

პათოგენურ მიკროორგანიზმზე ვერცხლის იონთა ანტიმიკრობული მოქმედების მექანიზმის შესახებ. ბიოაქტიური კომპლექსნაერთები ახალ ტექნოლოგიებში.

თენგიზ წივწივაძე, ნოდარ ჩიგოვიძე, რეზო სხილაძე, რეზო კლდიაშვილი, გია სულაქველიძე

მიმოხილვითი ხასიათის სამეცნიერო ნაშრომი მოიცავს ნანოვერცხლშემცველი წყლისა და მისი კონცენტრატების ფიზიკურ-ქიმიურ და ფიზიოლოგიურ ქმედებებს პათოგენურ მიკროორგანიზმებზე. ნაჩვენებია ელექტროლიტური ვერცხლის ანტიმიკრობული მოქმედების მექანიზმი სასმელი, მინერალური წყლების და საკვები პროდუქტების გაუსნებოვნებისას და სამკურნალო-პროფილაქტიკურ პრაქტიკაში. გაანალიზებულია კვლევის შედეგები ბიოგენური ვერცხლისუტრამიკროელემენტის შესახებ, რომელიც აუცილებელია ცოცხალ არსებათა რიგი ორგანოების ნორმალური ფუნქციონირებისათვის, აგრეთვე ვერცხლის ხსნარების, ე.წ. „ვერცხლის წყლის“ შესახებ, რომელსაც აქვს მაღალი ბაქტერიციდული თვისებები.

ისტორიული ცნობა: ვერცხლთან ადამიანთა დამოკიდებულების შესახებ მოწმობს ლითონის სახელწოდება. თავად განსაჯეთ, რუსული „სერებრო“, გერმანული „ზილბერი“, ინგლისური „სილვერი“ წარმომავლობას იღებენ ძველინდური სიტყვიდან - „სარპა“, რომელიც აღნიშნავდა მთვარეს და მასთან ანალოგიით სერპი – მიწათმოქმედების უძველესი იარაღი (რუსული სიტყვა „სერპ“-იც, რა თქმა უნდა, „სარპი“-დან წარმომდგარია). ვერცხლის ლათინური სახელწოდება „არგენტუმ“, ისევე როგორც ძველბერძნული „არგიროს“, შუმერული „კუ-ბაბბარ“, ძველევგვიპტური „ჰად“, აღნიშნავს „თეთრს“. სამხრეთ ამერიკის ინდიელებს დიდი ხნის ნაცნობობა ჰქონიათ ვერცხლთან და უამრავი რაოდენობის ლითონიც დაუგროვებიათ წლების განმავლობაში. ინდიელთა ცივილიზაციის მოსპობის შემდეგ, ესპანელი დამპყრობლები დაუნდობლად ძარცვავდნენ მათ მიწაწყალს. სებასტიან კაბოლას მეზღვაურებმა, ნავით ლაშქრობისას, რომლებიც

მიცურავდნენ უზარმაზარი მდინარის (იგი მისი პირველადომიწენის ლოცმან რიო დე სოლის სახელს ატარებდა) დინების მიმართულებით, იმდენად აურაცხელი რაოდენობის ვერცხლი წაართვეს ადგილობრივ მოსახლეობას, რომ ექსპედიციის მეთაურმა სამართლიანად მიიჩნია, ლოცმანის სახელის ნაცვლად, მისთვის ვერცხლის – ლა პლატის – მდინარე ეწოდებინა, რაც დღემდე შემორჩა. ვერცხლის – ლა პლატის სახელი უწოდეს ესპანელებმა ქვეყანასაც, სადაც ეს მდინარე მიედინება. ესპანელებისგან გათავისუფლების შემდეგ (1848წ.) ქვეყანას შეუცვალეს სახელი და უწოდეს არგენტინა – სხვათაშორის, შინაარსობრივად სახელწოდება იგივე დარჩა. ვერცხლის ისტორია მჭიდროდ დაკავშირებულია ალქიმისტთან და მისი აღმავლობის პერიოდში

შემუშავებულია ვერცხლის კუპელირების მეთოდი. კიდევ უფრო ძველ დროში (2500 წლის წინათ), ეგვიპტეში ატარებდნენ ვერცხლისგან დამზადებულ სამკაულებს და მიმოქცევაში იყო ვერცხლის მონეტები, რომლებიც ოქროზე ძვირად ფასობდა. Xს. დადასტურებულად ითვლებოდა ვერცხლისა და სპილენძის ანალოგია და სპილენძი განიხილებოდა როგორც წითლად შეფერილი ვერცხლი. XVIს. პარაცელსიმ ელემენტებისგან მიიღო ვერცხლის ქლორიდი, ხოლო ბოილმა გამოიკვლია მისი ქიმიური შედგენილობა. მედიცინაში ცნობილი გახდა კოლოიდური ვერცხლის შემცველი რიგი ფარმაცეპტიკული პრეპარატები (არგიროლი, კოლარგოლი, პროტარგოლი და სხვ.), როგორც ლორწოვან გარსზე მოქმედი ანტისეპტიკური საშუალებები, ასევე, სუსპენზიებს ახასიათებს ანტისეპტიკური თვისებები, ვერცხლის იონები () სპობს ბაქტერიებს და ასტერილებს წყალს.

კაცობრიობის მოდემისთვის ლითონურ ვერცხლთან კონტაქტის შემდეგ წყლის სამკურნალო-პროფილაქტიკური თვისებები ცნობილი იყო ჯერ კიდევ შორეულ წარსულში. ამის დასტურია სამეცნიერო შრომები დაწერილი სანსკრიტზე [1]. ანტიკური მსოფლიოს ისტორიკოს პეროდოტეს ცნობით, ჩვენს ერამდე V საუკუნეში, სპარსეთის მეფე კირიონი ლაშქრობის დროს სარგებლობდა ისეთი სასმელი წყლით, რომელიც შენახული იყო ვერცხლის „წმინდა“

ჭურჭელში. ინდუსთა რელიგიურ წიგნებში მოხსენიებულია წყლის გაუსნებოვნების შესახებ, მასში გავარვარებული ვერცხლის ხანმოკლე ჩაძირვით წყალთან ლითონის ხანგრძლივი კონტაქტის შედეგად, ჩვეულებრივ პირობებში. ზოგიერთ ქვეყანაში ჩვეულება იყო წყლის გაწმენდისთვის მასში ვერცხლის მონეტების ჩაყრა ან კიდევ ვერცხლის თასებში წყლის შენახვა. მიაჩნდათ, რომ აღნიშნული საშუალებებით უმჯობესდებოდა წყლის ხარისხი, მაგრამ, რა თქმა უნდა, მრავალი ასწლეულის მანძილზე ხალხს არ ჰქონდა არავითარი წარმოდგენა ამ დროს მიმდინარე პროცესთა არსის შესახებ.

XIX საუკუნის ბოლოს მეცნიერ-მკვლევართა ყურადღება მიიპყრო ზოგიერთი ლითონის მადეზინფექციურებელმა თვისებებმა. სამეცნიერო ლიტერატურაში გაჩნდა ცნობები ლითონთა (სპილენძი, ვერცხლი) უნარზე წყალთან კონტაქტისას მასში არსებული მიკროორგანიზმების დახოცვის შესახებ. ეს აღმოჩენა ეკუთვნის შვეიცარიელ ბოტანიკოს კ. ნეგელს, რომელმაც იგი გამოაქვეყნა თავის სამეცნიერო ნაშრომში [2]. ის აკვირდებოდა ვერცხლის ზემოქმედებას მტკნარი წყლის წყალმცენარეებზე და აღწერა პროცესთა ორი სახე, რომლებიც ხდებოდა უჯრედში ვერცხლის გავლენით. ვერცხლის დიდი კონცენტრაციების ზემოქმედებით უჯრედის გარსი იკუმშებოდა ქლოროპლასთან ერთდროულად (ასევე ხდება სხვა მძიმე ლითონებით მოწამვლის დროსაც). ვერცხლის მცირე კონცენტრაციებისას (1:100 000 000) ქლოროპლასტი გამოეყოფოდა გარსს და იკუმშებოდა. ასეთ მოვლენას ნეგელმა უწოდა ოლიგოდინამია (ბერძნ. სიტყვიდან „ОЛИГОС“ – კვალი და „ДИНАМИС“ – მოქმედება, ე.ი. კვალის მოქმედება) – მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ ვერცხლი ავლენს ოლიგოდინამიურ თვისებებს მხოლოდ გახსნილ მდგომარეობაში [3].

