

Inhibitor və biosid xassəli yeni metal komplekslər

F.F. Vəliyev

"Neftqazəmlətdəqiqətləyinhə" Institutu

e-mail: fuadfamilvaliyev@gmail.com

Açar sözlər: korroziya inhibitorları, mikrobioloji korroziya, mexanizm, liqand, metal komplekslər.

DOI.10.37474/0365-8554/2020-8-46-52

Новые комплексы металлов с ингибирующими и биоцидными свойствами

Ф.Ф. Валиев
НИПНефтегаз

Ключевые слова: ингибиторы коррозии, микробиологическая коррозия, механизм, лиганд, комплексы металлов.

На основе синтезированного N, N'-(пиразин-2-ил)пиридин-2,6-диаминного лиганда (N5-2pz), его линейного пяти-адерного стринга никеля(II) [Ni₂(μ₂-dpzpd)₂Cl₂] (Ni₂-N5-2pz) и четырехадерного комплекса меди(II) [Cu₂(Hdpzpd)₂(CH₃COO)₂] (Cu4-N5-2pz) приготовлены метанолиевые растворы с различными концентрациями. Изучено антикоррозионное водородное действие этих растворов на углеродистую сталь Ст 20 в модели пластовой воды, насыщенной углекислым газом (CO₂) в среде различной концентрации сероводорода (H₂S). Исследованы также биоцидные свойства приготовленных растворов против коррозионных бактерий (сульфатредуцирующих бактерий, бактерий Тион, углеродородокисляющих бактерий) на образцах пластовой воды, взятых из оршаевых эксплуатационных скважин НГДУ "Бибиэйбатнефть" и получены хорошие результаты.

New metal complexes with inhibiting and biocide properties

F.F. Veliyev
"Oil-Gas Scientific Research Project" Institute

Keywords: corrosion inhibitors, microbiological corrosion, mechanism, ligand, metal complexes.

Methanol solutions of various concentrations have been developed based on synthesized N, N'-(piazin-2-yl) pyridine - 2,6-diamine ligand (N5-2pz), its linear pentanuclear of nickel string (II) [Ni₂(μ₂-dpzpd)₂Cl₂] (Ni₂-N5-2pz) and tetracyclic copper complex (II) [Cu₂(Hdpzpd)₂(CH₃COO)₂] (Cu4-N5-2pz). Anticorrosion impact of these solutions on carbon steel St20 was studied on the model of produced water saturated with carbon dioxide (CO₂) in the medium of hydrogen sulphide with different concentrations (H₂S). Biocide properties of developed solutions against corrosion bacteria (sulphate-reducing bacteria, Tionand carbon oxidizing bacteria) have been studied on the samples of produced water taken from flooded production wells of "Bibiheybat" OGP as well and good results obtained.

Giriş

Korroziya – ətraf mühitin təsiri zamanı baş verən kimyəvi reaksiyalar nəticəsində metalların dağılması prosesidir [1]. Polad öz mexaniki xüsusiyyətlərinə və aşağı dəyərinə görə müxtəlif sənaye sahələrində, o cümlədən, neft-qazın çıxarılması, nəqli və emalı üçün avadanlıqlar, reaktorlar, istilikdəyişdiricilər, qazanlar, rezervuarlar, boru kamərlərinin və s. hazırlanması üçün konstruksiya materialları kimi geniş tətbiqə malikdir [2]. Bu zaman poladın korroziasına qarşı müxtəlif üsullardan istifadə olunur ki, onlardan da sadə və iqtisadi cəhətdən daha səmərəli korroziya inhibitorları və biosidlərin tətbiqi hesab olunur [3]. Korroziyanın qarşısının alınmasında tərkibində sərbəst elektron cütünə malik azot, oksigen, kükürd kimi heteroatomları saxlayan və π-orbitalına malik maddələr böyük əhəmiyyətə malikdir [4–8]. Tərkibində azometin qrupu (C=N) saxlayan şiff əsasları və eləcə də onları keçid metalları ilə əmələ gətirdikləri metal komplekslər yüksək effektivliyə malik olan biosidlər və korroziya inhibitorları hesab edilir. Şiff əsaslarının inhibitor effektivliyi onu əmələ gətirən amin və aldehidindən dəfələrlə çoxdur və bu hal molekula azometin qrupunun olması ilə izah olunur [9–15]. Məlumdur ki, neft-mədən və soyutma sistemi avadanlıqlarının oksəriyativ mikrobioloji korroziya prosesləri nəticəsində sızardan çıxır [16]. Sulfatreduksiyaedici bakteriyalar (SRB) korroziyanın sürətini artıraraq pitting (nöqtə) korroziyasına səbəb olur. Biosidlər SRB inkişafına mane olaraq metalları korroziyadan effektiv mühafizə edir [17, 18]. Bir sıra tədqiqat işlərinə keçid metal duzlarının SRB-nin inkişafına təsiri öyrənilmişdir [19–21].

