



ЗРГИМ

**X СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ СО
МЕЃУНАРОДНО УЧЕСТВО**

ПОДЕКС – ПОВЕКС '17

**03 ÷ 05. 11. 2017 година
Охрид**

**ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА
ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ**

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ



ОРГАНИЗАТОР:

**ЗДРУЖЕНИЕ НА РУДАРСКИТЕ И ГЕОЛОШКИТЕ
ИНЖЕНЕРИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА**

www.zrgim.org.mk



КООРГАНИЗАТОР:

**УНИВЕРЗИТЕТ “ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” - ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ
ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО**

НАУЧЕН ОДБОР:

Проф. д-р **Зоран Десподов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Зоран Панов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Дејан Мираковски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Тодор Делипетров**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Благој Голомеов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Орце Спасовски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Доц. д-р **Стојанче Мијалковски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Слободан Вујиќ**, Рударски Институт, Белград, Р. Србија.
Проф. д-р **Милорад Јовановски**, УКИМ, Градежен факултет, Скопје, Р. Македонија;
Проф. д-р **Витомир Милиќ**, Технички факултет во Бор, Р. Србија;
Проф. д-р **Радоје Пантовиќ**, Технички факултет во Бор, Р. Србија;
Проф. д-р **Ивица Ристовиќ**, РГФ, Белград, Р. Србија;
Проф. д-р **Раде Токалиќ**, РГФ, Белград, Р. Србија;
Проф. д-р **Војин Чокорило**, РГФ, Белград, Р. Србија;
Проф. д-р **Владимир Павловиќ**, РГФ, Белград, Р. Србија;
Проф. д-р **Божо Колоња**, РГФ, Белград, Р. Србија;
Проф. д-р **Јоже Кортник**, Факултет за природни науки и инженерство, Љубљана, Словенија;
Проф. д-р **Јакоб Ликар**, Факултет за природни науки и инженерство, Љубљана, Словенија;
Проф. д-р **Верослав Молнар**, БЕРГ Факултет, Технички Универзитет во Кошице, Р. Словачка;
Проф. д-р **Петар Атанасов**, Мино-геолошки Универзитет, Софија, Р. Бугарија;
Проф. д-р **Венцислав Иванов**, Мино-геолошки Универзитет, Софија, Р. Бугарија;
Проф. д-р **Петар Даскалов**, Научно – технички сојуз за рударство, геологија и металургија, Софија, Р. Бугарија;
д-р **Кремена Дедељанова**, Научно – технички сојуз за рударство, геологија и металургија, Софија, Р. Бугарија;
м-р **Саша Митиќ**, Рударски Институт, Белград, Р. Србија.

ОРГАНИЗАЦИОНЕН ОДБОР:

Претседател:

Проф. д-р **Дејан Мираковски**, УГД, ФПТН, Штип.

Потпретседатели:

Доц. д-р **Стојанче Мијалковски**, УГД, ФПТН, Штип;
Драган Димитровски, ДИТИ, Скопје;
Митко Крмзов, Еуромакс Ресурсис, Струмица.

Генерален секретар:

м-р **Горан Сарафимов**, ЗРГИМ, Кавадарци.

ЧЛЕНОВИ НА ОРГАНИЗАЦИОНИОТ ОДБОР:

Митко Крмзов, Еуромакс Ресурсис, Струмица;
Мице Тркалески, Мермерен комбинат, Прилеп;
Зоран Костоски, Мраморбјанко, Прилеп;
Шериф Алиу, ЗРГИМ, Кавадарци;
Филип Петровски, Минерал проект, М. Каменица;
Драган Димитровски, ДИТИ, Скопје;
м-р **Драги Пелтечки**, Еуромакс Ресурсис, Струмица
м-р **Љупче Ефнушев**, Министерство за економија, Скопје;
м-р **Горан Сарафимов**, ЗРГИМ, Кавадарци.
м-р **Кирчо Минов**, Рудник за бакар “Бучим”, Радовиш;
м-р **Зоран Богдановски**, АД ЕЛЕМ, РЕК Битола, ПЕ Рудници, Битола;
м-р **Борче Гоцевски**, Рудник “САСА”, М. Каменица;
м-р **Благоја Георгиевски**, АД ЕЛЕМ, РЕК Битола, ПЕ Рудници, Битола;
м-р **Сашо Јовчевски**, ЗРГИМ, Кавадарци;
м-р **Горан Стојкоски**, Рудник “Бела Пола”, Прилеп;
м-р **Костадин Јованов**, ЗРГИМ, Кавадарци;
м-р **Трајче Бошевски**, Рудпроект, Скопје;
Ненад Лазаровски, ДУНА Скопје;
Чедо Ристовски, Рудник “САСА”, М. Каменица;
Антонио Антевски, “Булмак” - Рудник “Тораница”, К. Паланка;
Дарко Начковски, “Булмак” - Рудник “Злетово”, Пробиштип;
Димитар Стефановски, “Булмак” - Рудник “Злетово”, Пробиштип;
Драган Насевски, ГИМ, Скопје;
Лазе Атанасов, ДИТИ, Скопје;
Миле Стефанов, Рудник “Бањани”, Скопје;
Живко Калевски, Рудник “Осломеј”, Кичево;
Марија Петровска, Стопанска Комора, Скопје;
Љупчо Трајковски, ЗРГИМ, Кавадарци;
Емил Јорданов, ГД “Гранит” АД, Скопје;
Пепа Мицев, “Ве група”, Радовиш;
Орхан Рамадановски, “Кнауф”, Дебар;

Проф. д-р **Зоран Десподов**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Зоран Панов**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Дејан Мираковски**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Борис Крстев**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Мирјана Голомеова**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Ристо Дамбов**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Николинка Донева**, УГД, ФПТН, Штип;
Доц. д-р **Стојанче Мијалковски**, УГД, ФПТН, Штип;
Доц. д-р **Ристо Поповски**, УГД, ФПТН, Штип;
Доц. д-р **Марија Хаџи-Николова**, УГД, ФПТН, Штип;
Доц. д-р **Афродита Зенделска**, УГД, ФПТН, Штип;
Доц. д-р **Радмила Каранакова Стефановска**, УГД, ФПТН, Штип;
Асс. д-р **Ванчо Аџиски**, УГД, ФПТН, Штип.