ჰერცბერგმა დაადასტურა ნეგელის ცდები. ის აკვირდებოდა მყარ საკვებ გარემოს, რომელშიც დათესილი იყო ბაქტერიები, კოლოიდური ვერცხლის წვეთის გარშემო სტერილურ ზონას. ასეთი ზონის არსებობას მკვლევარი ხსნიდა ვერცხლის მაღალი კონცენტრაციის მოქმედებით მის ცენტრალურ ნაწილში, ხოლო

განაპირა ადგილებში ვერცხლის ოლიგოდინამიური მოქმედებით. ასეთი ახსნა სავსებით შესაბამისობაშია ნეგელის თეორიასთან.

ვინცეტმა, ადარებდა რა ერთმანეთს ზოგიერთი ლითონის აქტიურობას, დაადგინა, რომ ბაქტერიებზე ყველაზე ძლიერ ზეგავლენას ახდენდა ვერცხლი, შემდეგ სპილენძი და ოქრო. დიფტერიის ჩხირი ვერცხლის ფირფიტაზე ილუპებოდა 3 დღის შემდეგ, სპილენძზე – 6 დღის, ხოლო ოქროს ფირფიტაზე 8 დღის შემდეგ. სტაფილოკოკები ილუპებოდა: ვერცხლზე – 2 დღის შემდეგ, სპილენძზე – 3, ოქროზე – 9 დღის შემდეგ. ტიფის ჩხირები ილუპებოდა – ვერცხლზე და სპილენძზე 18 საათის, ხოლო ოქროზე 6-7 დღის შემდეგ.

მეცნიერთა ერთი ჯგუფის მიერ [4,5] ნაჩვენებია, რომ ვერცხლის მიერ ბაქტერიების მოსპობის ეფექტი დამოკიდებულია ლითონის ზედაპირზე მარილთა და ოქსიდთა წარმოქმნაზე. ეს ნაერთები წყალში გახსნისას წარმოქმნიან ვერცხლის იონთა ამა თუ იმ კონცენტრაციას, რომლებიც განაპირობებენ მის ბაქტერიციდულ თვისებებს. აღსანიშნავია ისიც, რომ ექსპერიმენტში დადგენილია [6] ქიმიურად სუფთა ლითონური ვერცხლის მცირე ბაქტერიციდურობა.

საინტერესო შედეგებია მიღებული ტილეს და ვოლფის მიერ, რომლებმაც ექსპერიმენტულად შეისწავლეს რამდენიმე გალვანური წყვილის ბაქტერიციდული ეფექტი: ვერცხლი – ოქრო, ვერცხლი – პლატინა, ვერცხლის ფხვნილი – პალადიუმი, ნახშირი – ვერცხლი. ნაჩვენებია, რომ ასეთ წყვილებში ბიოლოგიურად აქტიურია ხსნადი ელექტროდები. კათოდთა გარშემო სტერილური ზონა არაა დაფიქსირებული ან თუ დაფიქსირებულია ძალიან უმნიშვნელოდ მაშინ, როდესაც ვერცხლის ანოდის გარშემო შემჩნეულია სტერილური ზონის ფართო არეალი, ვიდრე იმავე ლითონის ფირფიტის გარშემო, რომელიც არ იყო ჩართული ელექტროდულ წყვილში. 0,000005 გ ნახშირის დამატებით 1გ ვერცხლის ფხვნილზე მნიშვნელოვნად ძლიერდება მისი ბაქტერიციდული ეფექტი.

ნაშრომის ავტორის [7] მიერ ჩატარებული ექსპერიმენტული სამუშაოების მიხედვით დადასტურებულია, რომ მხოლოდ ლითონთა (კონკრეტულ შემთხვევაში ვერცხლი) იონები და მათი დისოცირებული ნაერთები (ნივთიერებები, რომლებსაც უნარი აქვთ დაიშალონ იონებად) იწვევენ მიკროორგანიზმთა დაღუპვას. ყველა შემთხვევაში, ბაქტერიციდული ეფექტის დროს, ვერცხლის აქტიურობის ხარისხი მით მეტია, რაც უფრო მაღალია იონთა კონცენტრაცია ხსნარში [8-15].

ელექტრონული წყვილების წარმოქმნა ხელს უწყობს ლითონის (რომელიც გამოდის ანოდის როლში) გადასვლას იონების სახით ხსნარში. ამავე მიზეზით ოქსიდირებული ლითონები, იმავე ლითონის ოქსიდის ან პეროქსიდის აფსკით დაფარული, ხასიათდებიან მაღალი აქტიურობით, ვიდრე არაოქსიდირებულები. წყალში არსებული უცხო ნივთიერებები უარყოფით გავლენას ახდენს ბაქტერიციდულობაზე, თუ ისინი შეიკავშირებენ ვერცხლის იონებს და გახდებიან მცირედ დისოცირებადი ან ძნელად ხსნადი და გამოიყოფიან ნალექში.

მიკროორგანიზმებზე ვერცხლის მოქმედების მრავალი თეორიიდან ყველაზე მეტად გავრცელებულია აღსორბციული თეორია, რომელსაც მხარს უჭერდნენ ისეთი ცნობილი მეცნიერ-მკვლევარები, როგორცაა ვიგნატი და შნაბელი [16], ლაიტნერი [17], ჯაკობი და მონოდი [18], ციმერმანი [19,20] და სხვ. ამ თეორიის ძირითადი საფუძველია ის, რომ უჯრედი ჰკარგავს სიცოცხლისუნარიანობას ელექტროსტატიკური ძალების ურთიერთქმედების შედეგად, რომლებიც წარმოიქმნება უარყოფითად დამუხტულ ბაქტერიებსა და დადებითად დამუხტულ ვერცხლის იონებს შორის, ამ უკანასკნელთა აღსორბციით ბაქტერიების უჯრედებზე. აღსორბციული თეორიის გამოყენებით მრავალმა მეცნიერ-მკვლევარმა მიიღო დამაჯერებელი და საიმედო შედეგები. მაგ. ლაიტნერმა დაადგინა, რომ კომპლექსში „ბაქტერია-ვერცხლი“ ეს უკანასკნელი შეიძლება გამოძევებულ იქნეს ისეთი ნივთიერებით, რომლის იონები ძლიერ ურთიერთქმედებენ ბაქტერიის ზედაპირთან. ასეთ შემთხვევაში ანტიმიკრობული ეფექტი მცირდება.

ჯერ კიდევ 1919წ. ზაუსმა გამოიკვლია მიკროორგანიზმთა სხეულში ვერცხლის დალექვა და დაადგინა, რომ სხვადასხვა ბაქტერია აფიქსირებს ვერცხლის არათანაბარ რაოდენობას, თავის ზომებზე დამოკიდებულებით. მაგ., საფუარს, განზავებისას 1:105, დამატებული ჰქონდა 4% ვერცხლი მშრალი მასის მიმართ, ხოლო უფრო მცირე ზომის ბაქტერიებს (მაგ. სცჰერიცჰია ცოლი) – შესაბამისად ნაკლები.

ფრენდლიხმა და სოლნერმა [21] ქიმიური ანალიზის გზით დააფიქსირეს აღსორბირებული ვერცხლი ოლიგოდინამიკურად მკვლარ წყალმცენარეთა უჯრედებზე. კნაფელმანმა ტიტვრის მეთოდით [22] მოახდინა აღსორბციის შედეგად ხსნარში დარჩენილი ვერცხლის იონების განსაზღვრა და დაადგინა, რომ აღსორბციის ხარისხი ძალიან მაღალია და სრულიად საკმარისი იმისათვის, რომ გამოიწვიოს ბაქტერიული უჯრედების დაღუპვა.

ზოგიერთ მკვლევარს მიაჩნია, რომ განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ფიზიკურ-ქიმიურ პროცესებს, რომლებსაც ადგილი აქვს ბაქტერიის პროტოპლაზმაში. ვერნიკმა გამოთქვა მოსაზრება, რომ ვერცხლის იონების მოქმედება ბაქტერიებზე მდგომარეობს პროტოპლაზმის დაჟანგვაში ჟანგბადით, რომელიც გახსნილია წყალში, ამასთან, ვერცხლი თამაშობს კატალიზატორის როლს. აქედან გამომდინარე, შეიძლება ვარაუდი იმის შესახებ, რომ ლითონის იონები არიან, ძირითადად, ჟანგბადის გადამტანები, ხოლო თავად დაჟანგვა მდგომარეობს უშუალოდ ჟანგბადის მიერთებაში, ისევე როგორც პროტოპლაზმის დეჰიდრირებულ ნაერთში.