Ümumiyyətlə, bölünməmiş elektron cütünə malik və onu verə bilən heteroatomlar saxlayan funksional qruplu birləşmələr biosid və metalların korroziya inhibitorları kimi böyük əhəmiyyətə malikdir [22]. Bu nöqtəyə nəzərdən tərkibində çoxlu sayda azot atomu saxlayan oliqo-α-amino-piridinlərin, onların pirazin və pirimidinlə modifikasiya olunmuş analoglarının və metal komplekslərinin biosid xassələrinin tədqiqi xüsusi maraq kəsb edir. Ədəbiyyat materiallarından məlumdur ki, bu birləşmələrin biosid və korroziya inhibitorları kimi xassələri tədqiq edilməmişdir.

Tədqiq olunan məqalədə əvvəllər təsəvvürləndirilmiş sintez olunmuş N,N'-di(pirazin-2-il)piridin-2,6-diamin (H₂dpzpd) liqandının (N5-2pz), onun beşnövüli nikel(II) strinq kompleksinin [Ni₂(μ₂-dpzpd)₂Cl₂] (Ni₂-N5-2pz) və həmçinin dördnövüli mis(II) [Cu₂(Hdpzpd)₂(CH₃COO)₂] kompleksinin biosid xassələri haqqında məlumatlar müqayisəli şəkildə verilmişdir [23].

Təcrübi hissə

Reagentlərin biosid xassələri, "Bibiheybatneft" NQCI-nin sulaşması istismar quyularından götürülmüş lay suyu nümunələrində korroziya törədiciləri arasında (SRB, tion bakteriyaları (TB), karbohidrogen oksidləşdirici bakteriyalar (KOB)) miqdarının təyini NACE TM0194-2014 – neft, qaz sistemlərində bakterioleji inkişafın sahə monitorinqi, PJD 39-3-973-83 – "neft-mədən sularında mikrobioloji çirklənməyə nəzarət metodu-kasi, reagentlərin biosid və mühafizə xassələrinin qiymətləndirilməsi" standartlarına əsasən təyin edilmişdir. Lay suyu nümunəsi "Bibiheybatneft" NQCI-nin 754 №-li quyusundan götürülmüşdür.

Mikroorqanizmlərin mövcudluğu lay suyu nümunəsinin hər qrup mikroorqanizmlərə uyğun olan selektiv mühiyyə əkilması yolu ilə təyin edilmişdir.

Qida mühiyyətinin hazırlanması

SRB-lər aşağıda göstərilən tərkibdəki Postgeyrt qida mühiyyətdə hazırlanmışdır: bunun üçün 1 q NH₄Cl, 0.5 q K₂HPO₄, 2 q MgSO₄ x 7H₂O, 25 q NaCl, 0.1 q CaCl₂x6H₂O, 1 q maye ekstraktı, 5 q Na laktatın 60 %-li məhlulu, 0.1 q askorbin turşusu, 0.5 q FeSO₄x7H₂O, 0.1 q tioklikol turşusu 1 l distillə suyunda həll edilərək avtoklavda sterilizasiya olunur (pH 7.2). Hazırlanmış qida mühiyyəti yaxşı qarşılıdırıldıqdan sonra həcmi 10 ml olan şüşə flakonlara doldurulur və işarələrin. Şüşə flakonlar iynə ilə deşildikdə qaz fazasını buraxmayan xüsusi rezindən hazırlanmış tıxaclarla təchiz edilmişdir.

TB və KOB isə PJD 39-3-973-83 metodikasında göstərilən qida mühiyyətlərində hazırlanmışdır. Bu zaman KOB-lər üçün Raymond mühiyyəti seçilmişdir.

Mikrobioloji tədqiqatlar aparmaq üçün tədqiq olunan su nümunəsi içərisində uyğun qida mühiyyəti olan şüşə flakona daxil edilir və qarşılıdırılır. Mikroorqanizmlərin miqdarını təyin etmək üçün ardıcıl durulaşma üsulu ilə əkin prosesi aparılır. Əkin başa çatdıqdan sonra bütün şüşə flakonlar 32 °C temperaturda inkubasiya olunur. SRB üçün inkubasiya dövrü 15 gün, digər bakteriyalar üçün isə 1 aydır. Inkubasiya müddəti bitdikdən sonra bakteriyaların mövcudluğu və miqdarı PJD 39-3-973-83 metodikasına uyğun təyin edilir. Bu zaman bakteriyə hüceyrələrinin miqdarı aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$N = 10^{n-V}$$

burada n – bakteriyaların toruzi qeyd olunan sonuncu şüşə qabda aparılan əkinin durulaşmasının sıra nömrəsi; V – əkin üçün götürülmüş tədqiq olunan suyun miqdarıdır, ml.

Korroziyadan mühafizə xassələri

Korroziyadan mühafizə xassələrinin təyini FOCT 9.506 – 87 standartına əsasən qravimetrik üsulla otaq temperaturunda yerinə yetirilmişdir. Korroziya aqressiv mühiyyə kimi sıxlığı 1120 q/m³ olan mineralaşdırılmış lay suyu modelindən istifadə edilmişdir. Lay suyu modelini hazırlamaq üçün kimyəvi təmiz reagentlər (34 q CaCl₂ x 6 H₂O, 17 q MgCl₂ x 6 H₂O, 163 q NaCl, 0.14 q CaSO₄ x 2H₂O) analitik toruzidə çəkilərək həcmi bir litr olan ölçülü kolbaya yerləşdirilir və üzərinə ölçü xəttinədək distillə suyu əlavə etməklə tam həll olanadək qarşılıdırılır. Tədqiq olunan mühiyyə (hazırlanmış model su) inert qaz (azot) oksigenləşdirilir və karbon qazı (CO₂) ilə doydurulduqdan sonra mühiyyə hidrogen sulfid (H₂S) əlavə olunur. H₂S qazı "Kip" aparatında Na₂S və HCl-ün qarşılıqlı təsirdən alınmışdır. Mühiyyə H₂S-in miqdarı OCT 39-234-89 standartına əsasən yodometrik üsulla təyin olunmuşdur.

