

ლევან ლელუაშვილი, თეიმურაზ ფირცხალავა, სვეტლანა სტერიაკოვა, გიორგი ლელუაშვილი

ნიადაგით გამოწვეული ელექტროქიმიური კოროზია ტენიან, ნაკლებ მჟავიან, ნეიტრალურ და ტუტოვან გარემოში

*ანოტაცია. სტატიაში გაანალიზებულია გალვანური ელემენტის მუშაობის ანოდური, გარდამავალი და კათოდური პროცესები. განხილულია ნიადაგით გამოწვეული ელექტროქიმიური კოროზია ტენიან, ნაკლებ მჟავიან, ნეიტრალურ და ტუტოვან გარემოში. მოცემულია მიწისქვეშა მილსადენის კოროზიის სქემა ნიადაგის აერაციის სხვადასხვა პირობებში. განიხილება მიწისქვეშა კოროზიის სხვადასხვა პირობებში კოროზიის პროცესის მონიტორინგის შემთხვევები: ნიადაგისეული კოროზია უპირატესი კათოდური კონტროლით; კოროზია ფხვიერ, მშრალ ნიადაგებში (ანოდური კონტროლი); გრძელვადიანი კოროზია (გაბატონებული ომური კონტროლი).*

*საკვანძო სიტყვები: კოროზია; მიწისქვეშა მილსადენები; ანოდური პროცესი; შუალედური პროცესი; კათოდური პროცესი; ნიადაგისეული ელექტროქიმიური კოროზია.*

*რეცენზენტი: სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის ფეთქებადი მასალების კვლევის და აფეთქების ტექნოლოგიების ლაბორატორიის უფროსი მეცნიერი თან., აკად. დოქტორი, მ. ნადირაშვილი.*

**შესავალი**

პროცესის მიმდინარეობის მიხედვით ანსხვავებენ ლითონის კონსტრუქციების ორი სახის კოროზიას: ქიმიურს და ელექტროქიმიურს [1]. ქიმიური კოროზია არის მეტალის ზედაპირის ურთიერთქმედება კოროზიულად აქტიურ გარემოსთან, რასაც არ მოსდევს ფაზათასახვადვარზეელექტროქიმიური პროცესების წარმოქმნა. ამ შემთხვევაში დაჟანგული ლითონის ურთიერთქმედება და კოროზიული გარემოს დამჟანგველი კომპონენტის აღდგენა ერთ აქტში მიედინებიან. ამ სახეობას განეკუთვნებიან გაზით გამოწვეული კოროზია და კოროზია არაელექტროლიტებში. გაზით გამოწვეული კოროზია, როგორც წესი შეპირობებულია ლითონისა და ჟანგბადის ურთიერთქმედებით მაღალ ტემპერატურაზე ლითონის ზედაპირზე ნესტის არ არსებობის დროს, რასაც თან სდევს ჟანგის, ხენჯისა და ფოლადის გაუნახშირბადოების წარმოქმნა (მაგალითად: წვის კამერის, გაზის ტურბინების ნიჩბების, აირძრავკომპრესორების და შიგაწვის ძრავების კოროზია და სხვა) [2].

ლითონის კოროზია არაელექტროლიტებში, ე.ი. სითხეები, რომლებიც არ ატარებენ ელექტროდენს შეპირობებულია ლითონის აგრესიულ კომპონენტებთან ურთიერთმოქმედებით, რასაც თან სდევს ამ კომპონენტების ლითონთან სხვადასხვა შენაერთების წარმოქმნა (მაგალითად: ლითონის მილსადენის შიგაზედაპირის კოროზია, რომლითაც ხდება ტრანსპორტირება ორგანული გამხსნელების, ნავთობის,

