktor Walter Mertz [15] vypožoroval, že potrava chudá na chrom způsobuje u laboratorních zvířat prudké zhoršení schopnosti přeměny glukózy [15].

Uznání důležitosti chromu vedlo k objevu *faktoru tolerance glukózy* (GTF), souboru organického chromu, který je zodpovědný za vazbu inzulínu na místa receptce buněčných membrán. GTF je tvořen chromem, niacinem a několika aminokyselinami. Niacin je jeden ze skupiny B-vitaminů, známý jako B₃, který na sebe váže chrom v jeho biologicky aktivní podobě. Mertz [15] zjistil, že tato sloučenina niacinu a chromu je součástí pivních kvasnic. Je velký rozdíl mezi GTF chromem a anorganickým chromem. GTF chrom pomáhá svým působením glukóze pronikat do buněk, vstřebává se lépe než běžné sloučeniny chromu, dostane se lépe ke speciálním tělním tkáním. Lidské tělo není schopno převést anorganický chrom do této biologicky aktivní podoby [15].

5.2 Příčiny nedostatku chromu

Nízký obsah chromu v zemědělské půdě způsobuje, že rostlinná výživa není jeho dobrým zdrojem. Forma, ve které se chrom vyskytuje v kořenech rostlin, se obtížně dostává do lodyh a listů. Chrom se neakumuluje na žádném stupni biologického cyklu z půdy na rostlinu a na živočichy. Pekařské výrobky z bílé mouky jako sušenky, chleba a těstoviny neobsahují dostatek chromu. Osmdesát a více procent je odstraněno při mletí, což je proces, který přetváří celá zrna na upravenou mouku. Komerční zacházení s potravinami při přípravě na konzervaci a zmrazení (okrajování, louhování, přidávání konzervačních činidel nebo vaření) vede k významným ztrátám chromu [15].

Malé množství chromu ve stravě není jedinou příčinou jeho nedostatku. Existuje mnoho faktorů, které působí jako protilátky chromu. Mezi faktory způsobující nedostatek chromu patří znečištěné ovzduší, emocionální stres, fyzický stres (horko, chlad a cvičení), změna v hormonální rovnováze (hlavně cukrovka a nízká hladina glukózy) opakované těhotenství, věk a přemíra železa nebo zinku ve stravě [15].

5.3 Chrom ve stravě

Nejznámějším zdrojem chromu jsou pivní kvasnice. Ve významných množstvích se chrom také nachází v jaterních a ledvinových tkáních savců, v otrubách a klíčcích obilnin (s výjimkou kukuřice a žita). Chrom se v nižším množství vyskytuje v melase, jablečných slupkách, švestkách, v některých měkkých, houbách, víně a v černém pepři. Nevýznamné množství se nachází ve většině ovoce a zeleniny. Chrom se nachází v těle ryb, ale hromadí se hlavně v kůži, kostech, játrech a ledvinách, tedy v částech, které lidé normálně nekonzumují [15].

Vaječný žloutek je bohatý na chrom, obsahuje však formu jednoduchého chromu, která je špatně vstřebatelná. Potraviny s obsahem absorbovatelného chromu jsou buď vysoce upravovány, nebo se jedná o pokrmy, které se dnes běžně nekonzumují. Navíc přílišné tepelné zpracování potravin pomáhá vytvářet komplex nesnadno vstřebatelného chromu. Konzumace potravy bohaté na chrom za účelem dosažení jeho požadované hladiny není v dnešní době zrovna nejschůdnější cestou. Mnoho lékařů se u svých pacientů nespolehá na potravu bohatou na chrom, ale spíše na doplňkový příjem chromu [15].

5.4 Doplňkový příjem chromu

Chrom se stal dostupným v doplňkové formě po objevu doktora Mertze v roce 1959. Zpočátku se přípravky skládaly z jednoduchých *anorganických solí chromu*, biologická aktivita těchto výrobků byla prakticky nulová. Později se objevily chromové doplňky v podobě aminokyselinového komplexu *chelátového chromu*. Tyto aminokyselinové cheláty učinily v doplňcích chromu zásadní obrat tím, že zvýšily absorpci [15].