Korroziya sınaqları FOCT-9.905-82 (Korroziya test üsulları) standartına əsasən Cr 20 polad nümunələrindən hazırlanmış 50 x 50 x 0.3 mm ölçüdə düzbucaqlı lövhələr üzərində aparılmışdır. Nümunələrin səthi R_a ≤ 1.6 mkm hamarlığına qədər şiflənmis və asetona yağsızlaşdırılmışdır. Sınaqdan əvvəl nümunələrin səthini aktivləşdirmək üçün onlar bir dəqiqə müddətinə 15 %-li xorid

türsüsu (HCl) məhluluna daxil edilmiş, sonra axar suda və distillə suyunda yuyularaq süzəcə kağızı ilə qurudularaq saxlanılmaqla analitik torəzində bir saat eksikatora daxil edilmiş analitik torəzində 0,0001 q dəqiqliklə çəkilmişdir. Sınaqlar götürülən mühitin həcmi hər 1 sm² nümunə sahəsi üçün 20 sm²-dən az olmamaq şərti ilə altı saat müddətində aparılmışdır.

Naticələr və onların təhlili

Sintez olunmuş birləşmələrin plankton bakteriyalarına qarşı biosid xassələrinin qiymətləndirilməsi onların saf maddəyə hesablanmış 25, 50, 100 və 200 mq/dm² qatılıqlı məhlullarının sınaqlarına əsasən aparılmışdır. Bu məqsədlə həcmi 200 ml olan və havası arqonla sıxışdırılıb çıxarılmış altı ədəd steril şüşə flakon hazırlanır. Bu flakondan dördünə tədqiqat üçün birləşmənin 5000 mq/l qatılıqlı metanolda məhlulundan steril şprislə ardıcıl olaraq 1, 2, 4 və 8 ml əlavə edilir. Metanolun təsirini qiymətləndirmək üçün 5-ci flakona 2 ml metanol, 6-cı flakona isə müqayisə üçün distillə suyu əlavə olunur. Bu şüşə qabların hər birinə ölçü xəttinədək "Bibiheybətneft" NQÇI-nin 754 №-li quyusundan yeni steril qabda götürülmüş lay suyu nümunəsi əlavə edilir. Qablara oksigenin daxil olmamasını təmin etmək üçün xüsusi arakəsmələr-dən (Septium seals) istifadə olunur. Qabların ağzı qapanmaqla yaxşı qarışdırılır. Hazırlanmış biosidlərin təsir müddətlərini qiymətləndirmək üçün 6, 24 və 48 saatdan sonra hər bir flakondan 1 ml götürülərək SRB, TB və KOB-lar üçün hazırlanmış qida mühitlərində ekilərək, ardıcıl durulaşma

metodu ilə SRB üçün 15 gün, digər bakteriyalar üçün isə 30 gün inkubasiya olunmaqla yaşayan bakteriyaların miqdarı təyin edilir. Sintez olunmuş biosidın bakteriyaların məhvətinə dərsəsi Z, % aşağıdakı ifadədən təyin olunur:

$$Z (\%) = 100 (\lg N_0 - \lg N_{\text{ing}}) / \lg N_0,$$

burada N₀, N_{ing} – ilkin və biosid əlavə olunmuş halda bakteriyaların miqdarıdır.

Cu4-N5-2pz reagenti (biosidi) üçün laboratoriya tədqiqatlarının nəticələri cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəldən görüldüyü kimi metanolun heç bir biosid effekti aşkar edilməmişdir. İnhibitorun əlavə olunmadığı lay suyu nümunəsində müvafiq qida mühitlərində bakteriyaların sürətli inkişafı müşahidə edilmişdir. Belə ki, SRB miqdarı 10⁷ hüce/ml, KOB 10⁷ hüce/ml, TB isə 10⁶ hüce/ml olmuşdur. Cu4-N5-2pz reagentinin sistemə 25 mq/l qatılıqda əlavə edilməsinin ilk 6 saat müddətində SRB-lar mühafizə effekti 28.6 %, 24 saat müddətində 57.1 %, 48 saat müddətində isə 85.7 % olmuşdur. Bu miqdar TB-lər üçün müvafiq olaraq 16.7 %, 33.3 %, 66.7 %, KOB-lar üçün isə 14.3 %, 38.6 %, 57.1 % olmuşdur. Cu4-N5-2pz reagentinin qatılığının 50 mq/l-ə qədər artırılması SRB bakteriyaları üçün 48 saat müddətində 100 %, TB-lər üçün 83.3 %, KOB-lar üçün isə 85.7 % mühafizə effekti yaratmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, Cu4-N5-2pz reagenti KOB və TB-lər 100 % mühafizə effektini 100 mq/l qatılıqda göstərir. Müqayisə üçün, ədəbiyyatdan yaxşı məlum olan "Heфтрeraz-2008"