**X СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:
“ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА
НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ”
- со меѓународно учество –**

03 Ноември 2017, Охрид
Република Македонија

ОРГАНИЗАТОР:

ЗДРУЖЕНИЕ НА РУДАРСКИТЕ И ГЕОЛОШКИТЕ ИНЖЕНЕРИ
НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
www.zrgim.org.mk

КООРГАНИЗАТОР:

УНИВЕРЗИТЕТ “ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” – ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ
ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО
www.ugd.edu.mk



ЗРГИМ
Здружение на
рударски и
геолошки инженери
на Македонија

X СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:

**Технологија на подземна и површинска експлоатација
на минерални сировини**

ПОДЕКС – ПОВЕКС '17

Охрид
03 ÷ 05. 11. 2017 год.

СОДРЖИНА

ЗАШТИТА НА ЖИВОТНА И РАБОТНА СРЕДИНА

МОНИТОРИНГ НА ПРАШИНА ВО РУДАРСКАТА ИНДУСТРИЈА, ЗОШТО И КАКО? * Дејан Мираковски, Николајчо Николов, Борче Гоцевски, Марија Хаџи-Николова, Иван Боев.....	1
СЛЕДЕЊЕ НА КВАЛИТЕТОТ НА ВОЗДУХОТ ВО ОКОЛИНАТА НА ПРЕДЛОЖЕНИОТ ПОВРШИНСКИ КОП „ИЛОВИЦА-ШТУКА“ * Драги Пелтечки, Вера Ѓоргиева, Теодора Стојанова, Љубица Панова, Никола Механџиски, Митко Крмзов.....	10
УНАПРЕДУВАЊЕ НА ЖИВОТНАТА СРЕДИНА ВО РУДНИК САСА * Марија Стојановска.....	25
МЕТОДИ ЗА ОТСТРАНУВАЊЕ НА ЦИЈАНИДИ ОД РУДНИЧКИ ВОДИ * Мирјана Голомеова, Афродита Зенделска, Благој Голомеов, Борис Крстев.....	32
ИНТЕНЗИТЕТ НА ВРНЕЖИТЕ И АНАЛИЗА НА ГОЛЕМИ ВОДОТЕЦИ ВО РУДНИКОТ „СУВОДОЛ“ – БИТОЛА * Костадин Јованов.....	42
НЕУТРАЛИЗАЦИЈА НА ПОВРШИНАТА НА ДЕПОНИЈАТА ЗА ЛУЖЕЊЕ ВО КОМПЛЕКСОТ ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА КАТОДЕН БАКАР „КАЗАНДОЛ“ – ВАЛАНДОВО * Трајче Бошевски.....	51
ПЛАН ЗА ВОНРЕДНИ СОСТОЈБИ – СУШТИНСКИ ДЕЛ ОД СИСТЕМОТ ЗА УПРАВУВАЊЕ СО БЕЗБЕДНОСТА ПРИ РАБОТА * Марија Хаџи-Николова, Дејан Мираковски, Николинка Донева, Борче Гоцевски, Станке Тасковски.....	56
БЕЗБЕДНА РАБОТА ВО ЗАТВОРЕНИ (ОГРАНИЧЕНИ) ПРОСТОРИ * Станке Тасковски, Борче Гоцевски, Марија Хаџи – Николова, Стојанче Мијалковски.....	64
СИСТЕМ ЗА ИНСТАЛИРАЊЕ И АПЛИКАЦИЈА НА “QR КОД” ВО РУДАРСКАТА ИНДУСТРИЈА * Ванчо Аџиски, Далибор Серафимовски, Зоран Десподов, Стојанче Мијалковски.....	72
МЕРКИ ЗА БЕЗБЕДНОСТ ПРИ РАБОТА ЗА РАКУВАЧИТЕ НА РУДАРСКИ МАШИНИ ВО ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА * Анкица Илијева Стошиќ.....	82

СОВРЕМЕНА РУДАРСКА ПРАКТИКА

ИСЦРТУВАЊЕ НА ИЗОХИПСИ ЗА ПОТРЕБИ ВО РУДАРСТВОТО И ГЕОЛОГИЈАТА * Стојанче Мијалковски, Зоран Десподов, Дејан Мираковски, Ванчо Аџиски, Николинка Донева.....	91
ВЛИЈАНИЕ НА РЕЖИМОТ НА ДУПЧЕЊЕ НА ОШТЕТУВАЊАТА КАЈ КРУНИТЕ ЗА ДУПЧЕЊЕ * Ристо Дамбов, Николинка Донева, Илија Дамбов.....	103
PRODUCTIVITY ANALYSIS OF THE COMBINED TECHNOLOGY FOR QUARRYING UTILIZING CHAIN CUTTERS AND DIAMOND WIRE SAWS * Ivaylo Kopriv, Dimitar Kaykov.....	112
ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА НА НЕЕКСПЛОЗИВНИ СМЕСИ ЗА ЦЕПЕЊЕ И ДОБИВАЊЕ НА КОМЕРЦИЈАЛНИ МЕРМЕРНИ БЛОКОВИ * Ристо Дамбов, Никола Р'жаникоски, Игор Стојчески, Илија Дамбов.....	119
УПОТРЕБА НА СОФТВЕРИ И МЕРНИ ИНСТРУМЕНТИ СО ЦЕЛ ЗА ПОЕФИКАСНИ И ПОБЕЗБЕДНИ МИНИРАЊА ВО ПОВРШИНСКАТА ЕКСПЛОАТАЦИЈА * Орхан Рамадановски.....	126
АНАЛИЗА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОД ИЗРАБОТКА НА ХОДНИК ВО ШКРИЛЕЦ СО ПРИМЕНА НА ДВЕ ТЕХНОЛОГИИ ВО РУДНИК „САСА“ * Николинка Донева, Зоран Десподов, Дејан Ивановски, Марија Хаџи-Николова, Стојанче Мијалковски.....	135
ТЕНДЕНЦИЈА ЗА ПРИМЕНА НА СОВРЕМЕНА ТОВАРНО-ТРАНСПОРТНА МЕХАНИЗАЦИЈА ВО РУДНИКОТ “ЗЛЕТОВО” * Дарко Начковски, Ванчо Гоцевски.....	141
КЛАСИФИКАЦИЈА НА ПЕПЕЛТА ОД ТЕРМОЦЕНТРАЛАТА РЕК БИТОЛА ВО МАКЕДОНИЈА И МОЖНОСТИ ЗА НЕЈЗИНА УПОТРЕБА * Тена Шијакова-Иванова, Весна Зајкова Панова, Виолета Стефанова, Виолета Стојанова.....	153
ТЕХНО-ЕКОНОМСКИ И ЕКОЛОШКИ ПРЕДНОСТИ НА НЕКОНВЕНЦИОНАЛНИ МЕТОДИ ЗА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА ЈАГЛЕНИ * Радмила Каранакова Стефановска, Зоран Панов, Ристо Дамбов, Ристо Поповски.....	161
НЕКОИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА СЕИЗМИЧНОСТА НА ПОДРАЧЈЕТО РАДОВИШ-СТРУМИЦА-ВАЛАНДОВО (Р. МАКЕДОНИЈА) * Ристо Поповски, Зоран Панов, Лазо Пекевски, Благица Донева, Радмила Каранакова Стефановска.....	168

