



ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР

19210 Бор, Зелени булевар 35  
Тел:(030)432-299;факс:(030)435-175;E-mail:institut@ibb-bor.co.yu



**ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО  
И МЕТАЛУРГИЈУ БОР  
НАУЧНО ВЕЋЕ**  
Број: XIV/5.6.  
Од 26.03.2010.године

На основу Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, прилог 2 (Сл.гласник РС бр.38/2008), Научно веће је на XIV-ој седници одржаној дана 26.03.2010. године донело:

### **ОДЛУКУ**

*о покретању поступка за валидацијом и верификацијом  
техничког решења и именовању рецензената*

### **I**

На захтев мр Радмиле Марковић, дипл.инж.техн. Института за рударство и металургију у Бору, Научно веће је покренуло поступак за валидацијом и верификацијом техничког решења под називом „Нови софтвер за симулацију екстракције бакра из киселих сулфатних раствора хидроксиоксимима“ и донело Одлуку о именовању следећих рецензената за давање мишљења о наведеном техничком решењу:

1. др Снежана Шербула, ванредни професор, Технички факултет Бор
2. др Александар М.Спасић, научни саветник, ИГНМС Београд



**ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА**

*Др Милеико Љубојевић*  
Др Милеико Љубојевић, дипл.инж.руд.  
Научни саветник

## НАУЧНОМ ВЕЋУ ИНСТИТУТА ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ У БОРУ

**Предмет:** Рецензија Техничког решења из категорије М85 „НОВИ СОФТВЕР“:

**Нови софтвер за симулацију екстракције бакра из киселих сулфатних раствора хидрохноксимида**, аутора: Радомир Стевановић, Светлана Чупић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Миле Бугарин, Радмила Марковић, Љиљана Аврамовић, Радојка Јонових, Љубиша Обрадовић, Зоран Стевановић, Институт за рударство и металургију у Бору

### Мишљење рецензента

Одлуком Научног Већа Института за рударство и металургију у Бору, на XIV седници одржаној 26.03.2010. одређена сам за рецензента техничког решења категорије М85 „нови софтвер“ под називом: **Нови софтвер за симулацију екстракције бакра из киселих сулфатних раствора** групе аутора који представља резултат рада на пројекту: **ТР 21008: „Интегрални третман рудничких вода и ванбилансних делова лежишта руда бакра у рудницима бакра Бор»** који је финансиран од стране МНТР Србије (01. април 2008 - 31. март 2010).

На основу добијеног писаног материјала – приказа техничког решења и текста програма датог у програмском пакету MathCAD-у износим следеће мишљење. Техничко решења је уређено у складу са захтевима дефинисаних „Правилником о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата, Сл. Гласник, РС 38/2008 и по аналогији подношења патентне пријаве. Техничко решење је из области хемијске индустрије, хидрометалургије и заштите животне средине, из које је и финансиран пројекат.

Програм је урађен у MathCAD-у програмском софтверу који је дат на 13. страна са примерима израчунавања и илустрован графицима. Сам приказ програма је урађен на 7. страна са два графика и најважнијим деловима програма, коришћеним математичким зависностима и коришћеном литературом. Основни део програма је математички модел добијен материјалним билансом концентрација бакра, водоникових јона, слободног екстрагенса по ступњевима (ако се екстракција одвија у 2. равнотежна ступња а реекстракција у једном који даје систем нелинеарних једначина. Систем нелинеарних једначина је решаван користећи подпрограм „Solve Block“ програмског пакета MathCAD чије решење даје концентрације по ступњевима. Мењајући вредност екстракционе константе, ако су други параметри процеса константни, добијена је оптимална вредност екстракционе константе на основу чега је изабран екстрагенс и технолошка шема процеса екстракције бакра.

## Закључак

**Симулација екстракције бакра из киселих сулфатних раствора хидрохноксимима** је примењена на случај екстракције бакра из репрезентативних узорака раствора добијених на Лабораторијском постројењу за интегрални третман рудничких вода и коповске раскривке рудника Церово које представља резултат рада на овом пројекту и за избор екстрагенса и одређивање технолошке шеме поступка.

Препоручујем да се Техничко решење прихвати и сврста у категорију **М 85**, „нови софтвер“, а у складу са поменутиим Правилником.