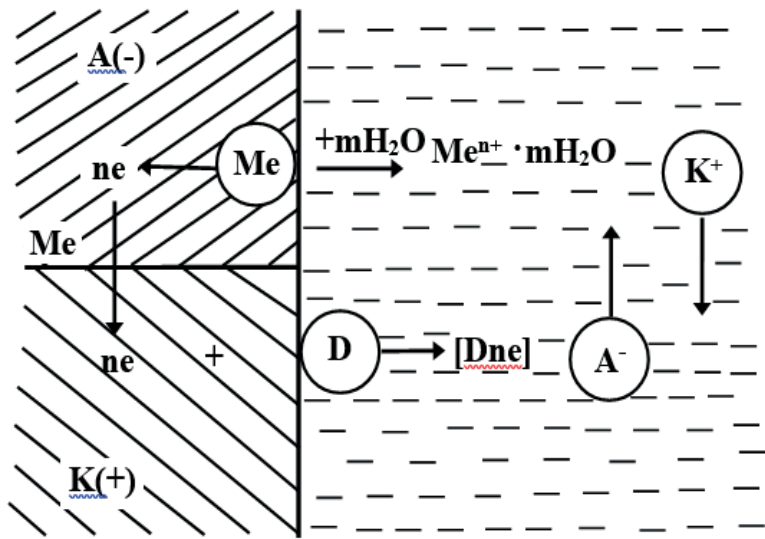
მაზუთის, ნავთის და სხვა) [3].

კოროზიულ გარემოში შექმნილი გალვანური ელემენტების ზემოქმედების ქვეშ ლითონის დაშლას ელექტროქიმიური კოროზია ეწოდება. ელექტროქიმიური კოროზია, ეს არის პროცესი, რომელსაც თან სდევს ლითონში და მის გარემომცველ გარემოში ელექტრო მუხტების გადაადგილება, ე.ი. პროცესს თან სდევს ელექტრო დენის გავლა. ქიმიური კოროზიისაგან განსხვავებით აქ წარმოიქმნება რეაქციის ორი მიმართულება - კათოდური და ანოდური. ელექტროქიმიური კოროზიის ნაირსახეობებია [4]:

- ატმოსფერული კოროზია, რომელიც წარმოიქმნება ლითონზე ნოტიო ჰაერის ან გაზის ზემოქმედების შედეგად;
- სითხით გამოწვეული კოროზია, რომელიც წარმოიქმნება დენგამტარ სითხეებში, როგორცაა: ზღვის წყალი, მჟავის ხსნარები, ტუტეები და მარილები;
- ნიადაგისეული ან მიწისქვეშა კოროზია, რომელიც წარმოიქმნება მიწაში ჩადებული ლითონის ხაზოვანი დანადგარების ან კონსტრუქციის ზედაპირზე;
- ელექტროკოროზია, რომელიც წარმოიქმნება გარე დენის წყაროს ან მოხეტიალე დენების ზემოქმედების შედეგად.

**ძირითადი ნაწილი**

ელექტროქიმიური კოროზიის პროცესის დროს მონაწილეობას იღებენ ლითონები, რომლებიც კარგად ატარებენ ელექტრო დენს მასში არსებული უარყოფითად დამუხტული ნაწილაკების ხარჯზე ე.წ. თავისუფალი ელექტრონები და ელექტროლიტები - მარილიანი წყლის ხსნარები, მჟავები, ტუტეები და აგრეთვე წყალი, რომელიც ატარებს დენს მასში არსებული მოლეკულა-იონების გახლეჩილი ნაწილების ხარჯზე, რომელთა ერთ ნაწილს გააჩნია დადებითი მუხტი (კათიონები) და მეორეს - უარყოფითი (ანიონები). უნდა აღინიშნოს, რომ ელექტროქიმიური კოროზია



ნახ. 1. ნიადაგისეული ელექტროკოროზიის სქემა

ყოველთვის წარმოიქმნება ლითონისა და ელექტროლიტის გამყოფ ზღვარზე და არ არის დამოკიდებული ელექტროლიტის ბუნებაზე, იქნება ეს სუფთა წყალი

თუ მარილიანი. არა აქვს არსებითი მნიშვნელობა აგრეთვე ელექტროლიტის რაოდენობას. ელექტროქიმიური კოროზიის მიმდინარეობის ერთ-ერთ პირობას წარმოადგენს ლითონის ზედაპირზე მისი იონიზაციის ანოდური რეაქციის და იონების ან მოლეკულების აღდგენის კათოდური რეაქციის შენაცვლების აუცილებლობა (ნახ. 1) [5].