ГЕОТЕХНИКА И ГЕОЛОГИЈА

СОВРЕМЕНИ МЕТОДИ ЗА ГЕОТЕХНИЧКИ МОНИТОРИНГ И МОДЕЛИРАЊЕ КАЈ ПОВРШИНСКА И ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА * Игор Пешевски, Јован Бр. Папик, Милорад Јовановски.....	179
ОДРЕДУВАЊЕ НА КВАЛИТЕТОТ НА ГРАДЕЖНО-ТЕХНИЧКИ КАМЕН * Љупче Ефнушев, Ѓорѓи Димов, Благица Донева.....	191

ГЕОМЕХАНИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ВАРОВНИКОТ ОД НАОЃАЛИШТЕТО “РАШАНЕЦ” И НИВНА КОРЕЛАЦИЈА СО БРЗИНАТА НА ЕЛАСТИЧНИТЕ БРАНОВИ * Ѓорѓи Димов, Војо Мирчовски, Виолета Стефанова, Гоше Петров, Благица Донева.....	199
ГЕОМЕТАЛУРГИЈА * Марјан Делипетрев, Гоце Златков, Благица Донева, Зоран Панов, Радмила Каранакова Стефановска, Ристо Поповски, Крсто Блажев.....	207
НАОЃАЛИШТЕ ЗА ЈАГЛЕН „ЛАВЦИ,, - РЕСЕН * Александар Стоилков, Ласте Ивановски, Маја Јованова, Пеце Муртановски.....	215
МЕНАЏМЕНТ, ИСТРАЖУВАЊЕ НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ И РУДНИЧКА ГЕОЛОГИЈА * Орце Спасовски.....	225
ГЕОЛОШКО-ЕКОНОМСКА ОЦЕНКА НА РУДНАТА ЖИЦА БР. 4 ОД РУДНИЦИТЕ ЗА ОЛОВО И ЦИНК “ЗЛЕТОВО” * Никола Богатиновски.....	235
ПОТЕНЦИЈАЛ НА ПРИЛЕПСКО ПОЛЕ ВО ОДНОС НА ЈАГЛЕНОСНОСТА * Александар Стоилков, Пеце Муртановски, Маја Јованова, Сашо Цветковски...	244
ХЕМИСКИ СОСТАВ НА АЛУВИЈАЛНО ЗЛАТО ОД НЕКОИ ЛОКАЛИТЕТИ ВО Р. МАКЕДОНИЈА * Виолета Стефанова, Тена Шијакова-Иванова, Војо Мирчовски.....	250
ГРАВИМЕТРИСКИ ИСТРАЖУВАЊА НА НАОЃАЛИШТА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ * Благица Донева, Тодор Делипетров, Марјан Делипетрев, Крсто Блажев, Ѓорѓи Димов.....	258
СЕКУНДАРНИ СИЛИЦИСКИ СУРОВИНИ ВО КВАРТЕРНИ КОНТИНЕНТАЛНИ ФОРМАЦИИ * Крсто Блажев, Благица Донева, Ѓорѓи Димов, Марјан Делипетрев.....	267
ЛИТОСТРАТИГРАФСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА КРЕДНИТЕ СЕДИМЕНТИ ВО ВАРДАРСКАТА ЗОНА * Гоше Петров, Виолета Стојанова, Војо Мирчовски.....	272
ЛИТОСТРАТИГРАФИЈА НА ЕОЦЕНСКИТЕ СЕДИМЕНТИ ВО СРПСКО-МАКЕДОНСКИОТ МАСИВ, РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈ * Виолета Стојанова, Гоше Петров, Тена Шијакова-Иванова.....	280



ЗРГИМ
Здружение на
рударски и
геолошки инженери
на Р. Македонија

X^{TO} СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:
Технологија на подземна и површинска експлоатација на
минерални сировини

ПОДЕКС – ПОВЕКС '17

Охрид
03 – 05. 11. 2017 год.

МЕТОДИ ЗА ОТСТРАНУВАЊЕ НА ЦИЈАНИДИ ОД РУДНИЧКИ ВОДИ

**Мирјана Голомеова¹, Афродита Зенделска¹, Благој Голомеов¹,
Борис Крстев¹**

¹Универзитет “Гоце Делчев”, Факултет за природни и технички науки,
Штип, Македонија

Апстракт: Во овој труд се опишани неколку методи за отстранување на цијанидот од руднички води и пулпа. Во рударството, цијанидот главно се користи за лужење за извлекување на сребро и злато од рудата и како флотациски реагенс за искористување на основните метали како што се: бакар, олово и цинк. Со цел да се елиминираат потенцијални проблеми од загадување на животната средина, треба да се воведат третмани за отстранување на цијанидите.

Отстранувањето може да се врши со деструкција на цијанид, процеси кои се засновани на принципот на претворање на цијанидот во помалку токсично соединение преку реакција на оксидација. Постојат неколку такви процеси преку кои се добиваат третирани води или пулпи со ниска содржина на цијанид и метали.

Клучни зборови: цијанид, деструкција, руднички води.