სხვა თეორიას ემხრობოდნენ ორცეხოვსკი და შტოლცი [23], რომლებიც საკუთარი გამოკვლევების საფუძველზე გამოთქვამდნენ მოსაზრებას მიკრობულ უჯრედებზე ვერცხლის იონთა უშუალოდ ოლიგოდინამიკური მოქმედების არარსებობაზე. მათი აზრით, ვერცხლი, წარმოქმნის რა კომპლექსურ ნაერთებს, არის Cr^{+} -იონების გადამტანი. დადებითად დამუხტულ ვერცხლის იონებს მიჰყავთ უარყოფითად დამუხტული Cr^{-} -ის იონები მიკრობული უჯრედის

ზედაპირისკენ, სადაც ისინი უერთდებიან რა წყალბადს, წარმოქმნიან მარილმჟავას, რომელიც იწვევს „ფერმენტულ ანარქიას“ უჯრედში.

ბრიკმანის [24] დასკვნები არ ადასტურებენ ასეთ ვარაუდს. შეისწავლა რა ელექტრონული მიკროსკოპით ნაწლავთა ჩხირები, რომლებზეც მოქმედებდა ვერცხლით, ქლორით და ოზონით, მან ვერ შეამჩნია რაიმე სტრუქტურული ცვლილება ამ ბაქტერიებში ვერცხლის გავლენით მაშინ, როდესაც როგორც ქლორი, ასევე ოზონი იწვევდა მსგავს დარღვევებს.

ამავე დროს ჩატარებულმა ელექტრონო-მიკროსკოპულმა გამოკვლევებმა აჩვენა [7], რომ: ა) ვერცხლის დოზები 0,5-დან 5მგ/ლმდე არ ახდენს გავლენას ბაქტერიული უჯრედების მორფოლოგიურ სტრუქტურაზე და ბ) დეზინფექტანტების დოზის ამადლებით ციტოპლაზმა მით უფრო მკვრივდება, რაც მეტია ექსპოზიცია.

ეს მონაცემები განდა საფუძველი უჯრედების ულტრასტრუქტურული ორგანიზაციის ცვლილებათა შესწავლისათვის, დეზინფექტანტების (ვერცხლის გადიდებული კონცენტრაციების გამოყენება, მოცემული კვლევებისთვის, აიხსნება იმით, რომ ელექტრონულ-მიკროსკოპული სამუშაოებისთვის იხმარება მაღალი მიკრობული დატვირთვა 4-5მლრდ. მიკრობული უჯრედი 1მლ.)

ნაჩვენები დოზის მოქმედების პირობებში. ამ გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ ვერცხლი კონცენტრაციებით 1-2მგ/ლ იწვევს ციტოპლაზმის მხოლოდ უმნიშვნელო გამკვრივებას და მის გადაწევას უჯრედული კედლიდან (დაკვირვების დრო 15-20წთ); ვერცხლის 5მგ/ლ კონცენტრაციის დროს გამოვლინდა ბაქტერიული უჯრედების სუბმიკროსკოპული სტრუქტურების ცვლილება, რომელიც თავს იჩენს ციტოპლაზმის შეკუმშვაში, 30წთ-ის კონტაქტის შემდეგ. ასევე შემჩნეულია ნუკლეიდის უჯრედში ცვლილება – ვერცხლის 5მგ/ლ მოქმედებით ნუკლეიდი მკვეთრად მკვრივდება. ბაქტერიული უჯრედის მორფოლოგიური და ულტრასტრუქტურული ცვლილება

დამოკიდებულია დეზინფექტანტის კონცენტრაციასა და კონტაქტის დროზე [25]. ვერცხლის ანტიმიკრობული ეფექტის პრობლემის გადაწყვეტაში მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანეს ვორაცმა და ტოფერნმა [26], რომლებმაც ვერცხლის ოლიგოდინამიკური მოქმედება ახსნეს ფერმენტების (შეიცავენ შ - და ჩ - ჯგუფებს) მწყობრიდან გამოყვანით. ერთ-ერთი ასეთი ფერმენტის დარღვევა იწვევს უჯრედის მთელი სისტემის ფუნქციის მოშლას.

გ. პერშინის [27] და სხვა მკვლევარების მიხედვით მიჩნეულია, რომ ვერცხლის მოქმედებით ბაქტერიების დაღუპვა ხდება ფერმენტული სისტემის ინაქტივაციის შედეგად, დეჰიდრაზული ფერმენტების შ - ჯგუფების შეკავშირების გზით, მაგ., სუქცინატ-ოქსიდაზა, ხოლინოქსიდაზა [28]. უებას [29] შეხედულებით ვერცხლის იონები ჯერ იწყებენ სუნთქვის პროცესის სტიმულირებას, ხოლო შემდეგ მის მკვეთრ დათრგუნვას.

ტონლიმ და ვილსონმა [30] უჯრედზე ვერცხლის იონის მოქმედების მექანიზმი ახსნეს მის მიერ ოსმოსური წონასწორობის დარღვევით. არის მონაცემები, რომლებიც ადასტურებენ მძიმე ლითონებთან ნუკლეინმჟავის კომპლექსების წარმოქმნას [31,32]. დადგენილია, რომ ვერცხლი უკავშირდება რა დეზოქსირიბონუკლეინმჟავას აზოტის საფუძვლებით, შედეგად ირღვევა დნკ-ას სტაბილურობა და შესაბამისად ბაქტერიების სიცოცხლისუნარიანობა. ვერცხლის გავლენით ხდება ნაწლავთა ბაქტერიების კულტურული და ბიოქიმიური თვისებების ცვლილება [33].

ს. ტოკაომ [34] დაადგინა, რომ ვერცხლი 1-5მგ/ლ კონცენტრაციით თრგუნავს რიბოფლავინის ბიოსინთეზს ჩანდიდა რობუსტა-თან.

გუსომ, თანამშრომლებთან [35] ერთად, გამოთქვა მოსაზრება, რომ ვერცხლის იონები, ადრენალინის მსგავსად, კატალიზურ გავლენას ახდენს ფერმენტულ სისტემაზე.

არის მონაცემები, რომლებიც მოწმობენ იმის შესახებ, რომ ვერცხლის წინააღმდეგობრივი ქმედება დაკავშირებულია ლიპიდების

შემცველობასთან ბაქტერიალურ უჯრედებში. რაც მეტია ლიპიდები, მით მაღალია ბაქტერიების წინააღმდეგობა [20].

ლიტერატურაში არის დამატებითი ცნობები მიკრობული უჯრედის ფერმენტებზე ვერცხლის გავლენის შესახებ. ბრეგმა და რეინიმ [36] აჩვენეს, რომ ვერცხლის იონები ახდენენ გლუკოზის, ფუმარიტის, სუქცინიტის, ლაქტიტის და ენდოგენური სუბსტრატების დაჟანგვის ინჰიბირებას ნაწლავთა ჩხირების ინტაქტიური უჯრედების სუსპენზიებით.

მიუხედავად სიმრავლისა, ზემოთ აღნიშნულმა სამეცნიეროკვლევითმა ნაშრომებმა სრულყოფილად მაინც ვერ ახსნეს მიკროორგანიზმების დაღუპვის მიზეზები ვერცხლის იონთა გავლენით.

უკრაინის მეცნიერებთა აკადემიის კოლოიდური ქიმიისა და წყლის ქიმიის ინსტიტუტის მეცნიერთა ერთი ჯგუფის მიერ, ლ. კულსკის ხელმძღვანელობით, ჩატარებულია სისტემური სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოები მიკრობულ უჯრედებზე ვერცხლის მოქმედების მექანიზმის დაზუსტებისათვის. ცნობილია, რომ ლითონის შთანთქმა უჯრედით შეიძლება მოხდეს სამი სხვადასხვა გზით: 1) ლითონის შთანთქმა უჯრედული ზედაპირით; 2) ლითონის აქტიური გადატანით უჯრედში და 3) ორფაზიანი პროცესით: პირველი ფაზა – აღსორბცია, რომელიც სწრაფად იცვლება მეორე ფაზით – ლითონის „აქტიური ტრანსპორტირებით“ უჯრედში. კულსკის ჯგუფის მიერ [7] ჩატარებული ცდებით ნაჩვენებია, რომ მიკროორგანიზმთა უჯრედებით ვერცხლის შთანთქმა, მათი სხვადასხვა შედგენილობისგან დამოუკიდებლად, მიმდინარეობს პირველი გზით – უჯრედული ზედაპირით ლითონის შთანთქმა. დადგენილია, რომ სხვადასხვა სახის მიკროორგანიზმებში ხდება ვერცხლის მაღალი ხარისხით აღსორბცია მიკრობული უჯრედით. 250მლ ტევადობის კოლბაში ვერცხლის შემცველობით 0,05; 0,1 და 0,5მგ/ლ შეიტანეს 18-საათიანი კულტურები სცჰერიცჰია ცოლი, შტაპჰელოცოცკუს აურეუსდა ჩანდიდა ალბიცანს კონცენტრაციებით 108 ერთეული/ლ და მოახდინეს ინკუბაცია საქანელაზე 37 ჩ ტემპერატურაზე, ერთი საათის განმავლობაში. შემდეგ მოახდინეს სინჯების ცენტრიფუგირება

600ბრ/წთ 10წთ-ის განმავლობაში. ვერცხლის კონცენტრაციის განსაზღვრამ გამონალექ სითხეში აჩვენა, რომ 0,05მგ/ლ დოზისას ვერცხლის მთლიანი რაოდენობის სორბირება მოხდა ბაქტერიებით, 0,1მგ/ლ დოზის დროს – 90%, ხოლო 0,2მგ/ლ დოზის დროს – მხოლოდ 50%.