ელექტროქიმიური კოროზიის თეორიის საფუძველზე ელექტროლიტის ხსნარში ჩადებული ელექტროდი ელექტროლიტთან შეხების ადგილებში გადასცემს დადებითად დამუხტულ იონებს ელექტროლიტის ხსნარს, ხოლო თავისუფალი ელექტრონები რჩებიან ლითონის ზედაპირზე. ამის შედეგად ელექტროდის მომიჯნავე ელექტროლიტების ხსნარის ფენა იმუხტება დადებითად, ხოლო ელექტროდი - უარყოფითად და მათ შორის მყარდება პოტენციალთა სხვაობა, რომლის სიდიდე არაერთგვაროვანია სხვადასხვა ლითონებისთვის [6].

იონების სახით ლითონის ელექტროლიტის ხსნარში გადასვლის თვისების რიცხობრივ შეფასებას ემსახურება ე.წ. ნორმალური ელექტროდული პოტენციალი. ნორმალური ელექტროდული პოტენციალი წარმოადგენს კათიონების ხსნარში გადასვლის ენერჯიის საზომს. რაც უარყოფითია ლითონის პოტენციალი, მით ნაკლებად ინარჩუნებს თავის კათიონებს და მით მეტადაა მიდრეკილი კოროზიისაკენ. პოტენციალის დადებითი სიდიდე მიუთითებს ლითონის კოროზიულ სიმტკიცეზე, ე.ი. ლითონი დადებითა ელექტროლიტის ხსნართან შედარებით და მისგან იღებს დადებით იონებს [7].

ელექტროლიტის ხსნარში მოთავსებული გალვანური ელემენტების მუშაობა შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგი პროცესებით [5, 6, 7]:

**ანოდური პროცესი** - არაკომპენსირებული ელექტრონების წარმოქმნა ლითონის ანოდური უბნების სიახლოვეს და ელექტროლიტში ლითონის ჰიდრატირებული იონების წარმოქმნა ან სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ უფრო მეტად უარყოფითი ლითონი იონიზირდება ე.ი. გადადის ხსნარში ჰიდრატირებული (გაწყლოვანებული) დადებითად დამუხტული იონების სახით, რაც პირობითად შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგი ფორმულით:



სადაც:  $M$  არის ნეიტრალური ლითონი;  $m$  - წყლის მოლეკულების აოდენობა;  $M^{n+}$  - ხსნარში გადასული ლითონის დადებითად დამუხტული იონი;  $n$  - ლითონში დარჩენილი ელექტრონების რაოდენობა;

**შუალედური პროცესი** - ჭარბი ელექტრონების გადადინება ლითონის ანოდური უბნიდან კათოდურ უბანში და კათიონებისა და ანიონების შესაბამისი გადაადგილება;

**კათოდური პროცესი** - იონების ან ელექტრონების მოლეკულების (დეპოლარიზატორების) მიერ ელექტრონების წართმევა. მაგალითად ელექტრონები გადადის წყალბადის იონებში და წარმოიქმნება წყალბადი



რომელიც გამოდის ხსნარიდან ბუშტუკების სახით. ასეთ პროცესს უწოდებენ კოროზიულ პროცესს წყალბადის დეპოლარიზაციით და იგი მიმდინარეობს მკავურ ელექტროლიტებში.

ჟანგბადის და მცირე კონცენტრაციის წყალბადის იონების მქონე გარემოში

კათოდთან რეაქცია მიმდინარეობს ჟანგბადისთვის ელექტრონების გადაცემით და მისი გარდაქმნით ჰიდროქსიდის იონად:



მსგავს პროცესს უწოდებენ კოროზიულ პროცესს ჟანგბადის დეპოლარიზაციით.

ასეთი გალვანური კოროზიული ელემენტის მუშაობის დროს ანოდი უწყვეტად გასცემს ლითონის იონებს და იშლება. კათოდზე კი ლითონის იონები კომპენსირდება ელექტრონებით და კათოდის დაშლა არ ხორციელდება.