Cədvəl 1

C ₀ , mq/l	SRB, hüce/ml	Z, %	TB, hüce/ml	Z, %	KOB, hüce/ml	Z, %
6 saat						
0	10 ⁷	-	10 ⁶	-	10 ⁷	-
0(metanol)	10 ⁷	-	10 ⁶	-	10 ⁷	-
25	10 ⁶	28.6	10 ⁶	16.7	10 ⁶	14.3
50	10 ⁴	42.9	10 ⁴	33.3	10 ⁴	42.9
100	10 ¹	57.1	10 ¹	50.0	10 ¹	57.1
200	10 ¹	57.1	10 ¹	50.0	10 ¹	57.1
24 saat						
25	10 ¹	57.1	10 ¹	33.3	10 ¹	28.6
50	10 ²	71.4	10 ¹	50.0	10 ¹	57.1
100	10 ¹	85.7	10 ²	66.7	10 ²	71.4
200	-	100	10 ¹	83.3	10 ¹	85.7
48 saat						
25	10 ¹	85.7	10 ²	66.7	10 ¹	57.1
50	-	100	10 ¹	83.3	10 ¹	85.7
100	-	100	-	100	-	100
200	-	100	-	100	-	100

reagenti, lay sularında SRB-lərdən 100 % mühafizə effektini daha yüksək qatılıqlarda (500 mq/l) göstərir [24].

Cu4-N5-2pz reagentinin biosid xassələrinin öyrənilməsi ilə bağlı aparılan laboratoriya tədqiqatları həmçinin Ni₂-N5-2pz və N5-2pz reagentləri üçün də həyata keçirilmişdir. Alman nəticələr uyğun olaraq cədvəl 2 və 3-də verilmişdir.

Cədvəl 2-dən görüldüyü kimi 25 mq/l qatılıqda Ni₂-N5-2pz reagenti ilk 6 saat müddətində

Cədvəl 2

C ₀ , mq/l	SRB, hüce/ml	Z, %	TB, hüce/ml	Z, %	KOB, hüce/ml	Z, %
6 saat						
0	10 ⁷	-	10 ⁶	-	10 ⁷	-
0(metanol)	10 ⁷	-	10 ⁶	-	10 ⁷	-
25	10 ⁶	42.9	10 ⁶	33.3	10 ⁶	42.9
50	10 ²	71.4	10 ⁶	33.3	10 ⁶	42.9
100	10 ¹	85.7	10 ²	66.7	10 ²	71.4
200	-	100	10 ¹	83.3	10 ²	71.4
24 saat						
25	10 ¹	85.7	10 ²	66.7	10 ¹	42.9
50	-	100	10 ²	66.7	10 ¹	71.4
100	-	100	10 ¹	83.3	10 ¹	85.7
200	-	100	-	100	-	100
48 saat						
25	-	100	10 ¹	83.3	10 ¹	85.7
50	-	100	-	100	-	100
100	-	100	-	100	-	100
200	-	100	-	100	-	100

SRB-lər üçün 42.9 %, 24 saat müddətində 85.7 %, 48 saat müddətində isə 100 % mühafizə effekti göstərir. Bu miqdar TB-lər üçün müvafiq olaraq 33.3, 66.7, 83.3, KOB üçün isə 42.9, 42.9 və 85.7 % olmuşdur. Ni₂-N5-2pz reagentinin qatılığının 50 mq/l-ə artırılması zamanı SRB 24 saat müddətində 100 %, TB 66.7 %, KOB isə 71.4 % mühafizə effektinə malik olmuşdur. Ni₂-N5-2pz reagenti KOB və TB-lər üçün 100 mq/l qatılıqda 100 % mühafizə effekti yaradır.

Qeyd etmək lazımdır ki, alman nəticələr Ni₂-N5-2pz reagentinin bakterisid xassələrinin Cu4-N5-2pz reagentinə nisbətən daha yüksək olduğunu göstərir. Belə ki, SRB-nin 100 %-li məhvi Cu4-N5-2pz reagentinin 50 mq/l qatılıqda baş verdiyi halda, Ni₂-N5-2pz reagenti üçün bu nəticə iki dəfə aşağı qatılıqda, yəni 25 mq/l-də baş verir. Digər tərəfdən, TB və KOB üçün də 100 % müdafə effekti Ni₂ reagentinin daha aşağı qatılıqda müşahidə olunur.

Cədvəl 3-dən görüldüyü kimi, tərkibində

metal ionu saxlamayan və N,N'-di(pirazin-2-il)piridin-2,6-diamin birləşməsi əsasında hazırlanan N5-2pz reagenti də yüksək bakterisid xassəsinə malikdir. Bu reagentin sistemə 50 mq/l qatılıqda əlavə edilməsi SRB, TB və KOB üçün 48 saat müddətində 100 % mühafizə effekti yaradır. Ümumiyyətlə, N5-2pz reagentinin bakterisid effektivliyi Cu4-N5-2pz və Ni₂-N5-2pz reagentlərinə müqayisə qədər aşağıdır. Tədqiqat olunmuş reagenlərin bakterisid effektivliyi sarsı

Ni₂ > Cu4 > N5 kimidir.