Датум: .16. април.2010.  
У Бору

РЕЦЕНЗЕНТ



Др Снежана Шербула, дипл. инж.,  
Ванредни професор, Технички факултет у Бору

## НАУЧНОМ ВЕЋУ ИНСТИТУТА ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ У БОРУ

**Предмет:** Рецензија Техничког решења из категорије M85:

**Нови софтвер за симулацију екстракције бакра из киселих сулфатних раствора хидроксиоксимима**, аутора:

Радомир Стевановић, Светлана Чупић, Институт за нуклеарне науке „Винча“,  
Миле Бугарин, Радмила Марковић, Љиљана Аврамовић, Радојка Јоновић, Љубиша  
Обрадовић, Зоран Стевановић, Институт за рударство и металургију у Бору

### Мишљење рецензента

Одлуком Научног Већа Института за рударство и металургију у Бору, на XIV седници одржаној 26.03.2010. одређен сам за рецензента техничког решења категорије M85 „нови софтвер“ под називом: **Нови софтвер за симулацију екстракције бакра из киселих сулфатних раствора хидроксиоксимима** групе аутора који представља резултат рада на пројекту: **ТР 21008: „Интегрални третман рудничких вода и ванбилансних делова лежишта руда бакра у рудницама бакра Бор»** који је финансиран од стране МНТР Србије (01. април 2008 - 31. март 2010).

На основу приложене техничке документације износим следеће мишљење. Техничко решење је дато на 13. страна. За израду програма коришћен је MathCAD-ов програмски софтвер. Програм је урађен за екстракцију бакра из киселих сулфатних раствора добијених лужењем коповске раскривке рудника Церово.

Математички модел је основни део програма добијен материјалним билансом концентрација бакра, водоникових јона, слободног екстрагенса по ступњевима. Кориштећи подпрограм „Solve Block“ програмског пакета MathCAD решаван је систем нелинеарних једначина чије решење даје концентрације по ступњевима. Оптимална вредност екстракционе константе добијена је промено вредности екстракционе константе, ако су други параметри процеса константни. На основу овога изабран екстрагенс и технолошка шема процеса екстракције бакра.

### Закључак

Симулација екстракције бакра из киселих сулфатних раствора хидроксиоксимима је примењена на случај екстракције бакра из лужних раствора добијених на новоформираном лабораторијском постројењу у ИРМ-у за интегрални третман

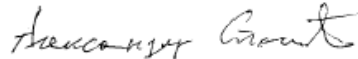


рудничких вода и коповске раскривке рудника Церово које представља резултат рада на овом пројекту за избор екстрагенса и одређивање технолошке шеме поступка. Приказ решења је урађен у складу са Правилником о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача (Сл. Гласник РС, бр 38/2008) и по аналогији подношења патентне пријаве. Овај симулациони програм представља оригинално решење за избор састава и концентрација екстрагенса у зависности од састава лужног раствора.

На основу изложених аргумената препоручујем да се техничко решење прихвати и сврста у категорију М85 „нови софтвер“ а у складу са поменутиим Правилником.

Датум: 15.04.2010.  
У Београду

РЕЦЕНЗЕНТ



Др Александар М. Спасић, дипл.инж.  
научни саветник, Институт за технологију  
нуклеарних и других минералних сировина

Датум: 21.04.2010.  
Date:

Наш знак: 514 Ваш знак:  
Our sign: Your sign:

Predmet: Verifikacija Tehničkog rešenja pod nazivom "Novi softver za simulaciju ekstrakcije bakra iz kiselih sulfatnih rastvora hidroksioksimima"

Institut za nuklearne nauke "Vinča" i Institut za rudarstvo i metalurgiju (IRM) Bor, u okviru projekta TR 21008: "Integralni tretman rudničkih voda i vanbilansnih delova ležišta ruda bakra u rudnicima bakra Bor", period 2008-2010, čiju realizaciju finansira Ministarstvo za tehnološki razvoj Republike Srbije, izradili su i testirali novi programski softver za simulaciju ekstrakcije bakra iz kiselih sulfatnih rastvora pod nazivom:

**"Novi softver za simulaciju ekstrakcije bakra iz kiselih sulfatnih rastvora hidroksioksimima"**

Autora:

Dr Radomir Stevanović, dipl.inž.teh.  
Svetlana Čupić, dipl.inž.teh.  
Dr Mile Bugarin, dipl.inž.geol.  
Mr Radmila Marković, dipl.inž.teh.  
Ljiljana Avramović, dipl.inž.teh.  
Radojka Jonović, dipl.inž.teh.  
Ljubiša Obradović, dipl.inž.rud.  
Mr Zoran Stevanović, dipl.inž.rud.