**ნიადაგით გამოწვეული ელექტროქიმიური კოროზია.** მიწისქვეშა ლითონის ხაზოვანი დანადგარები და კონსტრუქციები იმყოფებიან მათზე გარშემორტყმული გრუნტის ზემოქმედების ქვეშე. გრუნტი თავისი სტრუქტურით არის არაერთგვაროვანი და შედგება მყარი ნაწილაკებისა და ნიადაგის ელექტროლიტისგან.

ძირითადი ფაქტორები, რომლებიც განსაზღვრავენ ნიადაგით გამოწვეულ კოროზიის ინტენსივობას შემდეგია: გრუნტის ტიპი; გრუნტში ხსნადი ნივთიერებების კონცენტრაცია და შემადგენლობა; გრუნტში ჰაერის შეღწევადობის ხასიათი; გრუნტის სტრუქტურა; გრუნტში ბაქტერიების არსებობა, რომლებიც ააქტიურებენ კოროზიის პროცესს; გრუნტის ტემპერატურა და ხვედრითი წინააღმდეგობა.

გრუნტები მისი წარმოქმნის პირობებიდან გამომდინარე იყოფიან: თიხოვან და მტვრისებრ (თიხა, ქვიშა, თიხნარი, ლიოსი), მონატეხისებრ (კენჭნარი, ღორღი, ხრეში), ტორფიან, ხელოვნურ და ნაყარ გრუნტებად.

ბუნებრივი გრუნტების შეფასებისას დიდი მნიშვნელობა აქვს მის ბმულობას, რომლის ქვეშ იგულისხმება ცალკეული ნაწილაკების ურთიერთკავშირი. გრუნტის ბმულობა იზრდება მასში შემავალი ცალკეული ნაწილაკების ზომების შემცირებისას. ბუნებრივ გრუნტებში მეტი კოროზიული აქტივობით გამოირჩევიან თიხოვანი, მლაშე, მტვრისებრი და ტორფიანი გრუნტები.

იმისდა მიუხედავად, რომ ხელოვნური და ნაყარი გრუნტები გვხვდებიან იშვიათად, სწორედ ისინი უნდა განვიხილოთ, როგორც განსაკუთრებულად საშიშნი კოროზიის თვალსაზრისით.

გრუნტში გახსნილ ნივთიერებათა შემადგენლობა და კონცენტრაცია განსაზღვრავს ნიადაგის ელექტროლიტის თვისებებს.

გრუნტის კოროზიული აქტივობის ერთ-ერთ მაჩვენებელს ფოლადთან მიმართებაში წარმოადგენს  $Fe$ -და  $S_4^{2-}$  იონების კონცენტრაცია. მათი ჯამური რაოდენობა გრუნტში თუ შეადგენს 0,1%-ზე მეტს, როგორც წესი, მიუთითებს მის მაღალ კოროზიულ აქტივობაზე. კოროზიის საშიშროება აგრეთვე დამოკიდებულია გრუნტის წყლით გაჯერების სიდიდეზე.

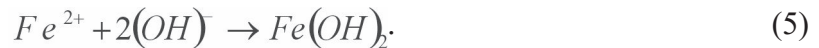
რკინის ანოდური დაშლის პროცესი ტენიან გრუნტებში შეიძლება განვსაზღვროთ შემდეგი განტოლებით



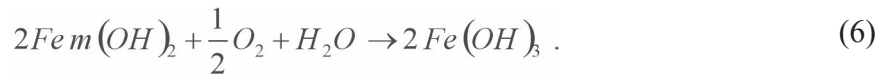
სადაც:  $Fe \cdot m \cdot H_2O$  არის გრუნტის ელექტოლიტში გარდამავალი რკინის ჰიდრატირებული (გაწყლოვანებული) იონი;  $e$  - ლითონის ზედაპირზე დარჩენილი ელექტრონები.