Beləliklə, alman nəticələr N,N'-di(pirazin-2-il)piridin-2,6-diamin liqandı, onun xətti quruluşu döndürülməli mis(II) və beşnəvli nikel(II) kompleksləri əsasında hazırlanmış reagentlərin çox yüksək bakterisid xassələrinə malik olmasını sübut edir. Bu birləşmələr arasında komplekslər, xüsusilə də nikel(II) kompleksi liqanda nisbətən daha yaxşı təsir effekti göstərir. Buna səbəb isə, yəqin ki, nikel(II) kompleksinin daha yüksək lipofil (hidrofob) xassəyə malik olmasıdır. Yüksək lipofililiyi nəticəsində nikel(II) kompleksi lipid membranını asanlıqla keçir və mikroorqanizmlərin fermentlərinin metal birləşdirən sahələrini bloklayır. Metal kompleksləri, həmçinin hüceyrə tonəffüs prosesinə təsir göstərir, proteinlərin sintezinə mane olur və orqanizmin sonrakı inkişafının qarşısını alır.

Sintez olunmuş birləşmələrin korroziyadan mühafizə effekti onların saf maddəyə hesablanmış 30, 60, 120, 250, 500 mq/m² qatılıqlarında aparıl-

Cədvəl 3

C _{met} , mq/l	SRB, hñe/ml	Z, %	TB, hñe/ml	Z, %	KOB, hñe/ml	Z, %
6 saat						
0	10 ⁴	-	10 ⁴	-	10 ⁴	-
0(metanol)	10 ⁴	-	10 ⁴	-	10 ⁴	-
25	10 ⁴	28.6	10 ⁴	16.7	10 ⁴	14.3
50	10 ⁴	28.6	10 ⁴	33.3	10 ⁴	28.6
100	10 ⁴	42.9	10 ⁴	50.0	10 ⁴	42.9
200	10 ⁴	42.9	10 ⁴	50.0	10 ⁴	57.1
24 saat						
25	10 ⁴	42.9	10 ⁴	33.3	10 ⁴	28.6
50	10 ⁴	57.1	10 ⁴	50.0	10 ⁴	57.1
100	10 ⁴	71.4	10 ⁴	66.7	10 ⁴	71.4
200	10 ⁴	85.7	-	100	10 ⁴	85.7
48 saat						
25	10 ⁴	85.7	10 ⁴	66.7	10 ⁴	71.4
50	-	100	-	100	-	100
100	-	100	-	100	-	100
200	-	100	-	100	-	100

miş sınaqlara əsasən yerinə yetirilmişdir. Sınaqlardan sonra nümunələrin səthində mövcud korroziya məhsulları ГОСТ 9.907-83 standartına əsasən təmizlənmiş, axar və distillə suyunda yuyularaq filtr kağızı ilə qurudulmuş eksikatorada sabit kütləyə gətirilməklə analitik tərzədə çəkilərək kütlə itkilərinə əsasən korroziya sürətləri təyin olunmuşdur. Korroziya sürəti, altı paralel təcrübə

bəyə görə nümunələrin kütlə itkisi ilə qiymətləndirilmişdir. Reagentlərin korroziyadan mühafizə effekti Z aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$Z, \% = 100[(K_0 - K_{\text{ing}})/K_0],$$

burada K_0 , K_{ing} – müvafiq olaraq, reagentsiz və inhibitor əlavə edilmiş məhlulların korroziya sürətidir.

Cədvəl 4

C _{met} , mq/l	C _{met} , mq/l	500 mq/l		1000 mq/l	
		K, q/m ² saat	Z, %	K, q/m ² saat	Z, %
Ni ₂ -N5-2pz reagenti					
0		0.4653	-	0.8735	-
30		0.1456	68.7	0.2498	71.4
60		0.0637	86.3	0.0856	90.2
120		0.0391	91.6	0.0367	95.6
250		0.0201	95.7	0.0131	98.5
500		0.0052	98.9	0.0070	99.2
Cu4-N5-2pz reagenti					
30		0.2085	55.2	0.3014	65.5
60		0.1517	67.4	0.2070	76.3
120		0.1196	74.3	0.1293	85.2
250		0.0717	84.6	0.0743	91.5
500		0.0340	92.7	0.0376	95.7
N5-2pz reagenti					
30		0.2513	46	0.3640	65.5
60		0.1985	57.3	0.2460	76.3
120		0.1516	67.4	0.1713	85.2
250		0.0987	84.6	0.1013	91.5
500		0.0590	92.7	0.0622	95.7

Cədvəl 4-də komplekslərin model suda H₂S-in 500 mq/l və 1000 mq/l qatılıqlarında Cr 20 polad nümunələr üzərində korroziyadan mühafizə effektləri (Z, %) verilmişdir.