Dalšími doplňky chromu byly doplňky na bázi *kvasnic*. Přestože jsou pivní kvasnice nejbohatším zdrojem GTF chromu, obvykle neobsahují více než 2 mikrogramy chromu na gram kvasnic a ani polovina z tohoto množství není biologicky aktivní GTF chrom. Dalším doplňkem stravy je *pikolinát chromu*, v němž je chrom vázaný na kyselinu pikolinátovou. Je to nový

výrobek, kterému se v lékařské literatuře ještě nedostalo přílišného vědeckého ocenění. Nejžádanějším doplňkovým příjmem je *polynikotinát chromu*, který se skládá z chromu vázaného na kyselinu nikotinovou (niacin). Chemická a biologická účinnost polynikotinátu chromu je stejná jako účinnost přirozeně se vyskytujícího GTF chromu. Oddělení stravy a výživy národní rady pro výzkum v USA vydalo denní doporučené dávky chromu (Tab. V) [15].

Tab. V. Denní doporučené dávky chromu [15].

Doporučené dávky chromu [$\mu\text{g}\cdot\text{den}^{-1}$]		
Děti	1 - 3 roky	20 - 80
	4 - 6 let	30 - 120
	7 - 10 let	50 - 100
	11 - 17 let	50 - 200
Dospělí	18 a více let	50 - 200

5.5 Chrom - stabilizátor cukru v krvi

Diabetes mellitus (úplavice cukrová) je nemoc, při níž hladina cukru v krvi překračuje normál. Nemoc je charakterizována neschopností plně využít glukózu jako zdroj energie, běžně je nazývána cukrovka s ohledem na skutečnost, že porucha metabolismu inzulínu způsobuje výskyt cukru v moči. Existují dva typy cukrovky, *diabetes typu I*, kdy je nemocný závislý na podávání inzulínu, bývá způsobena poruchou funkce téměř všech pankreatických buněk typu B. Další je *diabetes typu II*, kdy nemocný není závislý na inzulínu [15].

Žádná skupina lidí není tak citlivá na nedostatek chromu jako diabetici. Během prvních čtyřadvaceti hodin od podání větší perorální dávky vstřebá jejich organismus dvakrát až čtyřikrát větší množství tohoto stopového prvku než organismus lidí s fungujícím metabolismem cukrů. Chrom je zodpovědný za podstatné snížení nezbytné denní dávky u diabetiků typu I, za nápravu poruch tolerance ke glukóze a redukci hladiny cholesterolu v krvi [15].

Když je naopak hladina cukru (glukózy) v krvi příliš nízká, nastává *hypoglykemie*. Zvýšená činnost inzulínu může po podání chromových doplňků zmírnit její příznaky. Byla prokázána adaptogenická schopnost chromu. Adaptogeny jsou látky, které pomáhají nepřímo normalizovat tělesné funkce, příznivě účinkují na nevyrovnané reakce. Chrom má tendenci snižovat hladinu krevního cukru u osob se zvýšenými hodnotami glukózy a zvyšovat krevní cukr u osob se sníženou hladinou glukózy [15].

5.6 Chrom pro zvýšení energie

Lidské tělo si vytváří energii z potravy. Potrava poskytuje tři hlavní zdroje energie: cukry, tuky a bílkoviny. Převážná část potravy se přemění v glukózu. Hladina glukózy v krvi se po jídle zvedá a převyšuje potřeby lidského těla. Játra fungují jako skladovací a zásobovací středisko a mají schopnost odstranit přebytečné množství glukózy z krve - množství, které není bezprostředně důležité pro energii. Nadbytečné dávky glukózy játra přeměňují na glykogen, aby se krevní hladina mohla usadit na normálu [15].

GTF chrom společně s inzulínem usnadňují metabolismus glukózy. Když je hladina glukózy v krvi zvýšená a energetické požadavky minimální, skladuje se glukóza v játrech v podobě glykogenu. Když narostou energetické požadavky, rozštěpí se glykogen opět na glukózu, která se spaluje na energii. Výzkumníci ministerstva zemědělství Spojených států [15] dokázali, že pomocí inzulínu s GTF chromem se glukóza rychle dostává do buněk, kde je přeměněna na energii [15].

5.7 Hubnutí s chromem

Informace o kolísání hladiny krevního cukru se přenáší nervovými cestami do mozku, kde jsou vnímány jako neodolatelný hlad nebo chuť na sladké (hladina krevního cukru je nízká), nebo naopak jako pocit nasycení (hladina krevního cukru je vysoká). Zvýšený přísun chromu stabilizuje hladinu cukru v krvi, zásobuje mezi jinými centrum hladu a sytosti, které se nachází v mozgovém podvěsku a potlačuje tak náhlé pocity hladu a chuti na sladké. Nebezpečí chromového deficitu hrozí obzvláště

lidem s nadváhou. Chrom není prostředek na zhubnutí, ale přirozený nástroj k vyrovnání biologické nerovnováhy vyvolávající hlad a chuť na sladké, které bývají nejčastějšími příčinami nadváhy [15].