Simulacija ekstrakcije bakra iz kiselih sulfatnih rastvora hidroksioksimima je primenjena na slučaj ekstrakcije bakra iz reprezentativnih uzoraka rastvora dobijenih na laboratorijskom postrojenju za integralni tretman rudničkih voda i kopovske raskrivke rudnika Cerovo koje predstavlja rezultat rada na ovom projektu za izbor ekstragensa i određivanje tehnološke šeme postupka. Ovaj simulacioni program predstavlja originalno rešenje za izbor sastava i koncentracija ekstragensa u zavisnosti od sastava lužnog rastvora. Softver će biti primenjen u Institutu za rudarstvo i metalurgiju u Boru i Institutu u Vinči, za simulaciju ekstrakcije bakra iz rastvora nastalih nakon hidrometalurškog tretmana vanbilansnih i drugih otpadnih sirovina na bazi bakra na teritoriji opštine Bor i šire.

Prihvataмо da Tehničko rešenje: "Novi softver za simulaciju ekstrakcije bakra iz kiselih sulfatnih rastvora hidroksioksimima" uvrstimo u kategoriju tehničkih rešenja M85-NOVI SOFTVER, a u skladu sa Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača (Sl. Glasnik RS, br 38/2008).



Direktor Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor  
Prof. Dr Vlastimir Trujić, dipl.ing.met.

## Група М80: „Техничка и развојна решења“

Категорија: „софтвер“

Резултат М85

1. Установа / Аутори решења:

*Институт за нуклеарне науке „Винча“*, Радомир Стевановић, Светлана Чупић

*Институт за рударство и металургију у Бору*

Миле Бугарин, Радмила Марковић, Љиљана Аврамовић, Радојка Јонових, Љубиша Обрадовић, Зоран Стевановић

2. Назив и евиденциони број пројекта са бројем активности, у коме је остварен резултат из категорије М85:

**Пројекат ТР 21008: „Интегрални третман рудничких вода и ванбилансних делова лежишта руда бакра у рудницима бакра Бор“**

3. Назив техничког решења:

**Нови софтвер за симулацију екстракције бакра из киселих сулфатних раствора хидроксиоксимима**

4. Област на коју се техничко решење односи:

Техничко решење припада области хемијске индустрије, хидрометалургије и заштити животне средине.

5. Проблем који се техничким решењем решава:

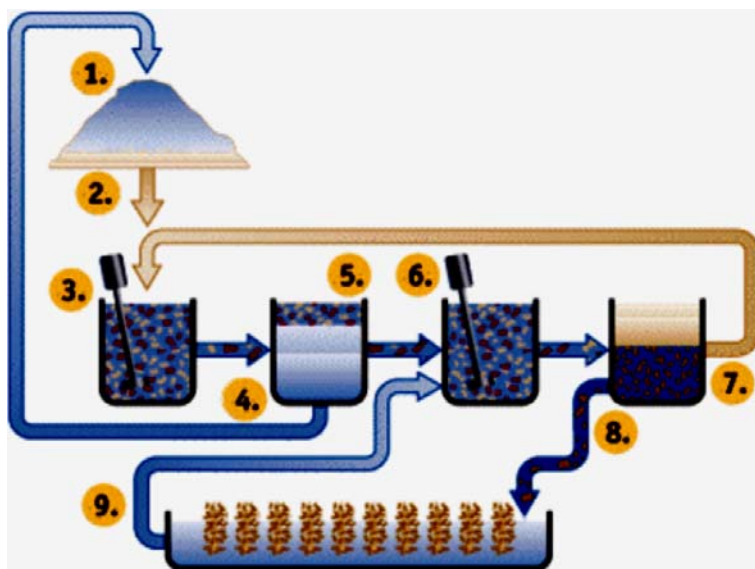
Бакар се хидрометалуршки из киселих сулфатних раствора насталих лужењем оксидних руда са сумпорном киселином и биолужењем сиромашних сулфидних руда издваја течно-течном („солвентном“) екстракцијом. Процес се састоји из секције екстракције у коме се бакар из водене фазе екстрахује течним јоноизмењивачем и секције реекстракције где се бакар из органске фазе реекстрахује, тј. преводи у водену фазу, која предствља повратни истрошени електролит из електролизе бакра са нерастворним електродама. Хидроксиоксими (кетоксими и алдоксими) који представљају течне јоноизмењиваче се користе као екстрагенци. Алдоксими као нпр. LIX860N (компаније Cognis) одлично селективно (у односу на гвожђе и друге јонске врсте) екстрахује бакар и из врло киселих раствора (pH -1,6), али да би се реекстраховао бакар потребна је већа концентрација сумпорне киселине него што је концентрација сумпорне киселине у истрошеном електролиту. Зато се не користи сам већ у смеси са, или кетоксимом и/или модификаторима (као нпр. естри) да би се добила оптимална „јачина“ екстрагенца. Симулацијом процеса екстракције и реекстракције на рачунару, одређује се „оптимална вредност“ екстракционе равнотежне константе при којој је степен екстракције бакра из лужног раствора максималан. Пошто су постројења за екстракцију бакра огромних капацитета то свако и минимално повећање степена екстракције бакра (удео или % бакра који се издваја из лужног раствора) доноси огромну добит па су такви програми за симулацију више него оправдани.

6. Стање решености тог проблема у свету:

Компаније које производе екстрагенце за бакар Cognis (LIX екстрагенци) и Сутес (Асорга екстрагенци) поседују софтвер за симулацију екстракције бакра из сулфатних раствора чијим коришћењем се одеђује оптималан састав и врста екстрагенца на основу састава почетног раствора пре екстракције, равнотежне изотерме за екстракцију и

реекстракцију, однос протока фаза, број ступњева у екстракцији и реекстракцији итд. Ови програми нису комерцијално доступни већ компаније за своје потенцијалне клијенте а на основу анализе лужног раствора изврше оптималан „избор“ састава екстрагенса и одреде параметре процеса. Компаније, које се озбиљно баве екстракцијом, имају развијене сопствене програме. Ови програми су или прескупи или су доступни само за клијенте за које се пројектује и/или гради постројење.

7. За кога је решење рађено: **Институт за Рударство и металургију, Лабораторија за хемијску динамику (060) Института за нуклеарне науке „Винча“.**
8. Година када је решење урађено и ко га је прихватио / примењује: **2009/2010. година; Институт за нуклеарне Винча, Лабораторија за хемијску динамику, Институт за Рударство и металургију у Бору**
9. Како су резултати верификовани (од стране ког тела): **Од стране директора Института за рударство и металургију, а на основу поднете документације аутора и писаног мишљења два рецензента-експерта из области техничког решења и Одлуке Научног већа Института за рударство и металургију.**
10. **Објашњење суштине техничког решења и детаљан опис са карактеристикама (фотографије, илустрације, технички цртежи):**



Сл. 1. Процес издвајања бакра из сиромашних руда (Биолужење – Солвентна екстракција – Електролиза, **BL-SX-EW**)

1. Руда се лужи уз помоћ мезофилних бактерија (*thiobacillus thiooxidans* и *thiobacillus ferrooxidans*). При томе се троши сумпорна киселина.
2. Кисели сулфатни раствор који садржи бакар и друге метале се уводи у мешач-одвајач (екстракција се изводи у 2-3 ступња)
3. Лужни раствор и органска фаза се мешају у мешачу. Бакар се „екстрахује“ из водене у органску фазу замењујући водоник у екстрагенсу који прелази у водену фазу тако да се генерише сумпорна киселина.