METHODS FOR CYANIDE REMOVAL OF MINING WATER

Mirjana Golomeova¹, Afrodita Zendelska¹, Blagoj Golomeov¹, Boris Krstev¹

¹Goce Delcev University, Faculty of Natural and Technical Sciences, Stip, Macedonia

Abstract: In this paper are described some cyanide treatment processes. In the mining industry, cyanide is primarily used for extracting silver and gold from ores, but cyanide is also used in low concentrations as a flotation reagent for the recovery of base metals such as copper, lead and zinc. At these operations, cyanide treatment systems may be required to address potential toxicity issues in regard to wildlife, waterfowl and/or aquatic life.

Most cyanide destruction processes operate on the principle of converting cyanide into a less toxic compound through an oxidation reaction. There are several destruction processes that are well proven to produce treated solutions or slurries with low levels of cyanide as well as metals.

Key Words: cyanide, destruction, mining water.

1. ВОВЕД

Во рударската индустрија, цијанидот примарно се користи за извлекување на сребро и злато од руди, но исто така, во ниски концентрации, се користи и како флотациски реагенс за искористување на основните метали како што се: бакар,

олово и цинк. Со цел да се елиминираат потенцијални проблеми од токсичност во однос на водениот и растителниот свет, како и човекот, може да се јави потреба од воведување на систем за третман на цијанидите.

Терминот "цијанид" се однесува на една од трите класификации на цијанид, и потребно е да се дефинира која класа на цијанид треба да се отстрани во постројката за третман. Трите класи на цијанид се: вкупен цијанид, WAD (weak acid dissociable) цијанид и слободен цијанид (Табела 1) [1].

Табела 1. Класи на цијанид

Вкупен цијанид	Силен комплекс на метал-цијанид со Fe		
	WAD цијанид	Умерено и слабо силни комплекси на метал-цијанид со Ag, Cd, Cu, Hg, Ni и Zn	
		Слободен цијанид	CN ⁻

Вкупниот цијанид вклучува слободен цијанид, WAD цијанид и релативно нетоксични комплекси на железо-цијанид. WAD цијанидот е цијанид кој дисоцира во слабо кисела средина при pH 4.5-6 кој вклучува токсиколошки важни форми на цијанид, вклучувајќи и слободен цијанид и умерени и слаби комплекси на метал-цијанид. Најчесто изборот за третирање е WAD цијанидот. Процесите за третман на цијанид се класифицираат или како процес заснован на деструкција или како процес заснован на искористување. Во процесот на деструкција се користат хемиски или биолошки реакции за претворање на цијанидот во друго помалку токсично соединение. Кај процесите на искористување се оди на рециклирање, во кој цијанидот се отстранува од загадените води или пулпата, а потоа повторно се користи во процесот.

При изборот на соодветен процес за третман на водите/пулпата со цијанид се испитуваат повеќе фактори, но главно потребното ниво на третман се определува во зависност од хемијата на нетретираните води/пулпа.

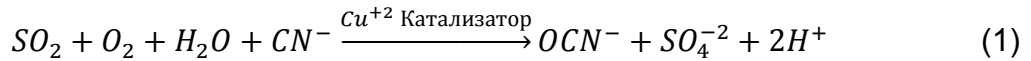
Постојат неколку процеси за деструкција и искористување на цијанид, но за сите од нив потребно е лабораториско и/или полуиндустриско испитување за да се потврди постигнатото ниво од третманот и да се одреди потрошувачката на реагенсите.

2. ДЕСТРУКЦИЈА НА ЦИЈАНИД

Поголем дел од процесите на деструкција на цијанид се засновани на принципот на претворање на цијанидот во помалку токсично соединение преку реакција на оксидација. Постојат неколку добро докажани процеси за деструкција на цијанид, преку кои се добиваат третираните води или пулпи со ниска содржина на цијанид и метали.

2.1. INCO процес - сулфур диоксид/воздух

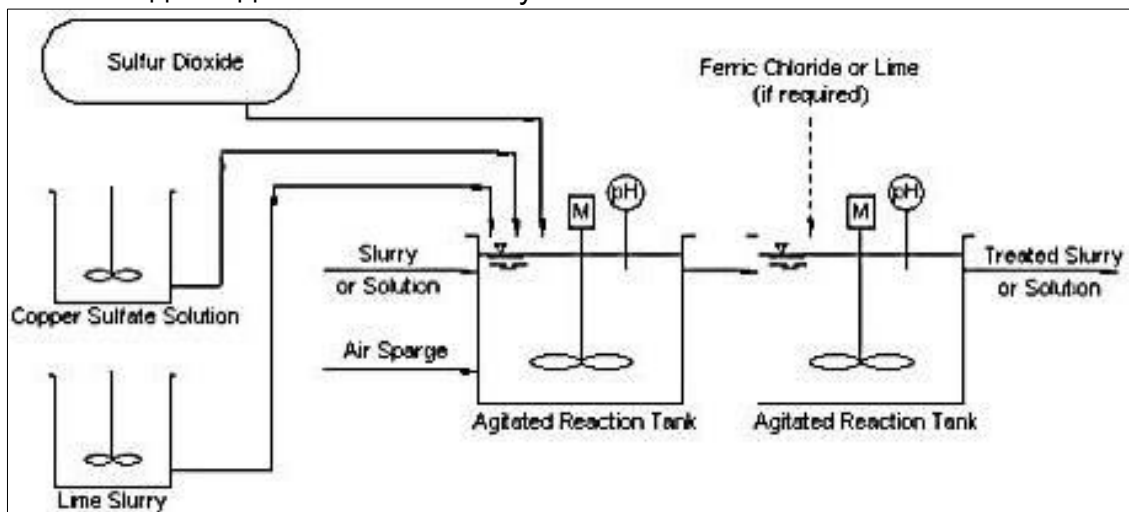
Процесот со сулфур диоксидот (SO₂) и воздух е развиен од INCO Limited во 1980-тите и моментално е во функција на поголем број локации ширум светот. Во процесот се користи SO₂ и воздух во присуство на бакар како катализатор, за да дојде до оксидирање на цијанидот со што би се формирало помалку токсично соединение цијанат (OCN⁻). Процесот се одвива според реакција (1):



Главно, примената на процесот сулфур диоксид и воздух е за третирање на пулпа од јаловината, но исто така овој процес е ефикасен и при третирање на води со цел оксидација на слободни и WAD цијаниди. Во овој процес, железо цијанидите се отстрануваат со исталожување на нерастворливите комплекси на бакар-железо-цијанид.