მიკრობულ უჯრედში ვერცხლის ფარდობითი ლოკალიზაციის შესახებ დაწვრილებითი მონაცემები მოტანილია ნაშრომებში [37-40]. საფუარის კულტურა ვერცხლის იონებით დამუშავებისას იშლებოდა, ხოლო შემდეგ ხდებოდა მისი ცენტრიფუგირება 2000ბრ/წთ 10 წუთის განმავლობაში. მიიღებოდა 2 ფრაქცია: ნალექი, რომელიც შეიცავდა უჯრედის კედლებსა და მემბრანებს, და სუპერნატანტი. ვერცხლის რაოდენობის ცვლილებამ აჩვენა, რომ 90% Ag^+ იყო უჯრედის კედლების და მემბრანების ფრაქციაში. სხვა ცდაში შესწავლილია ვერცხლის აღსორბცია უჯრედის პროტოპლასტებით (უჯრედი გარსების გარეშე) – აღმოჩნდა, რომ პროტოპლასტები, ისევე როგორც მთელი უჯრედები, სწრაფად უკავშირდება შეტანილ ვერცხლს, მაგრამ ისინი გაცილებით სწრაფად ილუპებიან, ვიდრე მთელი უჯრედები.

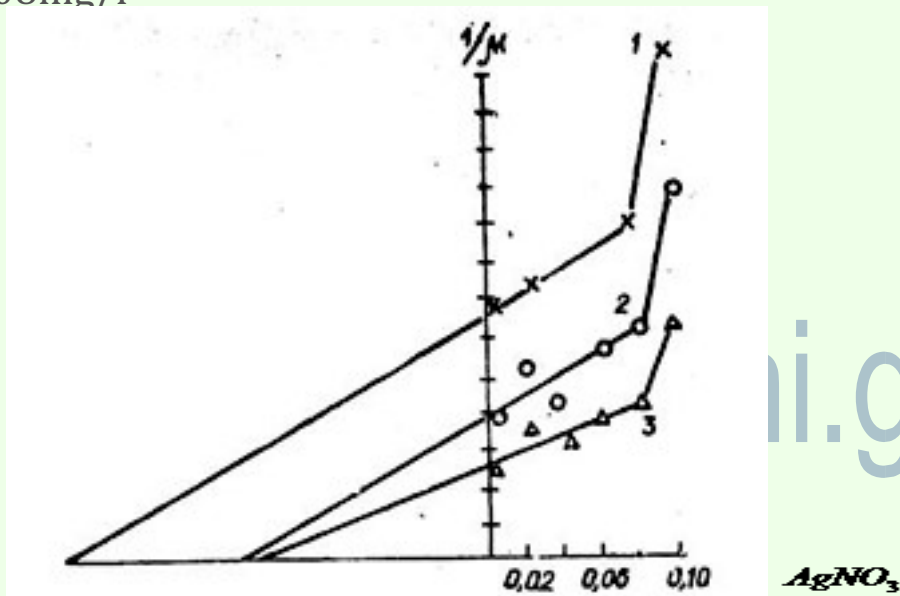
ასევე ნაჩვენებია, რომ ვერცხლისა და სპილენძის იონების შთანთქმის ხასიათი ჩ.უტილის უჯრედებით სხვადასხვაა. ვერცხლის იონების შთანთქმა ბაქტერიებით ხდება ძალიან სწრაფად და არ არის დამოკიდებული ენერგეტიკული სუბსტრატის ტემპერატურაზე და კულტურის ფიზიოლოგიურ მდგომარეობაზე, ე.ი. გამოწვეული იყო ვერცხლის ფიზიკურ-ქიმიური აღსორბციით, უჯრედის ზედაპირის მიერ. სპილენძით უჯრედის სრული გაჯერება ხდებოდა მხოლოდ 2 საათის შემდეგ, დამოკიდებული იყო ტემპერატურაზე და წარმოადგენდა აქტიურ ტრანსპორტს [41].

ავტორი ნაშრომისა [7] ვარაუდობს, რომ ვერცხლის უფრო ეფექტური ბაქტერიციდური თვისებები, სხვა ლითონებთან შედარებით, განპირობებულია იმით, რომ უჯრედების პროტოპლასტები იშლება ვერცხლის უფრო დაბალი კონცენტრაციების დროს, ვიდრე თავად უჯრედი. ნაშრომის ავტორი

ვერცხლის ტოქსიკური მოქმედების მექანიზმს ხსნის ციტოპლაზმური მემბრანის ფუნქციის დარღვევით. ბაქტერიალური ფერმენტების აქტიურობაზე ვერცხლის გავლენის შესწავლით, რომლებიც როგორც ცნობილია ლოკალიზდება ციტოპლაზმურ მემბრანაში, ნაჩვენებია, რომ ვერცხლი თრგუნავს შაქრებისა და გლუტამინის მჟავის დეჰიდროგენაზებს. დათრგუნვის ხარისხსა და დეჰინფექტანტის კონცენტრაციას შორის შემჩნეულია პირდაპირი დამოკიდებულება. ბაქტერიის დეჰიდროგენატური აქტიურობის ინჰიბირება იზრდებოდა კონცენტრაციის გაზრდით, აგრეთვე კონტაქტის დროის გადიდებით [42].

ამრიგად, თანამედროვე მონაცემებით მიკრობულ უჯრედზე ვერცხლის მოქმედების მექანიზმი მდგომარეობს იმაში, რომ იგი სორბირდება უჯრედული გარსით, ამავე დროს უჯრედული გარსი ასრულებს დამცავ ფუნქციას და თავად უჯრედი რჩება სიცოცხლისუნარიანი, თუმცა ირღვევა ზოგიერთი მისი ფუნქცია, მაგ., დაყოფა (ბაქტერიოსტატიკური ეფექტი). როგორც კი უჯრედის ზედაპირზე სორბირდება ვერცხლის ჭარბი რაოდენობა, ეს უკანასკნელი მაშინვე იწყებს შეღწევას უჯრედის შიგნით და შეკავდება ციტოპლაზმური მემბრანით. ციტოპლაზმურ მემბრანაში განლაგებულია უჯრედის ძირითადი ფერმენტული სისტემები. ვერცხლი ახდენს ბაქტერიალური ფერმენტების ბლოკირებას, რის შედეგადაც უჯრედები იღუპება.

ამ შეხედულებას ადასტურებს ნაშრომებში [7,8,14,27,29,30,32,36,40] მოტანილი ექსპერიმენტული მონაცემები, რომელთაგან შევჩერდებით ერთ მათგანზე [7], რომელშიც ნაჩვენებია, რომ ცოლი ინაქტივაციის პროცესი სინთეზურ გარემოში შედგება ორი ფაზისგან: 1) ინაქტივაციის შენელებული ფაზა (ვერცხლის კონცენტრაცია 0,02-0,08მგ/ლ), 2) სწრაფი ფაზა, რომელსაც შესაძლებელია თან ახლდეს ინჰიბიტორის ზემოქმედება უჯრედის რამდენიმე მეტაბოლურ რეაქციაზე. საჭიროა აღინიშნოს, რომ სხვა მძიმე 0,08მგ/ლ Ag^+



mg/l გადაგარიSebuli Ag^+ ლითონებისაგან განსხვავებით, მაგ., სპილენძი, ვერცხლის მოქმედებას თან ახლავს ანტიმიკრობული ეფექტის მკვეთრი გაძლიერება კონცენტრაციით და ზევით (მოცემული კონკრეტული პირობისათვის; იხ. ნახ.

1).