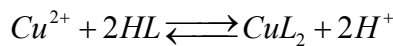
4. Двофазна течност-течна емулзија се раздваја у екстракционом одвајачу-таложнику. Осиромашена у бакру а обogaћена у сумпорној киселини, водена фаза – рафинат, се враћа на лужење.
5. Органска фаза богата бакром се одводи у мешач за реекстракцију.
6. Органска фаза се доводи у контакт са концентрованом сумпорном киселином – осиромашени електролит. Бакар се реекстрахује из органске у водену фазу а екстрагенс се преводи у кисели облик. Реекстракција се изводи у 1-2 равнотежна ступња.
7. Водени кисели раствор богат бакром и реекстрахована органска фаза (враћена у кисели облик) се раздвајају у одвајачу – таложнику. Органска фаза која садржи бакар у ниским концентрацијама се враћа у екстракцију. Органска фаза кружи у затвореном циклусу између екстракције и реекстракције и служи као нека врста „хемијске“ пумпе, која транспортује бакар из слабокиселог воденог раствора у електролит, концентрован раствор сумпорне киселине концентришући га 10-20 пута а у супротном смеру транспортује киселину ( $H^+$  јоне) из конц. киселог раствора у мање кисео раствор.
8. Концентрован раствор киселине богат са бакром се доводи у ћелију за електролизу где се на катоди издваја бакар а на нерастворној аноди кисеоник и ствара се  $H^+$  јон. Чистоћа издвојеног бакра је типично 99,999% или већа.
9. Концентрован раствор киселине из кога је бакар издвојен електролизом се враћа у мешач за реекстракцију. Концентрован раствор киселине кружи у затвореном циклусу између реекстракције и електролизе.



На Сл. 1. је приказана шема хидрометалуршког процеса издвајања бакра из сиромашних руда. Процес се састоји од три циклуса: 1. Циклус лужења (или биолужења) у коме кружи раствор за лужење, разблажена сумпорна киселина. 2. Циклус екстракције у коме кружи органска фаза и 3. циклус електролизе у коме кружи електролит. Процес екстракције и реекстракције је симулиран на рачунару користећи програм MathCAD вер. 14.

### Хемијски модел процеса екстракције бакра са хидроксиоксимима

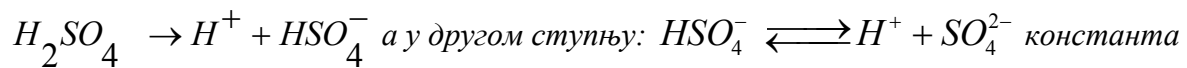
Једначина јонске измене између бакарних јона из водене фазе  $Cu^{2+}$  и екстрагенса који је растворен у органској фази означен као HL се може написати као:



Равнотежна екстракциона константа је дата једначином:

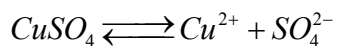
$$K_{ex} = \frac{[H^+]^2 \cdot [CuL_2]}{[Cu^{2+}] \cdot [HL]^2}$$

Сумпорна киселина у првом ступњу потпуно дисосује према једначини:



дисоцијације другог ступња дисоцијације износи:

$$K_H = \frac{[H^+] \cdot [SO_4^{2-}]}{[HSO_4^-]}, K_H = \frac{1}{130}$$



$$K_{Cu} = \frac{[Cu^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}]}{[CuSO_4]}, K_{Cu} = \frac{1}{500}$$

Претпостављено је да се гвожђе налази у облику ферисулфата и да у потпуности дисосује.

Уведимо следеће ознаке за концентрације у воденој фази:

$X_{H_2SO_4} = [H_2SO_4]_{(aq)}$  почетна концентрација сумпорне киселине у воденој фази

$X_{HSO_4} = [HSO_4^-]_{(aq)}$  концентрација бисулфатног јона

$X_{CuSO_4} = [CuSO_4]_{(aq)}$  концентрација недисосованог бакар сулфата

$X_{Fe} = 2[Fe_2(SO_4)_3]_{(aq)}$  концентрација укупног гвозђа у воденој фази

$X_{SO4T}$  укупна концентрација сулфата у воденој фази

$X_{Cu}$  концентрација укупног бакра у воденој фази

Укупна концентрација сумпорне киселине у  $Kmol\ m^{-3}$  се израчунава користећи Solve Block подпрограм у MathCAD-у:

**Given**

$$X_{Cu0} + X_{H2SO40} + \frac{3}{2} \cdot X_{Fe} = \frac{(2 \cdot K_H \cdot X_{H2SO40} - K_H \cdot X_{H0})}{X_{H0}} \dots$$

$$+ \frac{K_H \cdot (2 \cdot X_{H2SO40} - X_{H0}) \cdot X_{Cu0}}{K_{Cu} \cdot X_{H0} + 2 \cdot K_H \cdot X_{H2SO40} - K_H \cdot X_{H0}} \dots$$

$$+ (2 \cdot X_{H2SO40} - X_{H0})$$

$X_{H2SO4}(X_{Cu0}, X_{H0}) := \text{Find}(X_{H2SO40})$

Равнотежна зависност концентрација у воденој и органској фази дата је следећом јед.:

$$F(X, Y, X_H, Y_L, K_{ex}) := Y \cdot X_H^2 - K_{ex} \cdot X \cdot (Y_L - 2 \cdot Y)^2$$

$$F(X, Y, X_H, Y_L, K_{ex}) = 0$$

Ако се екстракција одвија у два мешача-одвајача (ступња) а реекстракција у једном и ако су концентрације у ступњевима у равнотежи добија се на основу материјалног биланса и зависности концентрације бакра у органској фази од концентрација у воденој фази датих горњом равнотежном једначином око сваког ступња добија се систем једначина.

Блок за решавање система једначина (MathCad14):

**Given**

Први ступањ:

$$(X_{Cu0} - X_{Cu1}) + \frac{Q_y}{Q_x} \cdot (Y_2 - Y_1) = 0$$

$$X_1 = \frac{K_{Cu} \cdot X_{Cu1}}{K_{Cu} + X_{SO41}}$$

$$X_{sulph} = X_{SO41} + \frac{X_{H1} \cdot X_{SO41}}{K_H} + \frac{X_{SO41} \cdot X_{Cu1}}{K_{Cu} + X_{SO41}} \text{ укупни сулфати}$$

$$(X_{H0} - X_{H1} + X_{HSO40}) - \frac{X_{H1} \cdot X_{SO41}}{K_H} + 2 \cdot (X_{Cu0} - X_{Cu1}) = 0 \text{ биланс водоника}$$

$$F(X_1, Y_1, X_{H1}, Y_L, K_{ex}) = 0$$

Други ступањ:

$$(X_{Cu1} - X_{Cu2}) + \frac{Q_y}{Q_x} \cdot (Y_3 - Y_2) = 0$$

$$X_{H1} - X_{H2} - \frac{X_{H2} \cdot X_{SO42}}{K_H} + \frac{X_{H1} \cdot X_{SO41}}{K_H} + 2 \cdot (X_{Cu1} - X_{Cu2}) = 0$$

$$X_2 = \frac{K_{Cu} \cdot X_{Cu2}}{K_{Cu} + X_{SO42}}$$

$$F(X_2, Y_2, X_{H2}, Y_L, K_{ex}) = 0$$

$$X_{sulph} = X_{SO42} + \frac{X_{H2} \cdot X_{SO42}}{K_H} + \frac{X_{SO42} \cdot X_{Cu2}}{K_{Cu} + X_{SO42}}$$

Секција за реекстракцију:

3-ћи ступањ:

$$(X_{Cus0} - X_{Cu3}) + \frac{Q_y}{Q_{xs}} \cdot (Y_1 - Y_3) = 0$$

$$X_{Hs0} - X_{H3} + X_{HSO4S0} - \frac{X_{H3} \cdot X_{SO43}}{K_H} + 2 \cdot (X_{Cus0} - X_{Cu3}) = 0$$