Cədvəldən göründüyü kimi, model su məhlulunda H₂S-in 500 mq/l qatılığında Ni₂-N5-2pz və Cu4-N5-2pz reagentlərinin 120 mq/l miqdarında korroziyadan mühafizə effektləri müvafiq olaraq 91.6 və 74.3 % olduğu halda, H₂S-in 1000 qatılığında 60 mq/l miqdarda mühafizə effektləri 90.2 və 76.3 % olmuşdur. Yəni məhlulda H₂S-in qatılığı artdıqca Ni₂-N5-2pz və Cu4-N5-2pz reagentlərinin korroziyadan mühafizə effektləri artır. Həmçinin Ni₂-N5-2pz reagenti Cu4-N5-2pz reagentinə nəzərən daha yüksək mühafizə effektinə malikdir. Belə ki, Ni₂-N5-2pz reagenti 60 mq/l qatılıqda 90.2 % mühafizə effektlərinə malik olduğu halda, Cu4-N5-2pz reagenti 250 mq/l-da həmin effektdə sahibdir. Bu hal Ni₂-N5-2pz və Cu4-N5-2pz reagentlərinin tamamilə müxtəlif quruluş xüsusiyyətlərinə malik olmaları ilə izah oluna bilər.

Aparılan tədqiqat işindən alınan və ədəbiyyatdan məlum olan nəticələrə əsaslanaraq hesab etmək olar ki, N,N'-di(pirazin-2-il)piridin-2,6-diamin üzvi birləşməsinin və onun əsasında alınan metal komplekslərin yüksək korroziya inhibitoru xassələri, həmin maddələrin tərkibində olan aromatik halqaların π-elektronlarının, eləcə də sərbəst elektron cütünə malik elektromənfə azot(donor) atomlarının olması ilə əlaqədardır [9, 20, 21]. Bu birləşmələr metallara qarşılıqlı korrosiya olduqda sərbəst elektron cütlerini və həmçinin molekulları daxililən olan istənilən π-elektronları metala ötürərək (bağışlayaraq) Lyuis asanları ro-

lunu oynaya bilir. Nəticədə, N,N'-di(pirazin-2-il)piridin-2,6-diamin və onun metal komplekslərinin metal səthinə adsorbsiyası baş verir və metal səthdə əmələ gələn qoruyucu təbəqə onu aqressiv mühitdən təcrid edərək korroziya prosesinin qarşısını alır. Yəqin ki, adsorbsiya prosesində sistemdə (inhibitor molekullarında) olan π-elektronlarının və azot donor atomlarının miqdarı həlledici rol oynayır. Digər tərəfdən, dəmirin Fe azot atomları saxlayan üzvi molekullarla (liqandlarla) yüksək koordinasiya qabiliyyəti, metal səthi üzərində adsorbsiyasının azot atomlarının iştirakı ilə baş verdiyini deməyə əsas verir.

Nəticə

1. N,N'-di(pirazin-2-il)piridin-2,6-diamin liqandı, onun xətti quruluşlu döndürülməmiş(II) və beşnəvəli nikel(II) kompleksləri əsasında hazırlanmış reagentlərin "Bibihəybətneft" NQÇ-1-in sulaşmış istismar qayullarından götürülmüş lay suyu nümunələrində korroziya törədiciləri bakteriyalar əleyhinə çox yüksək bakterisid xassələrinə malik olmaları müəyyən olunmuşdur. Daha yüksək bakterisid xassəsi göstərən N5 reagentinin 48 saat müddətində SRB-nin 25 mq/l qatılıqda, TB və KOB isə 50 mq/l qatılıqda 100 % məhv etmə qabiliyyətinin olduğu aşkar edilmişdir.

2. N,N'-di(pirazin-2-il)piridin-2,6-diamin üzvi birləşməsinin və onun əsasında alınan metal komplekslərin yüksək korroziya inhibitoru xassələrinə malik olması, inhibitor kimi effektivlik sırası (Ni₂ > Cu4 > N5) və təsir mexanizmi müəyyən edilmişdir.

Ədəbiyyat ədəbiyyatı

1. Бойчук В.А., Гриняев Н.С., 2005. Коррозия и защита металлов: методические указания для студентов первого курса дневной и заочной форм обучения Казанского гос. архитектурно-строительного университета. Казань, 28 с.
2. Tao Z., Zhang S., Li W., Hou B. Corrosion inhibition of mild steel in acidic solution by some oxo-triazole derivatives. Corros. Sci., 2009, v. 51, p. 2588.
3. Trabacelli G. Inhibitors - an old remedy for a new challenge. Corrosion, 1991, v. 47, No 6, p. 410.
4. Housseini M., Mertens S.E.L., Ghorbani M., Arshadi M.R. Asymmetrical Schiff bases as inhibitors of mild steel corrosion in sulfuric acid media. Mater. Chem. Phys., 2003, v. 39, p. 800.
5. Singh A.K., Quraishi M.A. Effect of Cefazolin on the corrosion of mild steel in HCl solution. Corros. Sci., 2010, v. 52, p. 152.
6. Nassar A. M., Hassan A. M., Shevli M. A., Elkamash A. N. Synthesis, Characterization and Anticorrosion Studies of New Homobimetallic Co(II), Ni(II), Cu(II) and Zn(II) Schiff Base Complexes. J Bio Tribol Corros., 2015, v. 1, p. 15.
7. Singh A.K., Quraishi M.A. Study of some bidentate schiff bases of isatin as corrosion inhibitors for mild steel in hydrochloric acid solution. Int. J. Electrochem. Sci., 2012, v. 7, p. 3222.
8. Singh A.K., Quraishi M.A., Ebenso E.E. Inhibitive effect of cefuroxime on the corrosion of mild steel in hydrochloric acid solution. Int. J. Electrochem. Sci., 2011, v. 6, p. 5676.
9. Envergil K.C., Atakol O. Corrosion inhibition of mild steel with schiff base compounds in 1 M HCl. Mater. Chem. Phys., 2003, v. 82, p. 188.
10. Nassar A. M., Hassan A. M., Elkamash A. N. Synthesis, characterization, corrosion inhibition of mild steel in HCl (0.5 N) solution and solid-state electrical conductivity of new Co(II), Ni(II), Cu(II) and Zn(II) complexes. Appl. Organometal. Chem., 2016, v. 31, p. 3572.
11. Envergil K.C., Kartaran R., Atakol O., 2003. An investigation of chloride-substituted Schiff bases as corrosion inhibitors for steel. Corros. Sci., v. 45, p. 2803.
12. L.J.S. Chen S., Lei S., Ma H., Ji R., Lin D. Investigation on some Schiff bases as HCl corrosion inhibitors for copper. Corros. Sci., 1999, v. 41, p. 1273.
13. Agrawal Y.K., Talati J.D., Shah M.D., Desai M.N., Shah N.K. Schiff bases of ethylenediamine as corrosion inhibitors of zinc in sulphuric acid. Corros. Sci., 2004, v. 46, p. 633.