ნეიტრალური ან ტუტიანი თვისებების მქონე ძალზე ტენიან გრუნტებში ჟანგბადის უკმარობისას წარმოიქმნება თეთრი ფერის ქვეჟანგის ჰიდრატი



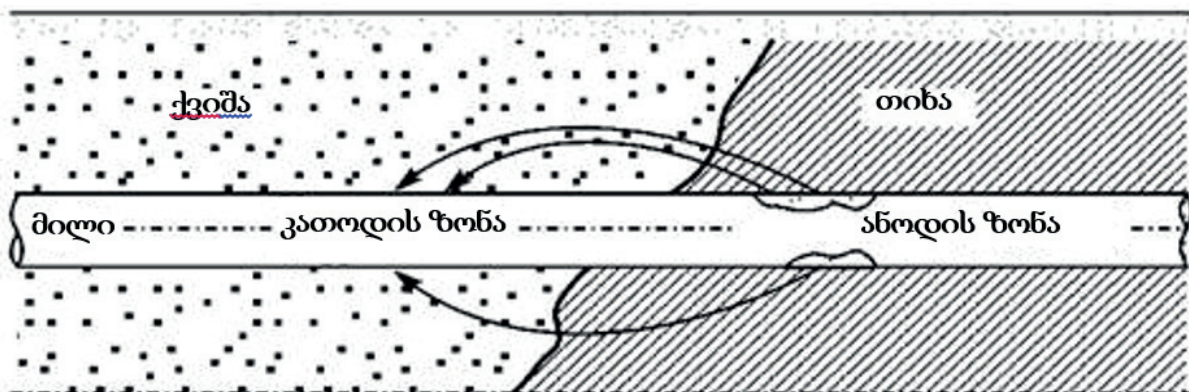
ნოტიო გრუნტებში ჟანგბადის არსებობისას ანოდურ უბნებზე რკინის ქვეჟანგის ჰიდრატი შესაძლებელია დაიჟანგოს და წარმოიქმნას მურა-წითელი ფერის რკინის ქვეჟანგის ჰიდრატი, რომელიც ძნელად სცილდება რკინის ზედაპირს:



ტენიან, ნაკლებ მჟავიან, ნეიტრალურ და ტუტოვან გრუნტებში კათოდური პროცესი მიმდინარეობს ჟანგბადის დეპოლარიზაციით - ჟანგბადის აღდგენით და მისი გადასვლით იონურ მდგომარეობაში.

ძლიერმჟავიან ტენიან გრუნტებში წყალბადის იონების მაღალი აქტივობის კათოდური პროცესი მიმდინარეობს წყალბადის დეპოლარიზაციით განტოლება (2)-ის მიხედვით.

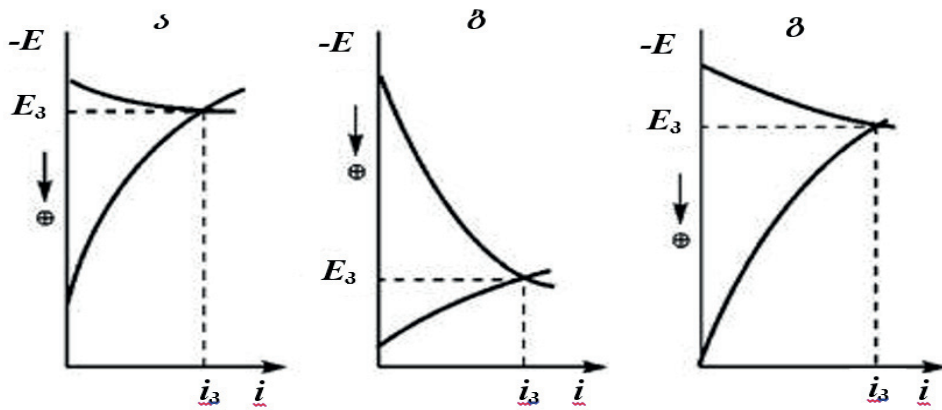
ნიადაგში მჟავის, ტუტის, სტრუქტურის შემჭიდროვებისა და სინოტივის არსებობაზე დამოკიდებულებით მისი ელექტროქიმიური თვისებები, როგორც კოროზიული გარემოსი, იცვლება დიდ ფარგლებში.