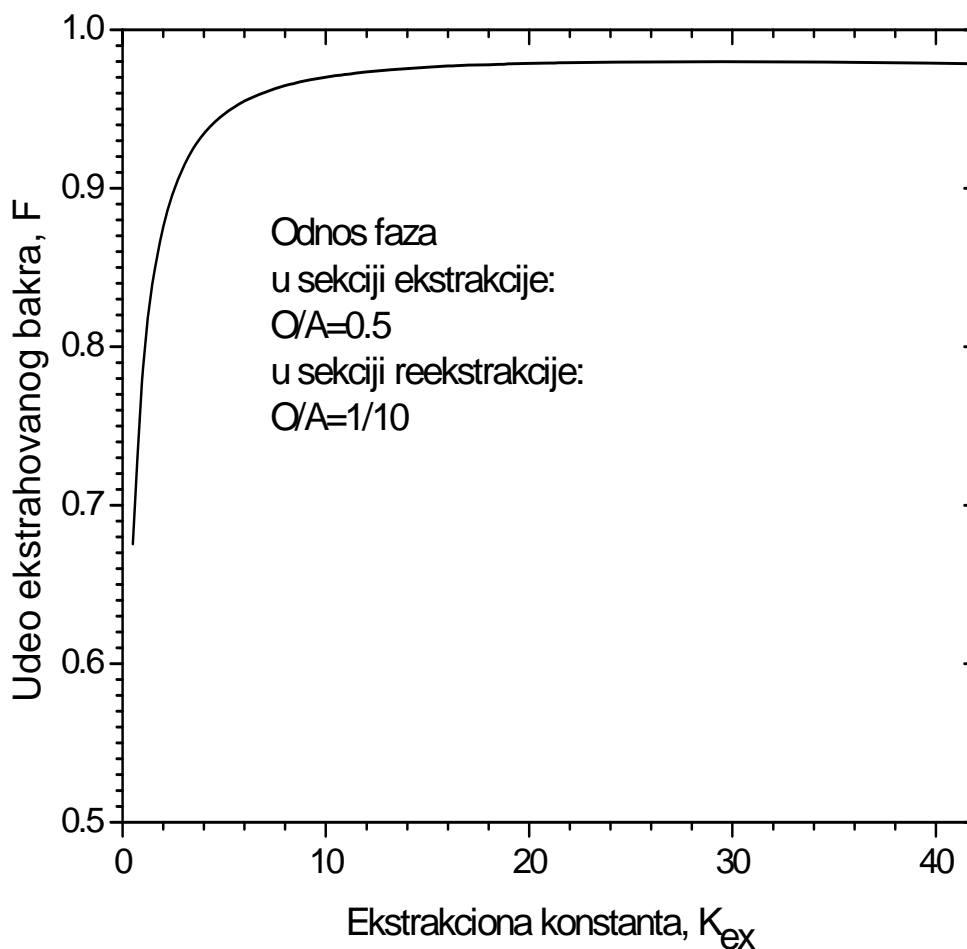
$$F(X_3, Y_3, X_{H3}, Y_L, K_{ex}) = 0$$

$$X_3 = \frac{K_{Cu} \cdot X_{Cu3}}{K_{Cu} + X_{SO43}}$$

$$X_{sulphS} = X_{SO43} + \frac{X_{H3} \cdot X_{SO43}}{K_H} + \frac{X_{SO43} \cdot X_{Cu3}}{K_{Cu} + X_{SO43}}$$

$$X_{sol}(Y_L, K_{ex}, Q_y) := \text{Find}(X_{Cu1}, X_{Cu2}, X_{Cu3}, Y_1, Y_2, Y_3, X_{H1}, X_{H2}, X_{H3}, X_1, X_2, X_3, X_{SO41}, X_{SO42}, X_{SO43})$$

Решење система једначина даје равнотежне концентрације по ступњевима. За случај репрезентативног узорка добијеног лужењем са почетном концентрацијом бакра од **1,1 g/L** и **pH=2.25** варирана је равнотежна екстракциона константа и рачунат удео екстрахованог бакра (предрављен на Сл. 1.). Оптимална вредност равнотежне екстракционе константе за ове услове (однос фаза ( $O/A=0,5$  у екстракцији и  $1/10$  у секцији реекстракције) износи 30.