Теоретската потреба на SO_2 во процесот е 2.46 g SO_2 по грам оксидиран CN, но во пракса потрошувачката се движи околу 3.5 – 4.5 g SO_2 по грам оксидиран CN. Потребниот SO_2 се обезбедува со течен сулфур диоксид или со натриум метабиисулфит ($Na_2S_2O_5$). За одвивање на процесот потребно е да се додаде и кислород (O_2) кој обично се добива со внесување на атмосферски воздух во реакционите садови. Реакцијата се одвива во еден или повеќе агитатори, при pH вредност околу 8.0 – 9.0. За да се одржи pH вредноста во овие граници и да се неутрализира киселината (H^+) која се формира при реакцијата, потребно е да се додаде вар. Употребата на вар генерално е 3.0 - 5.0 g на грам оксидиран CN. Додавањето на бакар (Cu^{+2}), како катализатор, обично е како раствор на бакар сулфат ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) со цел да се обезбеди концентрација на бакар во опсег околу 10 - 50 mg/l. По завршувањето на реакцијата, металите кои претходно претставувале комплекс со цијанидот (како што се бакар, никел и цинк) сега се преципитираат како соединенија на метал-хидроксид.

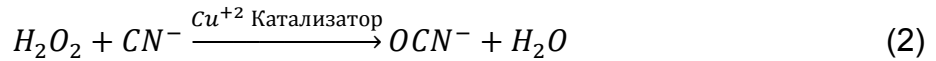
Со овој процес се постигнува ниска содржина на цијанид и метали. Најдобра примена овој процес наоѓа за третирање на загадени води/пулпи кои содржат ниски до умерено високи почетни содржини на цијанид и кога е потребно нивото на цијанид после третманот да биде помалку од 1 - 5 mg/l. Во некои случаи, третираните раствори со овој процес може да бидат со соодветен квалитет за да се дозволи нивно испуштање.



Слика 1. Шематски приказ на INCO процес

2.2. Водороден пероксид

Процесот на деструкција на цијанид со водороден пероксид е сличен со INCO процесот, но наместо сулфур диоксид и воздух се користи водороден пероксид. Во овој процес исто така е потребно додавање на бакар како катализатор, а крајниот производ на реакцијата е цијанат. Процесот се одвива според реакција (2):

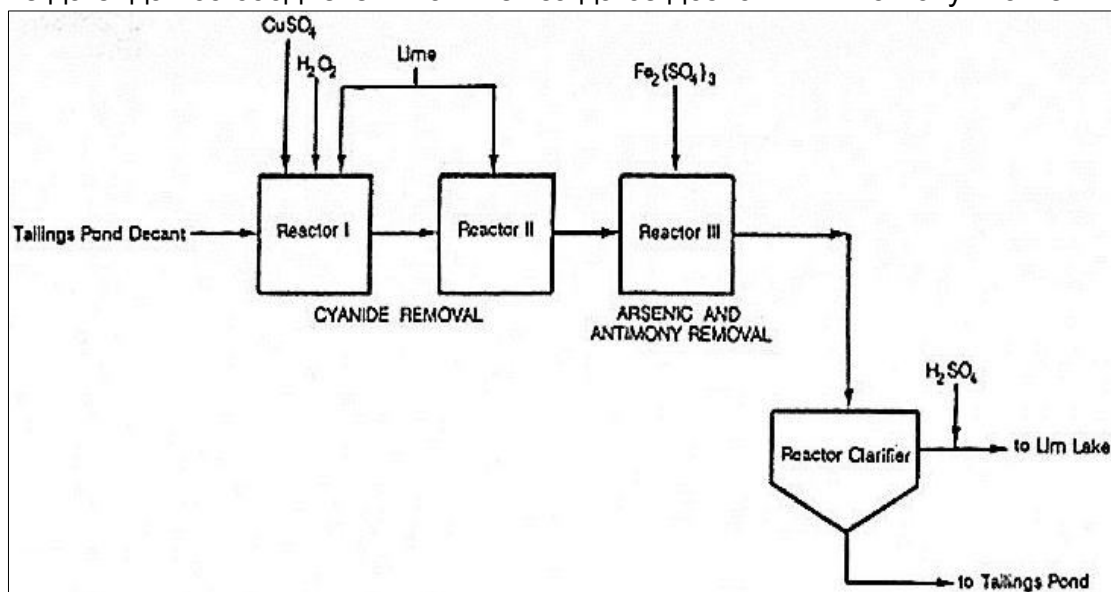


Процесот со водороден пероксид најчесто наоѓа примена за третирање на загадени води, бидејќи примената на овој процес кај пулпа бара високата потрошувачка на водороден пероксид. Процесот обично се применува за третирање на води со релативно ниски содржини на цијанид за да може да се постигне дозволеното ниво на цијанид за испуштање. Овој процес е ефикасен за третман на води за да се изврши оксидација на слободни и WAD цијаниди, и железните цијаниди да се отстранат преку таложење на нерастворливиот комплекс на бакар-железо-цијанид. Како што е наведено во реакција (2), водородниот пероксид реагира со цијанидот и формира цијанат и вода. Овој процес го ограничува создавањето на растворени материи во растворот кој што се третира.

Теоретската употреба на H_2O_2 во процесот е 1.31 g H_2O_2 по грам оксидиран CN, но во пракса потрошувачката се движи од околу 2.0 до 8.0 g H_2O_2 по грам оксидиран CN. H_2O_2 што се користи во процесот обично се додава како 50% раствор.

За оптимално отстранување на цијанид и метали како што се: бакар, никел и цинк, реакцијата треба да се изведува при pH вредност околу 9.0 – 9.5. Доколку е потребно да се отстрани железо цијанид до ниско ниво, тогаш pH вредноста се намалува за да се зголеми таложењето на бакар-железо-цијаниди на сметка на намалување на ефикасноста на отстранувањето на бакар, никел и цинк. Во овој процес се додава бакар (Cu^{+2}) како катализатор, најчесто како раствор на бакар сулфат ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) за да се обезбеди концентрација на бакар во опсег од околу 10 - 20% од почетната концентрација на WAD цијанидот. По завршувањето на наведената реакција, металите кои претходно претставувале комплекс со цијанидот (како што се бакар, никел и цинк) сега се преципитираат како соединенија на метал-хидроксид.