ნახ. 2. მიწისქვეშა მილსადენის კოროზიის სქემა ნიადაგის აერაციის სხვადასხვა პირობებში

კოროზიის სიჩქარეზე დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგის ჰაერშედწევადობა. ამ მიზეზით ქვიშნარი უფრო აგრესიულია, ვიდრე თიხნარი. თუ მილსადენი თანმიმდევრულად გაყვანილია ჯერ თიხნარში, შემდეგ კი ქვიშნარში, განსხვავებული აერაციის გამო წარმოიქმნება მიკროგალვანური კოროზიული ზონები: თიხოვან უბანზე - ანოდური, ქვიშნარზე - კათოდური (ნახ. 2). ლითონის რღვევა მიმდინარეობს იმ უბნებზე, სადაც შეზღუდულია ჟანგბადის მიწოდება [8].

უმეტესწილად ნიადაგებში კოროზიის პროცესი მიმდინარეობს კათოდური დამუხრუჭებით ჟანგბადის მიწოდების სიმცირის გამო (ნახ. 3 ა). ფხვიერ, კარგად აერირებად ნიადაგებში აღინიშნება ანოდური დამუხრუჭება (ნახ. 3 ბ). კოროზიული წყვილების წარმოქმნის შემთხვევაში, როდესაც ანოდური და კათოდური უბნები მნიშვნელოვნად დაშორებულია ერთმანეთისაგან, პროცესი ხასიათდება ომური დამუხრუჭებით (ნახ. 3 გ) [9].



ნახ. 3. სხვადასხვა პირობებში ნიადაგის კოროზიის პროცესის მონიტორინგის შემთხვევები:  
 ა) ნიადაგის კოროზია უპირატესი კათოდური კონტროლით; ბ) კოროზია ფხვიერ, მშრალ ნიადაგებში (ანოდური კონტროლი); გ) გრძელვადიანი კოროზია (ომური კონტროლი)

ნიადაგის კუთრი წინააღმდეგობა  $R_g$  მნიშვნელოვნად მოქმედებს გრუნტის კოროზიულ აგრესიულობაზე (ცხრ. 1). თავის მხრივ  $R_g$ -ს სიდიდეზე გავლენას ახდენს გრუნტის ტენიანობა, მინერალოგიური და გრანულომეტრული შედგენილობა. მაგალითად, თიხის გრუნტისათვის მშრალ მდგომარეობაში  $R_g = 240$  ომ·მ, ხოლო ტენიან მდგომარეობაში -  $R_g = 9$  ომ·მ [10].

ცხრილი 1

გრუნტის კოროზიული აგრესიულობის დამოკიდებულება ნიადაგის კუთრი წინააღმდეგობისაგან [10]

კუთრი წინააღმდეგობა, ომ·მ	< 5	5-10	10-20	20-100	>100
გრუნტის აგრესიულობა	განსაკუთრებით მაღალი	მაღალი	მომატებული	საშუალო	დაბალი

მიწისქვეშ მოთავსებული ლითონის კონსტრუქცია იშლება იმ ადგილებში, საიდანაც დენი გადადის მიწაში (ანოდური ზონა). კოროზირებული ლითონის რაოდენობა შეიძლება გამოითვალოს ელექტროლიზისთვის ფარადეის ფორმულით [11]:

$$G = K \cdot J \cdot t, \quad (7)$$

სადაც:  $G$  არის კოროზირებული ლითონის რაოდენობა, გრამებში;  $K$  - ლითონის ელექტროქიმიური ექვივალენტი (გრ/ა.სთ);  $J$  - დენის ძალა წრედში, ამპერი;  $t$  - დენის გავლის დრო, სთ.

ელექტროქიმიური ექვივალენტი ზოგიერთი ლითონისთვის შეადგენს: რკინა -1,04; ცინკი - 1,22; მაგნიუმი - 0,45; ალუმინი -0,335 გრ/ა.სთ.

მაგალითად: ერთი ამპერი დენის მიერ ერთი საათის განმავლობაში დაჟანგული და გამოტანილი იქნება შემდეგი რაოდენობის რკინა

$$G_{Fe} = 1,04 \frac{\text{გრ}}{\text{ა.სთ}} \cdot 1 \text{ა} \cdot 1 \text{სთ} = 1,04 \text{გრ}, \quad (8)$$

შესაბამისად 1 წელიწადში

$$G_{Fe} = 1,04 \frac{\text{გრ}}{\text{ა.სთ}} \cdot 24 \cdot 365 = 9110 \approx 9,11 \text{ კგ}. \quad (9)$$