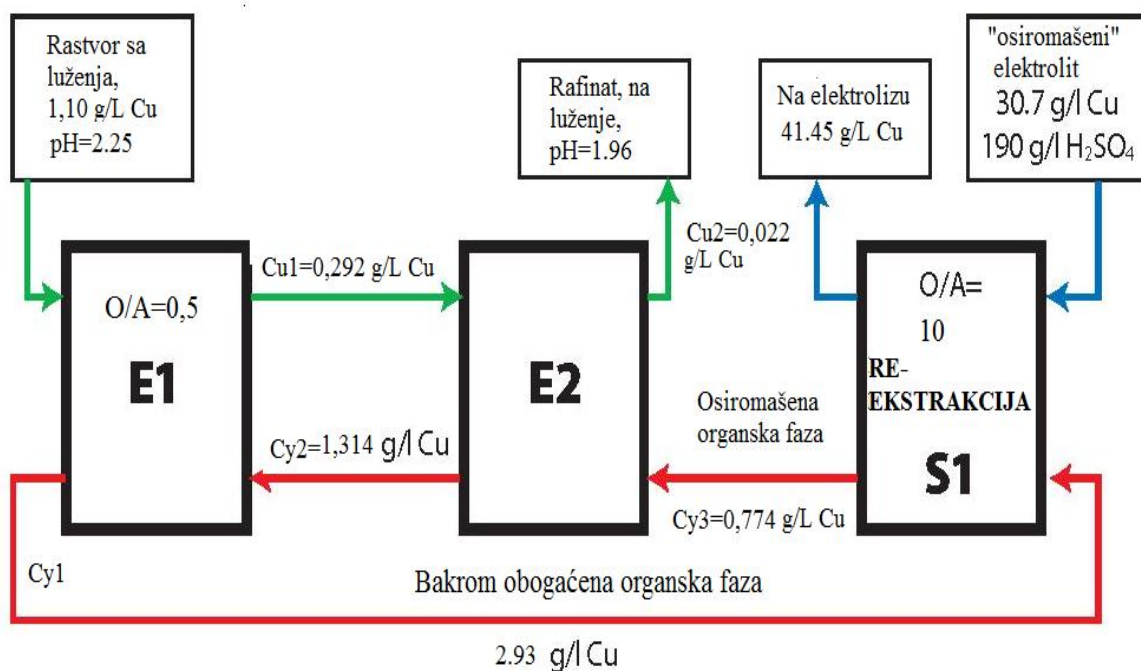
Сл. 1 Зависност удела екстрахованог бакра од “јачине” екстрагенса (екстракционе константе).

### 11. Како је решење реализовано и где се примењује / могућности примене техничког решења, тј на који начин се користи:

Овај програм за симулацију је примењен на случај екстракције бакра из раствора добијених из Лабораторијског постројења за интегрални третман рудничких вода и коповске раскривке рудника Церово које представља резултат рада на овом пројекту. На основу типичног раствора добијеног лужењем урађена је симулација на рачунару при чему је добијена вредност оптималне екстракционе константе која одговара екстрагенсу LIX984 или LIX984N. Израчунате су концентрације бакра по ступњевима на основу чега је конструисан McCabe Thiel-ов дијаграм. Програм се може применити на било који водени раствор из кога треба екстраховати бакар. Метода симулације је идеална за испитивања - пробања разних варијанти тешнолошке шеме, „шта ако“ мењајући параметре процеса: број ступњева у екстракцији, број ступњева у реекстракцији, односе протока фаза,



концентрацију сумпорне киселине за реекстракцију, вредност равнотежне екстракционе константе (тј. „јачину екстрагенса“ итд. израчунавајући и пратити њихов утицај на степен екстракције бабра. Само „оптимални“ параметри би се проверавали експериментално.



Сл. 2. Шема процеса екстракције бабра из сулфатних раствора добијених лужењем у два теоријска равнотежна ступња (мешача-одвајача) у секцији екстракције и једног равнотежног ступња у секцији реекстракције. Концентрације у ступњевима су добијене решењем система једначина за вредност екстракционе константе  $K_{ex}=30$ .

## 12. Коришћена литература:

1. *MCT Redbook*, Solvent Extraction Reagents and Applications, Copyright© 2007 by Cognis Group, Cognis Corporation.
2. *Rassel, J.H. Modeling Cu Extraction from Acidic Solutions using P5100, PT5050, and LIX84*, Solvent Extraction & Ion Exchange, 8(6), 855-873(1990).
3. *Stevanović, R.V., Čokeša, Đ.M., Mitrović, A.A., Simulation and Comparison of Various Phase Flow Arrangements for Copper by LIX64 Extraction Process*, J. Serb. Chem. Soc., 61, 505-515(1996).
4. *Lo, Teh C., Baurd, Malcolm H. I., Hanson, Carl, Handbook of Solvent Extraction*, Wiley, New York, 1983.
5. *V. Rod, Chem. Eng. J.*, 29, 77(1984).
6. *G.M. Ritcey and A.W. Ashbrook, Solvent extraction : principles and applications to process metallurgy*, Elsevier/North-Holland, 1984.