Со овој процес се постигнува ниско ниво на цијанид и метали. Овој процес наоѓа најдобра примена кај пулпи кои содржат релативно ниска почетна содржина на цијанид и кога е потребно нивото на цијанид после третманот да биде помалку од околу 1 mg/l. Честопати, третираните раствори со овој процес може да бидат со соодветен квалитет за да се дозволи нивно испуштање.



Слика 2. Шематски приказ на третман со водороден пероксид

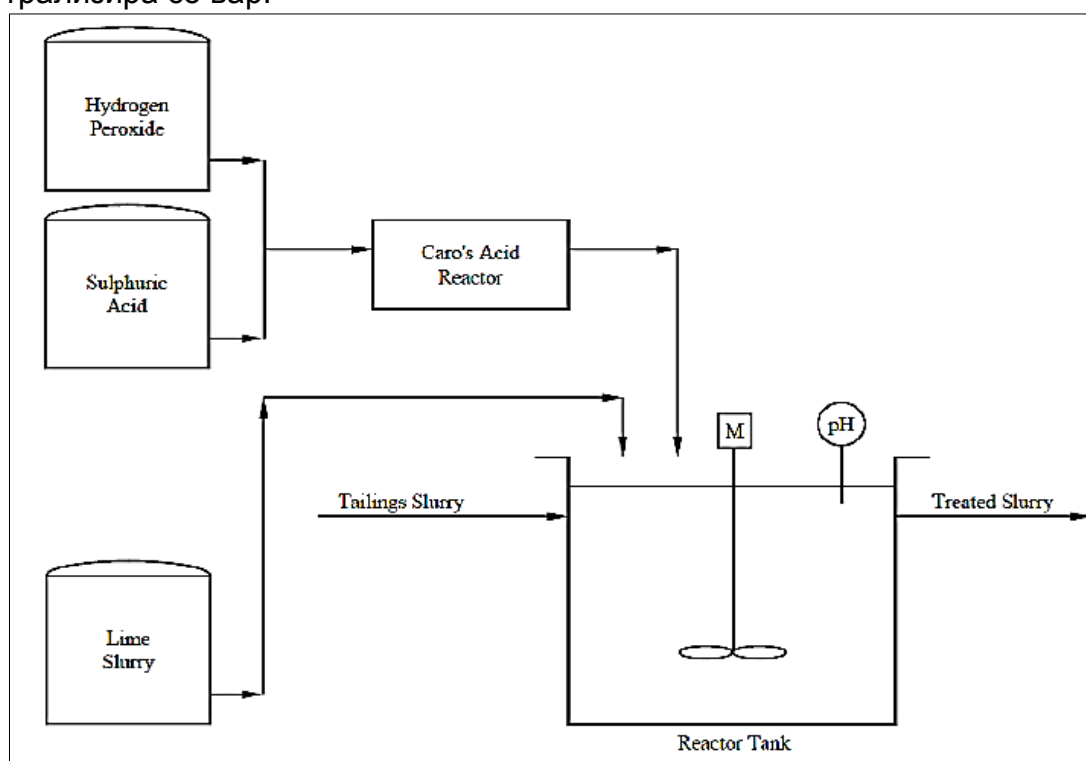
2.3. Карова киселина

Пероксимоносулфурна киселина (H_2SO_5), исто така позната како Карова киселина, е реагенс кој од неодамна се користи за деструкција на цијанид.



Каровата киселина која се добива од сулфурна киселина и водороден пероксид мора да се произведува на самото место на користење, бидејќи се распаѓа многу брзо [2]. Се применува при третман на пулпа, при што не е пожелно додавање на бакар како катализатор, а се користи само во ситуации каде процесот со сулфур диоксид и воздух не е соодветен.

Теоретската употреба на H_2SO_5 во процесот е 4.39 g H_2SO_5 по грам оксидиран цијанид, но во пракса потребни се 5.0 – 15.0 g H_2SO_5 по грам оксидиран цијанид. Киселината кој што се формира во реакцијата (H^+) обично се неутрализира со вар.

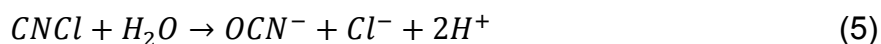


Слика 3. Шематски приказ на третман со Карова киселина

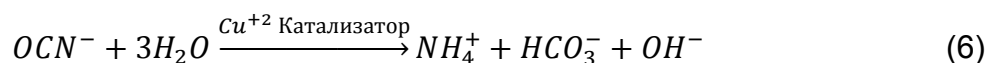
2.4. Алкално хлорирање

Алкалното хлорирање беше најраспространет процес за третман на цијанид, но постепено се замени со други процеси и сега се користи само повремено. Алкалното хлорирање е ефикасен процес за деструкција на ниска содржина на цијанид. Станува збор за релативно скап процес поради високата примена на реагенси. Реакцијата за деструкција на цијанид се одвива во два чекори. Првиот чекор е кога цијанидот се претвора во цијаноген хлорид ($CNCl$), а во вториот чекор цијаноген хлоридот хидролизира и се добива цијанат.

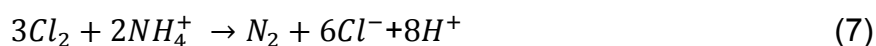




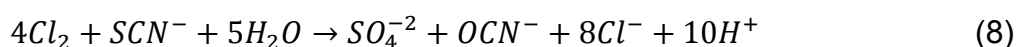
Во присуство на мал вишок на хлор, цијанатот понатаму се хидролизира за да се добие амонијак при каталитички тип на реакција.



Доколку има доволно вишок хлор, реакцијата продолжува преку "хлорирање на граничните точки" во која амонијакот е целосно оксидиран до азотен гас (N₂).



Покрај реагирањето со цијанид, цијанат и амонијак, процесот на алкално хлорирање ќе го оксидира тиоцијанатот, кој во некои случаи може да доведе до претерано голема потрошувачка на хлор.