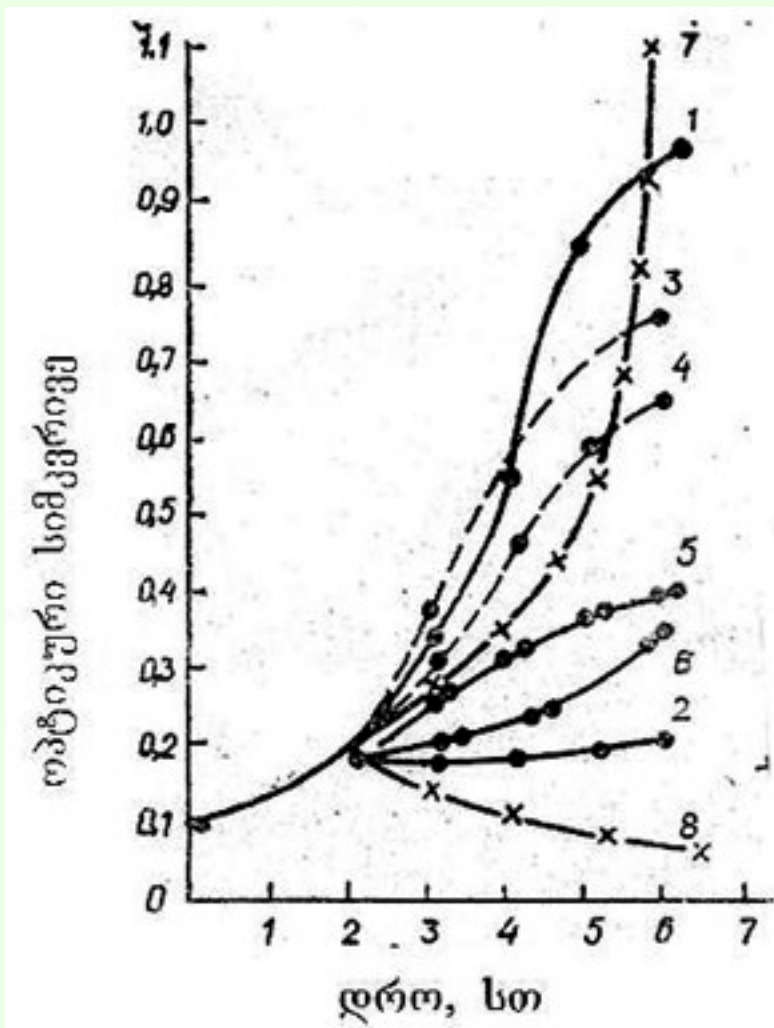
კონცენტრაცია,

-ზე ნახ. 1. სინთეზურ გარემოში ვერცხლის იონების კონცენტრაციაზე . ცოლი 1257 ზრდის სიჩქარის შებრუნებული სიდიდის დამოკიდებულება:

1 – ერთსაათიანი კულტივირება; 2 – ორსაათიანი კულტივირება;
3 – სამსაათიანი კულტივირება.

ვერცხლის ანტიმიკრობულ აქტიურობაზე წყლის β გავლენის შესწავლის დროს დაგდენილია [15] ამ აქტიურობის ამაღლება ტუტე გარემოში, მჟავურ და ნეიტრალურ გარემოსთან შედარებით. ვერცხლის გავლენის შესწავლამ .ცოლი 1257-ის ზრდის კინეტიკაზე, სინთეზური გარემოს სხვადასხვა β დროს, ასევე აჩვენა, რომ ვერცხლი ყველაზე უფრო ეფექტურად აფერხებს ზრდას სუსტ ტუტე გარემოში – $\beta = 8$ და ზევით.

ნახ. 2-ზე ნაჩვენებია, რომ ვერცხლი კონცენტრაციით 0,2მგ/ლ, β 5,3 დროს, მხოლოდ უმნიშვნელოდ ამცირებს ზრდის სიჩქარეს საკონტროლოსთან შედარებით; β 7 დროს იმავე კონცენტრაციის ვერცხლი აფერხებს ზრდას 4 სთ; ხოლო β 8 დროს – კულტურული სითხის ოპტიკური სიმკვრივე უწყვეტად ეცემა, რაც მოწმობს კულტურულის დაღუპვას. შესაძლოა ეს დაკავშირებულია უჯრედული მემბრანის სტაბილურობისა და შეღწევადობის დარღვევასთან, დრო, სთ აგრეთვე მათი უნარის ცვლილებასთან



ri.ge
ნახ.

2.

ვერცხლის

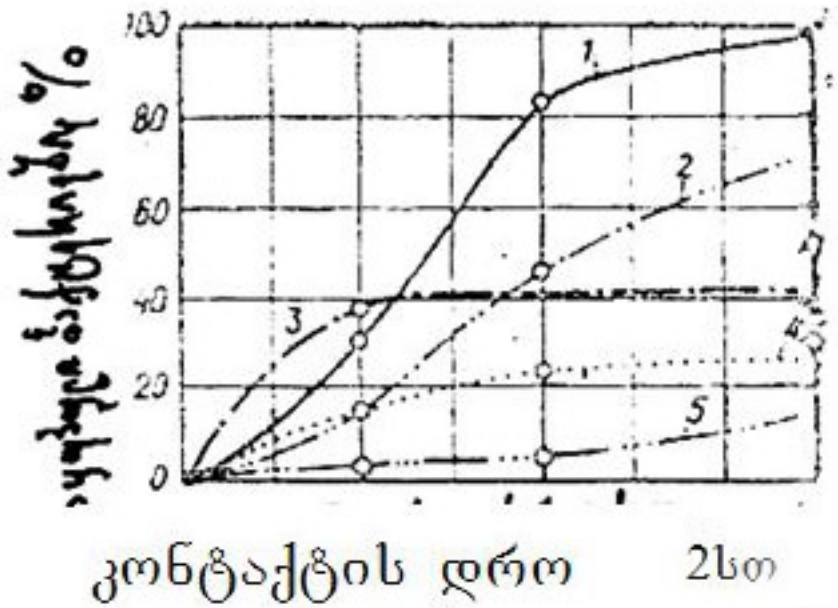
მოქმედებს. ცოლი ურთიერთქმედოს მათთვის აუცილებელი ან ზრდაზე ე სხვადასხვა პ -ის დროს არასასურველი მეტაბოლიტებით [43]. სინთეზურ გარემოში: 1 საკონტროლო და 2 – 0,2მგ/ლ Ag^+ გარემოს პ 7 დროს; 3 და 4 – იგივე, პ 6,2; 5 და 6 – იგივე, პ 5,3; 7 და 8 – იგივე, პ 8,0.

ვერცხლის პრეპარატებით ბაქტერიების განადგურების ეფექტი ძალიან მაღალია. ვ. უგლოვის [44] მონაცემებით ეს ეფექტი 17,50-ჯერ ძლიერია იმავე კონცენტრაციის კარბოლმუავის მოქმედებაზე და 3,5-ჯერ ძლიერია სულემაზე. ნაშრომის [7] ავტორის მონაცემებით ვერცხლშემცველი წყალი მნიშვნელოვნად აქტიურია ქლორზე,

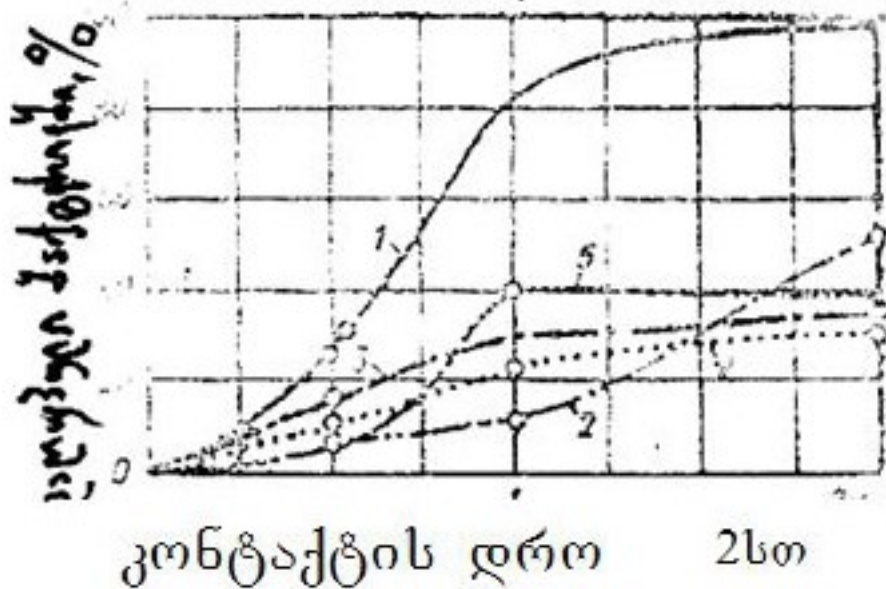
ქლორიან კირზე, ნატრიუმის ჰიპოქლორიტზე და სხვა ძლიერ
მჟანგავებზე იმავე კონცენტრაციებში

www.molisani.ge

დაღუპული ბაქტერიები



დაღუპული ბაქტერიები



(ნახ. 3.):
ნახ. 3.