5.8 Chrom pro uvolnění stresu

Jakmile je vyslán signál, začne stresová reakce probíhat na úrovni středního mozku. Odraz, vjem nepříjemné situace putuje z kortikální vrstvy do hlubších partií mozku. Jednou z nejdůležitějších je *hypothalamus*, který dokáže vyslat varovné signály během krátkého okamžiku. Stres zvyšuje energetické nároky. Při stresu je nejdůležitějším zdrojem energie glukóza. Funkce centrální nervové soustavy a svalstva na ní v této chvíli závisí. Nervosvalová aktivita je životně důležitá při vzniku a kontrole chování, kterým lidé reagují na stres. Jednoduchým zvyšováním cukru v krvi jsou lidé schopni zmírňovat stresové situace jako vztek, úzkost, deprese, strach, pocit viny a žárlivost. GTF chrom dokáže za jistých podmínek přesně tohle. Užití GTF chromu k redukci stresu je založeno na jeho schopnosti překonat inzulínovou rezistenci nebo posílit účinky inzulínu a tím také v důsledcích normalizovat metabolismus glukózy [15].

5.9 Chrom a nemoci srdce

Podávání chromu může mít příznivé účinky na vysoký krevní tlak, srdeční arytmií a jiné pro kardiovaskulární systém rizikové faktory (obezita, užívání hormonální antikoncepce). Hladina chromu u lidí trpících nemocemi věnčitých tepen bývá nižší než u zdravých jedinců. Chrom snižuje pravděpodobnost tvorby usazenin v cévách tím, že redukuje množství cholesterolu obsahujícího lipoproteiny s nízkou hustotou (LDL cholesterol) a zvyšuje množství cholesterolu obsahujícího lipoproteiny o vysoké hustotě (HDL cholesterol). LDL cholesterol podporuje vznik arteriosklerózy, naopak HDL cholesterol proti ní organismus chrání. Při pitvách bylo zjištěno, že aorty lidí, kteří zemřeli na arteriosklerózu, obsahovaly velmi malá množství chromu. Nízké koncentrace chromu ve vlasovém porostu a v krvi lze vyzpozorovat u lidí s kardiovaskulárními poruchami [15].

ZÁVĚR

Chrom je jedovatý kov patřící do skupiny toxických kovů, které mají výrazný škodlivý účinek na lidské zdraví a ostatní složky ekosystémů. Chrom společně s manganem představují prvky, u nichž hraje významnou roli mocenství, ve kterém se nacházejí. Sloučeniny šestimocného chromu jsou oxidační činidla zodpovědné za vysokou toxicitu, uvádí se účinek neurotoxický, hepatotoxický a mluví se o karcinogenitě. Toxické účinky trojmocného chromu mají většinou pouze charakter podráždění a projevují se ve formě alergií. Cr^{III} je navíc stopový prvek, který ovlivňuje metabolismus glukózy, stav energie, tělesnou váhu, stresové reakce, chod srdce a hladinu cholesterolu v krvi. Dvojmocné sloučeniny chromu a elementární kov jsou považovány za neškodné [4, 7, 16].

V jednotlivých složkách životního prostředí může docházet buď k oxidaci trojmocného chromu, nebo naopak k redukci šestimocného chromu. Zatímco oxidace Cr^{III} je jevem nevídaným, redukce Cr^{VI} je procesem žádaným. K oxidaci může docházet ozonem, kyslíkem či chlorem. Redukce probíhá zpravidla za přítomnosti železnatých iontů, huminových látek nebo za přítomnosti sulfidické síry [7, 11, 14].

Koncentrace chromu v ovzduší a ve vodě jsou obecně nízké. Komplikovanější je situace na pracovištích, kde se pracuje s chromem (hutní provozy, galvanizovny, koželužny, apod.). Zde je koncentrace chromu v ovzduší vyšší a pracovníci musí dodržovat preventivní opatření. Do vodného prostředí se chrom může dostávat vypouštěním odpadních vod z těchto provozoven. V půdě se hodnoty chromu zvyšují hlavně v důsledku chromového odpadu z průmyslu a úniků popílku z elektráren spalujících uhlí [6].