14. *Mahdiyev M., Altar M.M.* Electrochemical behaviour of some transition metal acetylacetonate complexes as corrosion inhibitors for mild steel. *Corros. Sci.*, 2009, v. 51, p. 409.
15. *Poornima T., Nayak J., Shetty A.N.* Effect of diacetyl monoxime thiosemicarbazone on the corrosion of aged 18 Ni 250 grade maraging steel in sulphuric acid solution. *J. Metall.*, 2012, v. 2012, p. 1.
16. *Hamilton W.A.* Sulphate-reducing bacteria and anaerobic corrosion. *Ann. Rev. Microbiol.*, 1985, v. 39, p. 195.
17. *Javaherkashi R., Ramani S.R.K., Parter C., Pereloma E.V.* Microbiologically assisted stress corrosion cracking of carbon steel in mixed and pure cultures of sulfate reducing bacteria. *Int. Biodeter. Biodegr.*, 2006, v. 58, p. 27.
18. *Azzam E.M.S., Sami R.M., Kandile N.G.* Activity inhibition of sulfate reducing bacteria using some cationic thiol surfactants and their nanostructures. *Am. J. Biochem.*, 2012, v. 2, p. 29.
19. *Ibrahim M.M., Hameed R.S. Abdel, Abd-Elhakeem H.Abu-Nowwas.* Schiff bases and their metal complexes as corrosion inhibitors for steel alloys in acidic media. *OCAH*, 2013, v. 9, p. 493.
20. *Devika B.G., Doraswamy B.H., Tandon H.C.* Corrosion behaviour of metal complexes of antipyrine based azo dye ligand for soft-cast steel in 1 M hydrochloric acid. *Journal of King Saud University – Science*, 2020, v. 32, p. 881.
21. *Khaled K.F., Babic-Samarzija K., Hackerman N.* Cobalt(III) complexes of macrocyclic-bidentate type as a new group of corrosion inhibitors for iron in perchloric acid. *Corros. Sci.*, 2006, v. 48, p. 3014.
22. *Ismail A. Aiad, Nabel A. Negm.* Some Corrosion Inhibitors Based on Schiff Base Surfactants for Mild Steel Equipments. *J. Dispers. Sci. Technol.*, 2009, v. 30, p. 1142.
23. *Ismayilov R.H., Valiyev F.F., Tagiyev D. B., Song Y., Israfilov N.V., Wang W.-Z., Lee G.-H., Peng S.-M., Suleimanov B.A.* "Linear pentanuclear nickel(II) and tetranuclear copper(II) complexes with pyrazine-modulated tripryridylamine ligand": Synthesis, structure and properties. *Inorg. Chim. Acta*, 2018, v. 483, p. 386.
24. *Gamukova N.S., Azimov N.A., Akhmedova A.V.* Zashchita neftepromyslovogo oborudovaniya ot mikrobiologicheskoy korrozii reagentami serii "NEFTEGAZ" // Nauchnye Trudy NIPIneftegaz, 2013, No 2, s. 71.