სხვადასხვა მადეზინფიცირებელი პრეპარატების ბაქტერიციდულობის შედარება ნაწლავთა ჩხირების (ა) და ფლექსნერის ბაქტერიების (ბ) შემთხვევაში. რეაგენტის კონცენტრაცია 1მგ/ლ, ტემპერატურა 7 ჩ: 1 – ვერცხლშემცველი წყალი;
2 – ამარგენი
3 – ფენოლი 4 – ქლორი

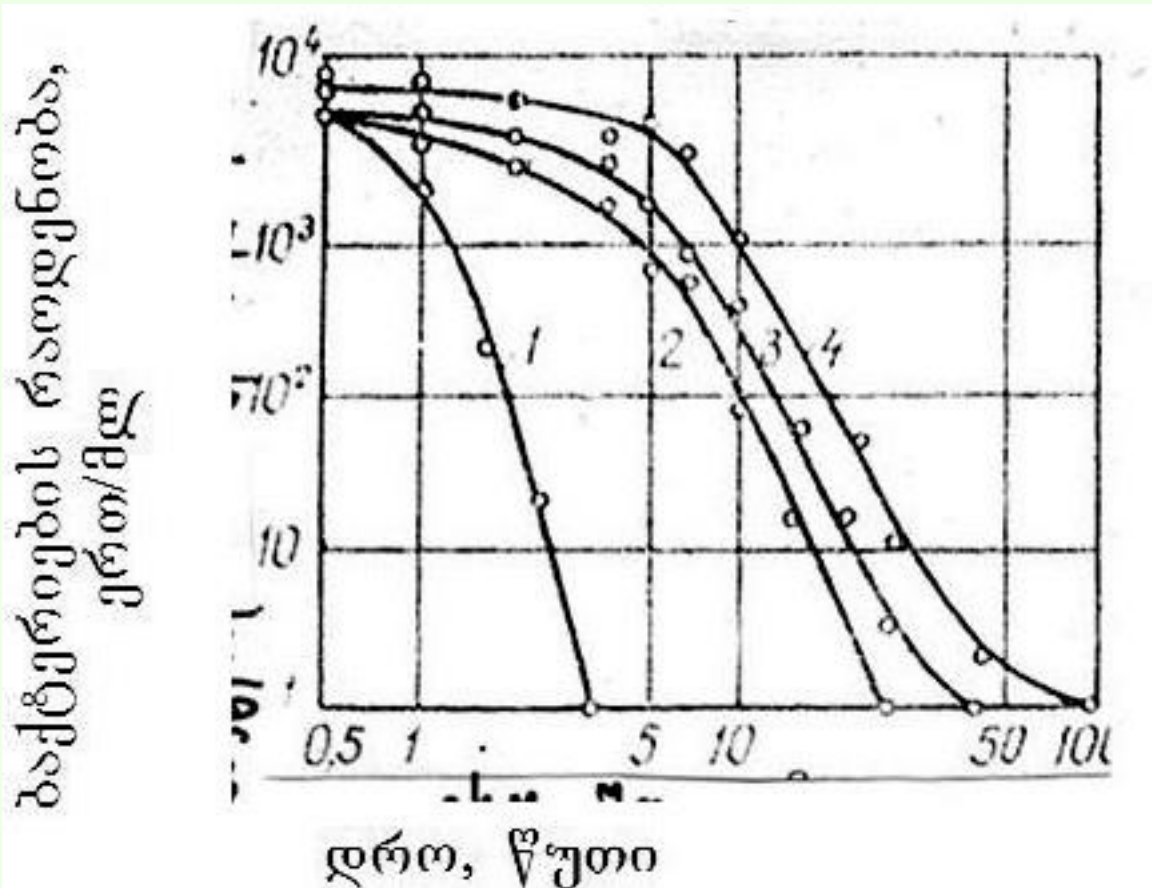
5 – ქლორკირი

ჯ. პორტერი [44] ჩატარებული კვლევების საფუძველზე მიუთითებს, რომ შტამებიდან შტაპპყლოცოცუს აურეუს, ბრუცელა აბორტუს, ბერტელა ტყპკოსა, სცპერიცპია ცოლი, სეუდომონას აერუგინოსა, Vიბრია ცომმე, აცილლუს სუბტილის, ყცობაცტერიუმ პპლეი ვერცხლის მოქმედებისადმი ყველაზე მეტი მიდრეკილება აქვთ მიკობაქტერიებს.

ვერცხლშემცველი წყლის მოქმედების ეფექტურობის მიხედვით ნაწლავთა ბაქტერიების ჯგუფისა და სტაფილოკოკების განლაგება მწკრივში შეიძლება ასეთი თანამიმდევრობით: ნაწლავთა ჩხირები < ფლექსნერის ბაქტერიები < სტაფილოკოკები [45].

ვერცხლის გავლენით ბაქტერიების დალუპვის კინეტიკა ნაჩვენებია ნახ. 4. საიდანაც ჩანს, რომ სცპერიცპია ცოლი დალუპვის სიჩქარე დამოკიდებულია ვერცხლის კონცენტრაციაზე. მაგ., 1მგ/ლ დოზის დროს ნაწლავთა ჩხირების დალუპვა იწყება 3წთ შემდეგ, 0,5მგ/ლ დოზისას – 20 წლ შემდეგ, 0,2მგ/ლ დოზის დროს – 50წთ, ხოლო 0,05მგ/ლ დოზისათვის საჭიროა დაახლოებით 2 საათი კონტაქტში ყოფნა სრული ბაქტერიციდული ეფექტისათვის. საინტერესოა აღინიშნოს, რომ ვერცხლის ანტიმიკრობული მოქმედების დაწყება ასევე დამოკიდებულია მის კონცენტრაციაზე. 0,05მგ/ლ დოზისათვის ესაა 5წთ, 0,2მგ/ლ – 3წთ, 0,5მგ/ლ-თვის – 2წთ. 1მგ/ლ და უფრო მაღალი დოზის შემთხვევაში ვერცხლის მოქმედება იწყება ლეზინფექტანტის შეყვანის მომენტისთანავე.

ვერცხლის იონებით ინჰიბირების დროს, ჩ. უტილის კულტურის ზრდის დამოკიდებულება მის კონცენტრაციაზე დადგენილია ნაშრომში [39], რომლის მონაცემების მიხედვით ირკვევა, რომ ვერცხლის იონების 0,0047 მგ კონცენტრაცია მთლიანად თრგუნავს 1მლ-ში 1მლნ უჯრედის ზრდას მაშინ, როდესაც 0,0006-0,008მგ Ag^+ 1მლნ უჯრედი/მლზე ასტიმულირებს მიკრობული პოპულაციის ზრდას.



ნახ.4. www.molisan.ge

სცპერიცპია ცოლი დაღუპვის კინეტიკა ვერცხლის სხვადასხვა კონცენტრაციის მოქმედებით: 1 – 1,0; 2 – 0,5; 3 – 0,2 და 4 – 0,1მგ/ლ. საწყისი დასნებოვნება – 10⁴ ერთეულ/მლ. ამასთან, ნაშრომში განსაზღვრულია ვერცხლის იონების კონცენტრაციის დიაპაზონი 0,13-დან 0,54მგ/ლ-მდე, რომლის დროსაც ლითონის იონებით ჩ.უტილის ზრდის სიჩქარის დამუხრუჭება ემორჩილება არაკონკრეტული დამუხრუჭების ენზიმატური რეაქციის განტოლებას. კონცენტრაციათა ამ ინტერვალში **Ag⁺** ამუხრუჭებს ერთ-ერთ რეაქციას მეტაბოლიზმში, რომელიც ითვლება „ვიწრო ადგილად“ პოპულაციის ზრდის პროცესისთვის.

ნაშრომის ავტორის [14] მიერ გამოკვლეულია ვერცხლის ანტიმიკრობული თვისებები შტრეპტოკოცუს ფაეცალის მიმართ. ცდებით დადასტურებულია, რომ ვერცხლშემცველი წყალი ამ შემთხვევაშიც ხასიათდება მაღალი ბაქტერიციდული ეფექტით. ნატრიუმის ჰიპოქლორიტმა, ქლორიანმა წყალმა, იოდმა და

აზოტმჟავა ვერცხლმაც კი გამოავლინეს ნაკლები აქტიურობა, ვიდრე ვერცხლის ხსნარებმა, რომლებიც მიღებულია ელექტროლიზის მეთოდით [45].