ანოდური დამმიწებლები, რომლებიც გამოიყენებიან მიწაში განთავსებული ხაზოვანი დანადგარებისა და კონსტრუქციების დასაცავად, მათი მუშაობის ხანგრძლივობის ძირითად ფაქტორს წარმოადგენს მისი მასალის მდგრადობა ელექტროქიმიური კოროზიისაგან დაშლის მიმართ. ლითონის ანოდური დამმიწებლის ზედაპირიდან დენის გადინებისას მიწაში ხორციელდება ან ლითონის იონიზაცია (1) განტოლების მიხედვით ან ჟანგბადის ანოდური გამოყოფა



ფოლადის დამმიწებლის დროს იონიზაციის შედეგად წარმოებს რკინის ელექტროლიტური დაშლა მისი გადასვლით გარშემორტყმულ გარემოში ორ ვალენტის იონებად



ამიტომ ანოდური დამმიწებლის დაშლის პროცესის სიჩქარის შესამცირებლად იყენებენ მდგრად მასალებს სპეციალურ დანაყართან ერთად.

უნდა აღინიშნოს, რომ ნახშირბადიანი ჩანაყარი გამოიყენება მხოლოდ მაღალი ხვედრითი წინააღმდეგობის მქონე მშრალ გრუნტებში [12]. დღეისათვის მოქმედ დაცვის სისტემებში ანოდური დამმიწებლები, რომლებიც წარმოადგენენ დადებით ელექტროდს მუშაობენ ჟანგვის უწყვეტ რეჟიმში და განიცდიან ინტენსიურ დაშლას, რასაც მოსდევს მთელი დაცვის სისტემის მწყობრიდან გამოსვლა [13].

მომავალში მიზანშეწონილია დაცვისთვის მუდმივი დენის ნაცვლად გამოყენებული იქნას ნაკლებ კოროზიული ცვლადი დენი, რაც საშუალებას მოგვცემს ანოდური დამმიწებელი ვამუშაოთ ჟანგვა-აღდგენით ან კონდენსატორულ რეჟიმში, რითაც თავიდან ავიცილებთ მათ დაშლას ელექტროლიზის შედეგად.

## დასკვნები

ნიადაგში მოთავსებულ ლითონის კონსტრუქციის ზედაპირზე ელექტროქიმიური კოროზიის პროცესი მიმდინარეობს გალვანიური კოროზიული ელემენტის ანალოგიურად. ნიადაგში წარმოიქმნება ელექტროგამტარი გარემო-ელექტროლიტი,

რომლის მეშვეობითაც მილსადენის ზედაპირზე ჩნდება გარკვეული ელექტროქიმიური პოტენციალი - კათოდური და ანოდური უბნები.

ძირითადი ფაქტორები, რომლებიც განსაზღვრავენ ნიადაგით გამოწვეულ კოროზიის ინტენსივობას შემდეგია: გრუნტის ტიპი; გრუნტში ხსნადი ნივთიერებების კონცენტრაცია და შემადგენლობა; გრუნტში ჰაერის შეღწევადობის ხასიათი; გრუნტის სტრუქტურა; გრუნტში ბაქტერიების არსებობა, რომლებიც ააქტიურებენ კოროზიის პროცესს; გრუნტის ტემპერატურა და ხვედრითი წინააღმდეგობა.

ბუნებრივი გრუნტების შეფასებისას დიდი მნიშვნელობა აქვს მის ბმულობას, რომლის ქვეშ იგულისხმება ცალკეული ნაწილაკების ურთიერთკავშირი. გრუნტის ბმულობა იზრდება მასში შემავალი ცალკეული ნაწილაკების ზომების შემცირებისას. ბუნებრივ გრუნტებში მეტი კოროზიული აქტივობით გამოირჩევიან თიხოვანი, მლაშე, მტვრისებრი და ტორფიანი გრუნტები.

ნიადაგის კუთრი წინააღმდეგობა  $R_g$  მნიშვნელოვნად მოქმედებს გრუნტის კოროზიულ აგრესიულობაზე. თავის მხრივ  $R_g$ -ს სიდიდეზე გავლენას ახდენს გრუნტის ტენიანობა, მინერალოგიური და გრანულომეტრული შედგენილობა. მაგალითად, თიხის გრუნტისათვის მშრალ მდგომარეობაში  $R_g = 240$  ომ·მ, ხოლო ტენიან მდგომარეობაში -  $R_g = 9$  ომ·მ-ზე.