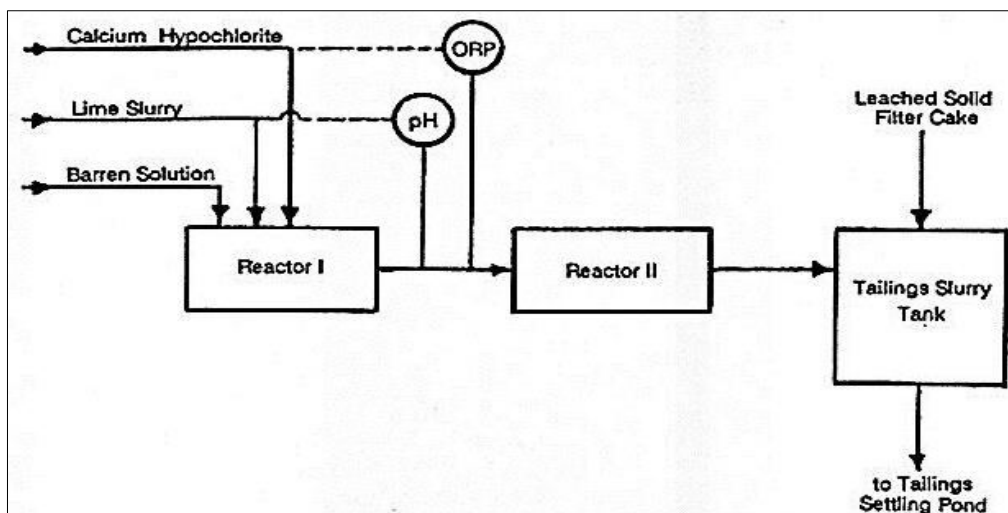


Главна, алкалното хлорирање се применува за третирање на води, поради високата потрошувачка на хлор при третирање на пулпа. Процесот обично се применува за третирање на мал проток со ниска до висока почетна содржина на цијанид кога треба да се постигне дозволено ниво на цијанид за испуштање. Овој процес е ефикасен за третман на води за да се изврши оксидација на слободни и WAD цијаниди, но може да се отстрани помала количина на железни цијаниди во зависност од нивото на другите метали во водата што се третира. Како што може да се види во горенаведените реакции, може да дојде до значителен пораст на концентрацијата на растворени цврсти материји во третираната вода, особено со хлорид.

Теоретската употреба на Cl₂ за оксидирање на цијанид во цијанат е 2.73 g Cl₂ по грам оксидиран CN, но во пракса потрошувачката се движи од околу 3.0 – 8.0 g Cl₂ по грам оксидиран CN. Хлорот што се користи во процесот може да се обезбеди како течен Cl₂ или како 12.5% раствор на натриум хипохлорит (NaOCl). Потрошувачката на хлор за оксидација на амонијак и тиоцијанат може да се пресмета од горенаведените реакции, со што може значително да се зголеми потрошувачката на хлор потребен во процесот. Покрај тоа, горните реакции генерираат различни количини на киселина (H⁺), која обично се неутрализира со додавање на вар или натриум хидроксид во реакционите садови.

Реакцијата се изведува при рН вредност поголема од 10.0 за да се осигура дека цијаноген хлоридот целосно ќе хидролизира во цијанат. Предност на овој процесот е тоа што не е потребен бакар како катализатор, како во случај на процесите на сулфур диоксид/воздух и водороден пероксид. По завршувањето на реакцијата на оксидацијата на цијанид, металите кои претходно претставувале комплекс со цијанидот (како што се бакар, никел и цинк) сега се преципитираат како соединенија на метал-хидроксид.

Со овој процес се постигнува ниска содржина на цијанид и метали. Општо земено, најдобра примена овој процес има за третирање на мали протоци на вода кои содржат висок до низок почетен процент на цијанид и кога е потребно нивото на цијанид после третманот да биде помалку од околу 1 mg/l. Често пати, третираните раствори со овој процес може да бидат со соодветен квалитет за да се дозволи нивно испуштање.

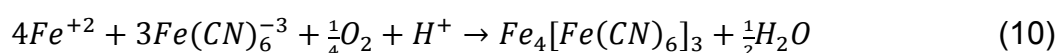
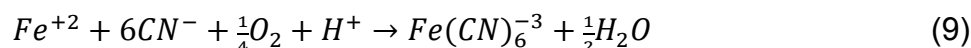


Слика 4. Шематски приказ на алкално хлорирање

2.5. Таложење на железо-цијанид

Процесот на таложење на железо-цијанид има соодветна примена во случаи кога реакциите на таложење може да се контролираат и исталожените цврсти материји може да се одделат и правилно да се отстранат. Во минатото, овој процес бил широко користен за конвертирање на слободните и WAD цијаниди во помалку токсични соединенија на железо-цијанид, но неговата сегашна примена првенствено се користи како напреден третман за да се намалат вкупните концентрации на цијанид на помалку од околу 1 - 5 mg/l.

Слободниот, WAD и вкупниот цијанид реагираат со железото и формираат различни растворливи и нерастворливи соединенија, првенствено хексацинафератрат (III) ($Fe(CN)_6^{-3}$), пруско плаво ($Fe_4[Fe(CN)_6]_3$) и други нерастворливи метал-железо-цијанид ($M_xFe_y(CN)_6$) соединенија како оние со бакар или цинк [3].



Процесот оптимално се изведува при pH од околу 5.0 – 6.0, а железото се додава како фери сулфат ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$). Потрошувачката на фери сулфат се движи од околу 0.5 – 5.0 mol Fe /mol CN^- зависно од потребното ниво на третман [3,4].

2.6 Напреден третман со активен јаглен

Активниот јаглен има релативно висок афинитет за многу соединенија на метал-цијанид, вклучувајќи ги растворливите цијанидни соединенија на бакар, железо, никел и цинк. Активниот јаглен е соодветен за употреба кај напредните третмани за отстранување на цијанид до релативно ниско ниво. Ова е едноставен и ефективен процес, погоден за постројки каде активниот јаглен се користи за искористување на благородни метали.