ელექტროლიზის მეთოდით მიღებული ვერცხლის ხსნარებს აქვთ უფრო მაღალი ანტიმიკრობული ეფექტი, ვიდრე პენიცილინს, ბიომიცინს და სხვა ანტიბიოტიკებს და ძლიერ დამლუპველ გავლენას ახდენს ბაქტერიების ანტიბიოტიკურად მდგრად შტამებზე [46].

სამეცნიერო ლიტერატურაში არის მონაცემები იმის შესახებ, რომ გრამუარყოფითი ბაქტერიები უფრო მგრძობიარეა ვერცხლისადმი, ვიდრე გრამდადებითი. კრუზე, ფიშერი [47], ავაქიანი [48] და სხვა მკვლევარების მიერ აღნიშნულია, რომ ვერცხლის მიმართ უფრო მდგრადია საფუარის და საფუარის მსგავსი სოკოები. ობიანი სოკოების მიმართ ვერცხლი ასევე ნაკლებაქტიურია [49,50]. გარდა ამისა, ვერცხლის მოქმედებისადმი მაღალ მდგრადობას იჩენს თიონური და სულფატრედუცირებული ბაქტერიები [51].

როგორც წესი, პათოგენური მიკროორგანიზმები უფრო მგრძობიარეა ვერცხლისადმი, ვიდრე საპროფიტები. ციმერმანი ლიტერატურის მიმოხილვაში გვამცნობს, რომ წყლის ბაქტერიების შტამები ეჩვევიან ვერცხლს. მაგრამ არსებობს საპირისპირო შეხედულებაც. მაგ., ნაშრომის [52] მიხედვით ნაწლავთა ჩხირები, შეტანილი მინერალურ წყალში, დაკონსერვებული ვერცხლით, არ წარმოქმნის მდგრად შტამებს. მოტანილია, აგრეთვე მონაცემები, რომლის თანახმად ვერცხლის მცირე კონცენტრაციები, არა მხოლოდ არ იწვევს მიკროორგანიზმების სიკვდილს, არამედ ძალიან ხშირად ასტიმულირებს მათ ზრდას [53,54].

ნაშრომის [26] მიხედვით, 1მგ/ლ ვერცხლი, 30წთ განმავლობაში, იწვევს გრიპის ვირუსების შტამების 1, და მიტრს – შტამების სრულ ინაქტივაციას.

საკითხი ვერცხლის გავლენის შესახებ ბაქტერიოფაგებზე დღემდე რჩება გაურკვეველი. ბრაუნის [26] მონაცემებით, ვერცხლის მაღალი დოზებიც კი, მხოლოდ ძალიან მცირე დროის განმავლობაში,

მოქმედებენ ბაქტერიოფაგზე. საპირისპიროს ამტკიცებენ ებერტი, შაპირო [55], მეგაუ [56], გრიგორიევა [57,58], რომლებიც აღნიშნავენ, რომ ვერცხლი ხასიათდება მაღალი აქტიურობით ბაქტერიოფაგების მიმართ.

ზოგიერთი სახის მიკროორგანიზმებზე ვერცხლის მოქმედება შესწავლილია ნაშრომში [37]. ცდები ჩატარებულია მიკროორგანიზმებთან, რომლებიც მიეკუთვნებიან სხვადასხვა ტაქსონომეტრიულ ჯგუფებს: სპერგილლუს ნიგერ, სეულდომონას პეოცყანეუმ, ყცობაცტერიუმ სპ. და ჩანდიდა უტილის. დადგენილია, რომ ყველაზე მგრძობიარე ვერცხლისადმი არის ყცობაცტერიუმ სპ. ვერცხლის აქტიურობა სეულდომონას პეოცყანეა და ჩანდიდა უტილის მიმართ გამოისახება სიდიდეთა სიახლოვით, ხოლო ყველაზე მდგრადი აღმოჩნდა სპერგილლუს ნიგერ კულტურა.

უკრაინის ჯანმრთელობის დაცვის სამინისტროს ინფექციურ დაავადებათა ინსტიტუტში, ეპიდემიოლოგიის, მიკრობიოლოგიის და პარაზიტოლოგიის ინსტიტუტში, აგრეთვე ტაჯიკეთის ჭირისსაწინააღმდეგო სადგურში შესწავლილია ვერცხლის მოქმედება ინფექციურ დაავადებათა ამგზნებებზე, რომლებიც გადაეცემა წყლით. როგორც კვლევის შედეგებიდან ჩანს, ასეთ შემთხვევებში ვერცხლის ბაქტერიციდული ეფექტი ვლინდება უკვე 0,1-0,2მგ/ლ კონცენტრაციების და 10-დან 60 წუთამდე საკონტაქტო დროისას. ყველაზე უფრო კონტაქტური აღმოჩნდა ქოლერის, შემდეგ ტიფო-პარატიფოზური ინფექციებისა და დიზენტერიული ბაქტერიების ამგზნებები [59,60].

საზღვარგარეთული გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ვერცხლის იონების მოქმედებით შედარებით სწრაფად ილუპება პროტეინები [61], სალმონელები, პიგმენტური ბაქტერიები, ვიბრიონები [62,63] და სხვა მიკროორგანიზმები.

ნაშრომის [64] მიხედვით ვერცხლის მარილების წყალხსნარები კლავს ნაწლავთა ჩხირებს 109 ერთეული/ლ კონცენტრაციისას, 24სთ-ის შემდეგ, სულ 0,4მგ/ლ დოზის დროს. ამ სიდიდეთა

თანაფარდობა მიეკუთვნება ნივთიერებების მცირე რაოდენობათა ბიოტიკური ზემოქმედების რაიონს, მაგ., ჰორმონებს, ვიტამინებს, მიკროელემენტებს. სხვა ავტორები, კერძოდ, კ. ვურმანი, ბ. პოლაკი, მიუთითებენ ვერცხლის ბაქტერიციდულ კონცენტრაციას – 0,05-0,1მგ/ლ. ხ.სტუხლიკას და დ. ჯეიმსის მონაცემებით, ბაქტერიციდული კონცენტრაცია შეადგენს 0,2მგ/ლ, დროის 30 წუთიანი კონტაქტისას.

ზოგიერთი მეცნიერ-მკვლევარის აზრით (ლიბი, კრუზე, ფიშერი და სხვ.) მჟავამდგრად, ტუბერკულოზურ, აგრეთვე საპროფიტურ წყლის ბაქტერიებზე ვერცხლი მოქმედებს მნიშვნელოვნად ნაკლები ეფექტურობით.

სამეცნიერო ლიტერატურაში არის მონაცემები, რომ ბაქტერიები, რომლებიც მდგრადია ანტიბიოტიკების – პენიცილინისა და ბიომიცინის მიმართ, არ ხასიათდებიან მდგრადობით ვერცხლისა და მისი პრეპარატებისადმი.

ვერცხლის ანტიმიკრობული მოქმედება არაა კავშირში მათი მდგრადობის ხარისხთან ანტიბიოტიკებისა და ქიმიოთერაპიული პრეპარატების მიმართ. ამას შეიძლება ჰქონდეს დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა ვერცხლის გამოყენებისათვის მედიცინაში.