უმეტესწილად ნიადაგებში კოროზიის პროცესი მიმდინარეობს კათოდური დამუხრუჭებით ჟანგბადის მიწოდების სიმცირის გამო. ფხვიერ, კარგად აერირებად ნიადაგებში აღინიშნება ანოდური დამუხრუჭება. კოროზიული წყვილების წარმოქმნის შემთხვევაში, როდესაც ანოდური და კათოდური უბნები მნიშვნელოვნად დამორბეულია ერთმანეთისაგან, პროცესი ხასიათდება ომური დამუხრუჭებით.

## ლიტერატურა

1. <https://ingibitory.ru/dictionary/vidy-korrozii/>
2. <https://t-zinc.ru/o-kompanii/stati/ximicheskaya-korroziya.html>
3. <https://studfile.net/preview/6144952/page:14/>
4. <https://tehnoinfra.ru/korroziya/9.html>
5. Александров Ю. В., Агинец Р. В. Актуальные вопросы защиты от коррозии длительно эксплуатируемых магистральных газопроводов. Недра, Санкт-Петербург, 2012. 394 с.
6. Основы проектирования электрохимической защиты от коррозии подземных и подводных объектов транспорта нефти и газа: учеб. пособие / под ред. проф. Агинец Р. В. Недра, Санкт-Петербург, 2016. 198 с.
7. Романова, Л. В., Стариков А. Н. Защита трубопроводов от коррозии: учеб. пособие. Изд-во ВлГУ, Владимир, 2023. 111 с.
8. Семенова И.В., Хорошилов Л.В., Флорианович Г.М. Коррозия и защита от коррозии / под ред. И.В. Семеновой. 2-е изд., перераб. и доп. «Физматлит», Москва, 2006. 336 с.
9. <https://tehnoinfra.ru/korroziya/61.html>
10. <http://taketop.ru/articles/avtomatika/dispatch-ypravlenie/linejnue-sooryg/elektroxim>
11. ლ. ლელუაშვილი, გ. ლელუაშვილი, ს. სტერიაკოვა. მიწისქვეშა ლითონის რეზერვუარების ელექტროქიმიური კოროზიისაგან დაცვა. სამთო ჟურნალი, 1(45). თბილისი, 2022 . გვ. 63-67.
12. ლ. ლელუაშვილი, თ. რიგიშვილი, გ. ლელუაშვილი, ს. სტერიაკოვა. მიწისქვეშა ლითონის კონსტრუქციების ელექტროქიმიური კოროზიისაგან კათოდური დაცვის



ჟანგვა-აღდგენითი რეჟიმში მომუშავე ანოდური დამმიწებლის მქონე სისტემა.  
სამთო ჟურნალი, #1(44), თბილისი, 2021. გვ. 74-77.

13. Херодинашвили И.Ш., Лелуашвили Л.В., Хецуриани А.В. Устройство катодной защиты.  
А.С. 1253173. А1 10.12.84.

**LELUASHVILI LEVAN., PIRTSKHALAVA TEIMURAZ, STERIAKOVA SVETLANA,  
LELUASHVILI GIORGI**

### **SOIL ELECTROCHEMICAL CORROSION IN A MOST, LESS ACIDIC, NEUTRAL AND ALKALINE ENVIROMENT**

**ANNOTATION.** The article analyzes the anodic, transient and cathodic processes of a galvanic cell. Electrochemical corrosion caused by soil in a moist, less acidic, neutral and alkaline environment is discussed. The scheme of corrosion of underground pipelines under various conditions of soil aeration is given. The cases of corrosion process control for various soil corrosion conditions are considered: soil corrosion with prevailing cathodic control; corrosion in loose, dry soils (anodic control); corrosion over long stretches (prevailing ohmic control).

**KEYWORDS:** corrosion; underground pipelines; anodic process; intermediate process; cathodic process; electrochemical soil corrosion.