3. ПРИРОДНО СЛАБЕЕЊЕ НА ЦИЈАНИДОТ

Добро е познато дека растворите на цијанид сместени во базени/резервоари или на јаловиште подлежат на реакција на природно слабеење, што резултира со намалување на концентрацијата на цијанид. Овие реакции на слабеење доминираат при природно испарувања на водороден цијанид, но се јавуваат и други реакции како што се оксидација, хидролиза, фотолиза и таложење. Природното слабеење на цијанид се јавува кај сите раствори на цијанид кои што се изложени на атмосферата, без разлика дали се со таа намена или не. Резервоарите или јаловиштата се дизајнираат на неколку локации за да ја зголемат брзината на слабеење на цијанид. Во некои случаи на овој начин третираниите води се соодветни и за испуштање.

Два пристапи се развиени за да се предвиди брзината на слабеење на цијанидот во базени/резервоари и на јаловиште. Првиот метод по природа е емпириски и користи експериментално изведен коефициент на брзина за да ја процени брзината на слабеење користејќи равенка за распаѓање од прв ред [5]. Овој пристап е релативно едноставен за примена, но неговата применливост на дадена локација мора да биде потврдена со спроведување теренски тестови и резултатите може да не бидат точни при менување на времето, геометријата на базените/резервоарите/јаловиштата или на хемиските услови.

Вториот пристап за моделирање на природното слабеење на цијанид беше развиен од Botz и Mudder (2000) [6-12]. Овој пристап користи детални пресметки за хемиската рамнотежа и кинетика на растворот за да се предвиди брзината на слабеење на цијанид од базените/резервоарите и јаловиштата. Овој пристап може да биде временски интензивен да се примени на дадена локација, но резултатите се точни под широк спектар на временски услови, геометријата на базените/резервоарите и јаловиштата и хемиски услови.

Како пример за користење на природното слабеење би бил објект за искористување на цијанид, каде што вода или пулпа со концентрација на цијанид од околу 20 mg/l се става во подредени базени/резервоари или јаловиште. Подредените базени/резервоари или јаловиште треба да бидат дизајнирани за да се овозможи природно максимално слабеење на цијанидот така што финалната концентрација на цијанид ќе биде помала од околу 1 mg/l. Поедноставен преглед кој може да се користи како концептуална скрининг алатка при избирање на процесите за отстранување на цијанид и соединенијата цијанат, тиоцијанат, амонијак и нитрат е прикажан во Табела 2.

Табела 2. Прелиминарна селекција за процеси за третман на цијанид

Третман	Остранување на железо цијанид	Остранување на WAD цијанид	Примена кај пулпа	Примена кај раствор
SO ₂ /воздух	√	√	√	√
Водороден пероксид	√	√		√
Карова киселина		√	√	
Алкално хлорирање	√	√		√
Таложеење на железо	√	√	√	√
Активен јаглен	√	√		√
Природно слабеење на цијанидот	√	√	√	√

4. ЗАКЛУЧОК

Постојат повеќе процеси за третман на цијанид кои успешно се користат во целиот свет за отстранување на цијанидот од рударските операции. За успешна имплементација на овие процеси потребно е водата и цијанидот да се прилагодуваат според просечните и екстремните климатски услови, процесите да се користат индивидуално или во комбинација и да се врши испитување, проектирање, изградба, одржување и мониторинг на капацитетите за управување со води и цијанид.

Со внимателно разгледување на овие аспекти за управување со водата и цијанид пред, за време и после рударските работи, може да се намали потенцијалното влијание врз животната средина поврзано со употребата на цијанид, тиоцијанат, амонијак и нитрат. Секое од овие соединенија на цијанид треба различно да се третира и да се земе во предвид при евалуација на алтернативите за третман на цијанид за одредена локација.

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Botz, M., "Overview of cyanide treatment methods", The Gold Institute, August 1999.
- [2] Norcross, R., "New Developments in Caro's Acid Technology for Cyanide Destruction", Proceedings of Randol Gold Forum, pp. 175-177, 1996.
- [3] Adams, M.D., "The Removal of Cyanide from Aqueous Solution by the Use of Ferrous Sulphate", Journal of the South African Institute Mining & Metallurgy, Vol. 92, No. 1, pp. 17-25, January, 1992.
- [4] Dzombak, D.A., Dobbs, C.L., Culleiton, C.J., Smith, J.R. and Krause, D., "Removal of Cyanide from Spent Potlining Leachate by Iron Cyanide Precipitation", Proceedings WEFTEC 69th Annual Conference & Exposition, Dallas, Texas, 1996.

- [5] Simovic, L., Snodgrass, W., Murphy, K. and Schmidt, J. "Development of a Model to Describe the Natural Attenuation of Cyanide in Gold Mill Effluents", Cyanide and the Environment Vol. II, Colorado State University, pp. 413-432, 1985.
- [6] Botz, M.M. and Mudder, T.I., "Modeling of Natural Cyanide Attenuation in Tailings Impoundments", Minerals and Metallurgical Processing, Vol. 17, No. 4, pp. 228-233, November, 2000.
- [7] Botz, M.M. and Mudder, T.I., "Mine Water Treatment with Activated Carbon", Proceedings Randol Gold Forum, pp. 207-210, 1997.
- [8] Botz, M.M., Stevenson, J.A., Wilder, A.L., Richins, R.T., Mudder, T.I. and Burdett, B., "Cyanide Recovery & Destruction", Engineering & Mining Journal, pp. 44-47, June, 1995.
- [9] Mudder, T.I., Fox, F., Whitlock, J., Fero, T., Smith, G. Waterland, R. and Vietl, J., "Biological Treatment of Cyanidation Wastewaters: Design, Startup, and Operation of a Full Scale Facility", In The Cyanide Monograph, Mining Journal Books Limited, London, 1998.
- [10] Mudder, T.I., Miller, S., Cox, A., McWharther, D. and Russell, L., "The Biopass System: Phase I Laboratory Evaluation", In The Cyanide Monograph, Mining Journal Books Limited, London, 1998.
- [11] Goldstone, A., and Mudder, T.I., "Cyanisorb Cyanide Recovery Process Design, Commissioning and Early Performance", In The Cyanide Monograph, Mining Journal Books Limited, London, 1998.
- [12] Smith, A.C.S. and Mudder, T.I., Chemistry and Treatment of Cyanidation Wastes, Mining Journal Books Limited, London, 1991.