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] FARA, M. : *Výzkum modelů pro šíření emisí znečišťujících látek* [on-line]. [cit. 2006-05-18]. Dostupný z www:
<http://www.chmi.cz/uoco/prj/vav_740_4_03/vav740403dp13r04.pdf>
- [2] REMY, H. : *Anorganická chemie II*. Praha, Státní nakladatelství technické literatury, 1962.
- [3] *Otevřená encyklopedie látek* [on-line]. [cit. 2006-05-18]. Dostupný z www:
<<http://www.wikipedie.cz>>
- [4] BENCKO, V.; CIKRT, M.; LENER, J. : *Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověk*. Praha, Grada 1995.
- [5] *Ministerstvo životního prostředí – kontaminace půd* [on-line]. [cit. 2006-03-16]. Dostupný z www:
<[http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/\\$pid/MZPKHFDS280R](http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/$pid/MZPKHFDS280R)>
- [6] *Budoucnost bez jedů* [on-line]. [cit. 2006-05-18]. Dostupný z www:
<<http://bezjedu.arnika.org/chemicka-latka.shtml?x=596461>>
- [7] *Programy pro jednotlivé relevantní nebezpečné látky – Chrom a jeho sloučeniny* [on-line]. [cit. 2006-05-18]. Dostupný z www:
<[http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/\\$pid/MZPLSF4H1VU6/](http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/$pid/MZPLSF4H1VU6/)>
- [8] *Pojednání k disertační práci – Problematika SPE mikrokoncentrací molybdenu, vanadu a chromu* [on-line]. [cit. 2006-06-06]. Dostupný z www:
<<http://www.fch.vutbr.cz/%5C/minimovky/martynkova.pdf>>
- [9] LAZAREV, N.V. : *Chemické jedy v průmyslu*. Praha, Státní zdravotnické nakladatelství, 1959.
- [10] KUBELKA, V. : *Soli chromu v koželužství*. Brno, Čs. společnost koželužských chemiků, 1938.
- [11] *Dekontaminační technologie* [on-line]. [cit. 2006-05-20]. Dostupný z www:
<<http://www.vscht.cz/uchop/CDmartin/9-priroz/>>

- [12] *Studie k referenčnímu dokumentu BAT pro koželužský průmysl* [on-line].
[cit.2006-05-20]. Dostupný z www:
<<http://www.enviro.gov.sk/servlets/files/9213>>
- [13] DVOŘÁČKOVÁ, M. : *Deproteinace chromitých kalů při jejich recyklaci*, disertační práce, Univerzita Tomáše Bati, Fakulta technologická, 2004.
- [14] JANÁČOVÁ, D. : *Řízení enzymové hydrolýzy*, habilitační přednáška. Technická univerzita Ostrava, 2002.
- [15] KAMEN, B. : *Chrom je pro vás důležitý*. [z anglického originálu přeložila Tereza Frýbortová]. Praha, Pragma, 2000.
- [16] KUPEC, J. : *Toxikologie*. Zlín, Univerzita Tomáše Bati, 2004.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Cr^{II} Chrom dvojmocný.

Cr^{III} Chrom trojmocný

Cr^{VI} Chrom šestimocný

MŽP Ministerstvo životního prostředí

EDTA Kyselina ethylendiamintetraoctová

GTF Faktor tolerance glukózy

LDL Lipoproteiny o nízké hustotě (LDL cholesterol)

HDL Lipoproteiny o vysoké hustotě (HDL cholesterol)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Koloběh chromu v životním prostředí [8].	14
Obr. 2. Změny na nosní sliznici a perforace nosní přepážky [10].	18
Obr. 3. Chromové vředy na rukou [4].	20
Obr. 4. Haldy tuhých chromočiněných odpadů (postružin) [14].	23
Obr. 5. Možnosti zpracování tuhých chromočiněných odpadů [14].	24

SEZNAM TABULEK

Tab. I. Maximální hodnoty chromu v půdách [5].	11
Tab. II. Hodnoty chromu v povrchových vodách [1].	12
Tab. III. Limity chromu v ovzduší pracovišť [6].	13
Tab. IV. Emisní standardy pro vypouštění do vodného prostředí [7].	26
Tab. V. Denní doporučené dávky chromu [15].	30