ვერცხლის ანტიმიკრობული სპექტრის შესწავლის პარალელურად, ნაშრომის [7] ავტორის მიერ ჩატარებულია გამოკვლევები ვერცხლის ბაქტერიციდული მოქმედების ინტენსიფიკაციის მიმართულებით წყალბადის პეროქსიდის, აქტიური ქლორის, ულტრაიისფერი სხივების და ულტრაბგერის, აგრეთვე ელექტრული ველის დახმარებით. ცდების მიხედვით დადგენილია, რომ სასმელ წყალზე წყალბადის პეროქსიდის 3მგ/ლ კონცენტრაციის დამატებით მიღებულია საიმედო გაუსნებოვნების ეფექტი ვერცხლის 0,05მგ/ლ დოზისა და დროის 20წთ კონტაქტის დროს. ვერცხლისა და წყალბადის პეროქსიდის ანტიმიკრობული ეფექტი შენარჩუნებულია წყლის სინჯში დამაუსნებოვნებლის სცპერიცპია ცოლი დამატებით შეტანის დროსაც. ეს მონაცემები გვიჩვენებს, რომ წყალბადის პეროქსიდთან ვერცხლის შერწყმით დამუშავებული მეთოდის

გამოყენება შეიძლება სასმელი წყლის როგორც გაუსნებოვნებისთვის, ისე დაკონსერვებისათვის. სასმელი წყლისთვის ჯერ ქლორის (1მგ/ლ), ხოლო შემდეგ (5-10წთ) ვერცხლის (0,05მგ/ლ) დამატებით დეზინფექტანტების ეფექტი ძლიერდება, კონტაქტის დრო მცირდება, ხოლო ვერცხლი მაკონსერვებელ თვისებებს ინარჩუნებს 7 და მეტი თვის განმავლობაში [15,45]. ულტრაიისფერი სხივები ასევე მნიშვნელოვნად აძლიერებენ ვერცხლის ანტიმიკრობულ თვისებებს (საიმედო ეფექტი 1-2წთ-ის შემდეგ). ვერცხლის მცირე დოზების ბაქტერიციდული ეფექტი წყალში შეიძლება მნიშვნელოვნად ამაღლდეს და დაჩქარდეს ულტრაბგერითი ზემოქმედების დროს [65]. უჯრედებისთვის, არალეტარული კონცენტრაციებისათვის, ულტრაბგერის გამოყენება ასუსტებს უჯრედულ ბარიერებს, ხელს უწყობს ვერცხლის სწრაფ შეჭრას უჯრედში და ბაქტერიების სიცოცხლისთვის მნიშვნელოვანი ცენტრების დაზიანებას.

შესწავლილია [7], აგრეთვე ქლორისა და ვერცხლის ჯამური ზემოქმედება სასმელ წყალზე და დადგენილია, რომ დეზინფექტანტების შეყვანა თანამიმდევრობით – ქლორი, ხოლო შემდეგ ვერცხლი (მათი კონცენტრაციების გაზრდის გარეშე) განაპირობებს წყლის უფრო ეფექტურ გაუსნებოვნებას, ვიდრე მათი ცალ-ცალკე გამოყენება.

ცდები ჩატარებულია ასევე დიზენტერიის, მუცლის ტიფის და პარატიფის, სალმონელების, ეშერიხიის ენტეროპათოგენურ ტიპებზე.

წყლის გაუსნებოვნების ასეთი კომბინირებული ხერხების გამოყენებით ნაჩვენებია [42], რომ მისი ბაქტერიციდული მოქმედება, პათოგენური ბაქტერიების მიმართ, ნაჩვენებია თანამიმდევრობით, ვლინდება სწრაფად, მათ დალუპვა იწყება 40-60წთ შემდეგ, ხოლო ზოგიერთი შტამი კვდება 20წთ შემდეგაც [7]. ასეთ შემთხვევაში ვერცხლის მაკონსერვებელი თვისებები შენარჩუნებულია 7 თვეზე მეტ ხანს [15, 45].

განსაკუთრებით საყურადღებოა წყლის გაუსნებოვნების ინტენსიფიკაციის პროცესი ელექტრული ველით [66]. ჩატარებულმა

გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ პათოგენური მიკროფლორის სიკვდილიანობა (სცპერისპია ცოლი 055, 011, შპიგელლა შონნი, შალმონელლა ტყპჰიმურიუმ) იწყებოდა უკვე ელექტრული ველის დაძაბულობის დაბალი მნიშვნელობისა და ვერცხლის იონების 0,05მგ/ლ კონცენტრაციის დროს. საკმარისი ბაქტერიციდული ეფექტი მიღწეულია 0,01მგ/ლ ვერცხლის შემცველობისას. ხსნარის ტემპერატურა იზრდებოდა არა უმეტეს 2 ჩ, რაც გამორიცხავდა გადახურების ზონის წარმოქმნას.

დამუშავების აღნიშნული მეთოდი ეფექტურია ენტეროვირუსების ინაქტივაციის დროსაც.

ვერცხლითა და დენით წყლის გაუსნებოვნების პროცესზე გავლენას ახდენს არა მხოლოდ ველის დაძაბულობა, არამედ, აგრეთვე წყლის ნაკადის სიჩქარე, მისი მარილოვანი შედგენილობა, ტემპერატურა, პ, მასში არსებული მიკროორგანიზმების სახეობები და სხვ. მაგრამ ამ უკანასკნელ ფაქტორთა გავლენა შედარებით სუსტია, ვიდრე მხოლოდ ვერცხლით წყლის გაუსნებოვნების შემთხვევაში. მაგ., ვერცხლი უმნიშვნელო ზემოქმედებას ახდენს ზოგიერთი მიკროორგანიზმის სპოროვან კულტურებზე 0,5მგ/ლ კონცენტრაციების დროსაც მაშინ, როდესაც ველთა გადაფარვა საშუალებას იძლევა მოხდეს წყლის სრული გაუსნებოვნება ვერცხლის 0,05-0,1მგ/ლ დოზებით, მასში აცილლუს სუბტილის 105 ერთეული/ლ არსებობის დროს.

ჩატარებულმა გამოკვლევებმა [67,68] აჩვენეს ბაქტერიების სიცოცხლისუნარიანობასა და მათ ბიოელექტრულ მახასიათებლებს შორის ურთიერთდამოკიდებულება დეზინფექტანტებით წყლების გაუსნებოვნების პროცესში, მუდმივ ელექტრულ ველში. ეს საშუალებას იძლევა ვივარაუდოთ, რომ ველში ქიმიურ ნივთიერებათა ანტიმიკრობული მოქმედების ინტენსიფიკაცია მიღწეულია ბაქტერიალური მემბრანების შეღწევადობის გადიდებით, რის შედეგადაც ადვილი ხდება დეზინფექტანტების იონთა შეხება უჯრედების აქტიურ ცილოვან ცენტრებთან.

მიკროორგანიზმებზე მუდმივი ელექტრული ველის ზემოქმედებას აქვს ორმაგი ხასიათი. ერთი მხრივ, ქიმიურ ნივთიერებათა გაუსნებოვნების ეფექტის გაძლიერება შეიძლება მოხდეს ელექტროლიზის ბაქტერიციდული პროდუქტების წარმოქმნის შედეგად. მეორე მხრივ – თავად მუდმივი ელექტრული ველი უშუალო გავლენას ახდენს ბაქტერიებზე, აქცევს რა მათ უფრო ადვილად დასაძლევს ანტიმიკრობული ნივთიერებებისათვის. ელექტრული ველის მოქმედების ასეთი ხასიათი საშუალებას იძლევა გამოყენებულ იქნას იგი სხვადასხვა მარილოვანი შედგენილობის წყლის ქიმიური გაუსნებოვნების ინტენსიფიკაციისათვის.

ასევე ინტერეს წარმოადგენს ვერცხლის იონების გამოყენება აღსორბირებულ მდგომარეობაში. ნაშრომში [69] ნაჩვენებია, რომ ქსოვილის ფილტრები, რომლებიც ვერცხლს შეიცავენ, უზრუნველყოფენ სრულ მასტერილიზირებელ მოქმედებას და ხანგრძლივ ბაქტერიციდულ ეფექტს ვერცხლის კონცენტრაციისას ფილტრატში 0,05-დან – 0,08 მგ/ლმდე, 3 სთ ექსპოზიციის პირობებში.

ბოლო პერიოდის კვლევათა საფუძველზე დადგენილია, რომ კვების პროდუქტების გარკვეულ ნაწილში, კერძოდ, ყურძნის ღვინის შედგენილობაში, სხვა მაკრო-, მიკრო- და ულტრა-მიკროელემენტებთან ერთად, დაფიქსირებულია მასში ვერცხლის იონების (Ag^+) არსებობა, რომელიც გარკვეულწილად განაპირობებს მის ანტიბაქტერიალურ ქმედებას [70].

დღეისათვის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ამოცანა, რომელიც დგას მედიცინის წინაშე არის ეფექტური საშუალებების ძიება ვირუსების, ზოგიერთი გრამუარყოფითი ბაქტერიების (პროტეი, ლურჯჩირქოვანი ჩხირები) წინააღმდეგ ბრძოლა. განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს უნივერსალური საშუალებებისა და რეჟიმების მოძიებას მიკრობთა ანტიბიოტიკომდგრადი ფორმების დასათრგუნად, კერძოდ, სტაფილოკოკების, დიზენტერიებისა, ტუბერკულოზის ბაქტერიების და სხვათა მიმართ.

ამ მიმართულებით, ვერცხლს გააჩნია შეუდარებელი უპირატესობები
დღემდე არსებულ ყველა ანტიმიკრობულ საშუალებასთან შედარებით.

www.molisani.ge