References

1. *Boychuk V.A., Gromakov N.S.* Korrozija i zashchita metallov: metodicheskie ukazaniya dlya studentov pervogo kursa dnevnoj i zaochnoj form obucheniya Kazanskij gos. arkhitekturno-stroitel'nyj universitet. Kazan', 2005, 28 s.
2. *Tao Z., Zhang S., Li W., Hou B.* Corrosion inhibition of mild steel in acidic solution by some oxo-triazole derivatives. *Corros. Sci.*, 2009, v. 51, p. 2588.
3. *Trabanelli G.* Inhibitors - an old remedy for a new challenge. *Corrosion*, 1991, v. 47, No 6, p. 410.
4. *Hosseini M., Mertens S.F.L., Ghorbani M., Arshadi M.R.* Asymmetrical Schiff bases as inhibitors of mild steel corrosion in sulfuric acid media. *Mater. Chem. Phys.*, 2003, v. 39, p. 800.
5. *Singh A.K., Quraishi M.A.* Effect of Cefazolin on the corrosion of mild steel in HCl solution. *Corros. Sci.*, 2010, v. 52, p. 152.
6. *Nassar A.M., Hassan A.M., Shweib M.A., Elmash A.N.* Synthesis, Characterization and Anticorrosion Studies of New Homobimetallic Co(II), Ni(II), Cu(II), and Zn(II) Schiff Base Complexes. *J Bio TriboCorros.*, 2015, v. 1, p. 15.
7. *Singh A.K., Quraishi M.A.* Study of some bidentate schiff bases of isatin as corrosion inhibitors for mild steel in hydrochloric acid solution. *Int. J. Electrochem. Sci.*, 2012, v. 7, p. 3222.
8. *Singh A.K., Quraishi M.A., Eberso E.E.* Inhibitive effect of cefuroxime on the corrosion of mild steel in hydrochloric acid solution. *Int. J. Electrochem. Sci.*, 2011, v. 6, p. 5676.
9. *Emregol K.C., Atakol O.* Corrosion inhibition of mild steel with schiff base compounds in 1 M HCl. *Mater. Chem. Phys.*, 2003, v. 82, p. 188.
10. *Nassar A.M., Hassan A.M., Elmash A.N.* Synthesis, characterization, corrosion inhibition of mild steel in HCl (0.5 N) solution and solid-state electrical conductivity of new Co(II), Ni(II), Cu(II) and Zn(II) complexes. *Appl. Organometal. Chem.*, 2016, v. 31, p. 3572.
11. *Emregol K.C., Kurtaran R., Atakol O.* An investigation of chloride-substituted Schiff bases as corrosion inhibitors for steel. *Corros. Sci.*, 2003, v. 45, p. 2803.
12. *Li S., Chen S., Lei S., Ma H., Yu R., Liu D.* Investigation on some Schiff bases as HCl corrosion inhibitors for copper. *Corros. Sci.*, 1999, v. 41, p. 1273.
13. *Agrawal Y.K., Takai J.D., Shah M.D., Desai M.N., Shah N.K.* Schiff bases of ethylenediamine as corrosion inhibitors of zinc in sulphuric acid. *Corros. Sci.*, 2004, v. 46, p. 633.
14. *Mahdiyev M., Altar M.M.* Electrochemical behavior of some transition metal acetylacetonate complexes as corrosion inhibitors for mild steel. *Corros. Sci.*, 2009, v. 51, p. 409.
15. *Poornima T., Nayak J., Shetty A.N.* Effect of diacetyl monoxime thiosemicarbazone on the corrosion of aged 18 Ni 250 grade maraging steel in sulphuric acid solution. *J. Metall.*, 2012, v. 2012, p. 1.
16. *Hamilton W.A.* Sulphate-reducing bacteria and anaerobic corrosion. *Ann. Rev. Microbiol.*, 1985, v. 39, p. 195.
17. *Javaherkashi R., Ramani S.R.K., Parter C., Pereloma E.V.* Microbiologically assisted stress corrosion cracking of carbon steel in mixed and pure cultures of sulfate reducing bacteria. *Int. Biodeter. Biodegr.*, 2006, v. 58, p. 27.
18. *Azzam E.M.S., Sami R.M., Kandile N.G.* Activity inhibition of sulfate reducing bacteria using some cationic thiol surfactants and their nanostructures. *Am. J. Biochem.*, 2012, v. 2, p. 29.
19. *Ibrahim M.M., Hameed R.S. Abdel, Abd-Elhakeem H.Abu-Nowwas.* Schiff bases and their metal complexes as corrosion inhibitors for steel alloys in acidic media. *OCAH*, 2013, v. 9, p. 493.
20. *Devika B.G., Doraswamy B.H., Tandon H.C.* Corrosion behavior of metal complexes of antipyrine based azo dye ligand for soft-cast steel in 1 M hydrochloric acid. *Journal of King Saud University – Science*, 2020, v. 32, p. 881.
21. *Khaled K.F., Babic-Samarzija K., Hackerman N.* Cobalt(III) complexes of macrocyclic-bidentate type as a new group of corrosion inhibitors for iron in perchloric acid. *Corros. Sci.*, 2006, v. 48, p. 3014.
22. *Ismail A. Aiad, Nabel A. Negm.* Some Corrosion Inhibitors Based on Schiff Base Surfactants for Mild Steel Equipments. *J. Dispers. Sci. Technol.*, 2009, v. 30, p. 1142.
23. *Ismayilov R.H., Valiyev F.F., Tagiyev D.B., Song Y., Israfilov N.V., Wang W.-Z., Lee G.-H., Peng S.-M., Suleimanov B.A.* "Linear pentanuclear nickel(II) and tetranuclear copper(II) complexes with pyrazine-modulated tripryridylamine ligand": Synthesis, structure and properties. *Inorg. Chim. Acta*, 2018, v. 483, p. 386.
24. *Gamukova N.S., Azimov N.A., Akhmedova A.V.* Zashchita neftepromyslovogo oborudovaniya ot mikrobiologicheskoy korrozii reagentami serii "NEFTEGAZ" // Nauchnye Trudy NIPIneftegaz, 2013, No 2, s. 71.