

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ნატალია გაჩეჩილაძე

ქვემო და შიდა ქართლის გეოლოგიურ სუბსტრატზე
განვითარებულ ნიადაგებში ტოქსიკური ლითონების განაწილების
კანონზომიერებათა კვლევა

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ა გ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი
2013 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში
სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტი
გამოყენებითი გეოლოგიის დეპარტამენტი

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: სრული პროფესორი *უჩა ზვიადაძე*

რეცენზენტები: გმმდ *ომარ ქუცნაშვილი*

ბიოლ.მდ, ფიზ.-მათ.მკ *მარატ ციციშვილი*

დაცვა შედგება 2013 წლის 29 ივლისს, 15 საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური
ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის № 33 სხდომაზე,
კორპუსი III, აუდიტორია 432

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,

ხოლო ავტორეფერატისა – სტუ-ს ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი

ასოცირებული პროფესორი

----- დ. თევზაძე

შესავალი

ჩვენს მიერ მოძიებული, ველზე დაგროვილი, სისტემატიზირებული და განზოგადებული მრავალფეროვანი მასალა საშუალებას გვაძლევს დასაბუთებულად ვიმსჯელოთ სადისერტაციო ნაშრომის მეცნიერულ სიახლეზე, აქტუალობაზე და მის პრაქტიკულ მნიშვნელობაზე.

აქტუალობა. გადაუჭარბებლად შეიძლება ითქვას, რომ XXI საუკუნე ეკოლოგიურ კვლევებზე არის აქცენტირებული. მიზეზი გარემომცველ ბუნებაზე ინტენსიური ანთროპოგენური დატვირთვაა. იმის გამო, რომ საკითხი ეხება ადამიანის ჯანმრთელობას, ეკოლოგიური პრიორიტეტი ყველა სხვა პრიორიტეტზე მაღლა დგას და სახელმწიფო პოლიტიკის რანგში არის აყვანილი.

მიუხედავად იმისა, რომ დღესდღეობით ჩვენს ქვეყანაში დიდი სამრეწველო ობიექტები არ ფუნქციონირებს, გარემოზე დატვირთვა მაინც ინტენსიურია, რაც ძირითადად გაცხოველებულ სააგრომობილო მიმოსვლასთან და სოფლის მეურნეობაში ორგანული, თუ არაორგანული სასუქის ინტენსიურ, არაგეგმაზომიერ მოხმარებასთან არის დაკავშირებული. საზოგადოებრივი აზრით ტრასის გასწვრივ არსებულ ნათესებზე აღმოცენებული სასოფლო-სამეურნეო კულტურები (მარცვლეული, ვენახი, ბოსტნეული, ხილი და ა. შ.) სანდო არ არის როგორც საკვების ძირითადი სახეობა, რადგანაც მაღალია რისკი ამ პროდუქტში არაორგანული ტოქსიკანტების, სახელობრ, ტოქსიკური მეტალების ანომალურად მაღალი შემცველობისა. აღნიშნულის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ ადამიანის ჯანმრთელობის უსაფრთხოებიდან გამომდინარე, წინამდებარე ნაშრომი შინაარსობრივად უთუოდ აქტუალურია, რამდენადაც შეიცავს კონკრეტულ მონაცემებს სხვადასხვა სახეობის სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტში მძიმე მეტალების განაწილების რაოდენობრივი მაჩვენებლების შესახებ.

სამუშაოს მიზანი. სადისერტაციო ნაშრომის მიზნობრივი დანიშნულება იმაში მდგომარეობს, რომ თანამედროვე ზუსტი მეთოდის გამოყენებით რაოდენობრივად და ხარისხობრივად

შეფასდეს სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი ეკოსისტემების (ნიადაგი, კვების პროდუქტი) მდგომარეობაზე ისეთი მძლავრი ანთროპოგენური ფაქტორის ზეგავლენა, როგორცაა რესპუბლიკის გზებზე ინტენსიური საავტომობილო მოძრაობა.

კვლევის ობიექტი და მეთოდები. კვლევის ობიექტებად შერჩეულია ქვემო და შიდა ქართლის საავტომობილო ტრასებთან მიმდებარე ნიადაგები, და ამ ნიადაგებზე მოწეული სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტი. განსაკუთრებით გაცხოველებული საავტომობილო ტრაფიკი აღინიშნება დასავლეთის ავტომაგისტრალის თბილისი-ხაშურის მონაკვეთზე და სამხრეთის ავტომაგისტრალის თბილისი-მარნეული-ბოლნისის მონაკვეთზე. ნიადაგებსა და მათზე აღმოცენებულ სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტებში ტოქსიკური მეტალების განაწილების კანონზომიერებათა კვლევა შესრულდა საველე და ლაბორატორიული კვლევების უახლესი მეთოდების გამოყენებით, რომლებიც ძირითად ტექსტში არის აღწერილი.

მეცნიერული სიახლე. მიუხედავად იმისა, რომ საქართველოში ეკოლოგიური კვლევები საკმაოდ ფართო მასშტაბით მიმდინარეობს, რჩება რიგი საკითხებისა, რომლებიც ნაკლებად არის შესწავლილი ან სულაც შეუსწავლელია. ამგვარ საკითხთა ჯგუფს მიეკუთვნება საავტომობილო მაგისტრალების მომიჯნავედ განლაგებულ სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებზე ნიადაგების, შესაბამისად, ამ ნიადაგებზე აღმოცენებული კულტურული მცენარეულობის ტოქსიკური ელემენტებით (ძირითადად მეტალებით) გატუჭყიანების კვლევა და იმ კანონზომიერებების გამოვლენა, რომლებიც გატუჭყიანების მიზეზებად გვევლინება.

დიდი ადგილი შესრულებულ კვლევებში დაეთმო ექსპერიმენტულ სამუშაოებს, კერძოდ, ისეთი მნიშვნელოვანი საკითხის შესწავლას, როგორცაა გატუჭყიანებული ნიადაგებიდან კულტურულ მცენარეულობაში და შესაბამისად, ნაყოფში ტოქსიკანტების ტრანსფორმაციის მექანიზმი.

რამდენადაც ჩვენთვის არის ცნობილი, ანალოგიური სამუშაო მანამდე არ შესრულებულა, რის გამოც ნაშრომში მოცემული განზოგადებები და დასკვნები მეცნიერულ სიახლედ უნდა ჩაითვალოს.

ნაშრომის ძირითადი შედეგები. ჩატარებული სამუშაოს შედეგებმა მოგვცა შესაძლებლობა ცალ-ცალკე დაგვეხასიათებინა საკვლევი ტერიტორიების ფარგლებში წარმოდგენილ გეოლოგიურ სუბსტრატზე განვითარებული ნიადაგები მათში ტოქსიკური მეტალების შემცველობის თვალსაზრისით; დაგვედგინა ნიადაგების გაჭუჭყიანების ხარისხი; გამოგვეყო ისეთი უბნები, რომელთა ფარგლებშიც ტოქსიკური მეტალების შემცველობა სახიფათო ზღვარს აღწევს და ჯერადობით აღემატება საერთაშორისო და საქართველოს ნორმატივებით დაწესებულ ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციების სიდიდეებს. პრაქტიკული ღირებულების მეორე უმნიშვნელოვანეს კომპონენტს წარმოადგენს განსახილველ ნიადაგებზე მოწეულ სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტში ტოქსიკანტების კვლევის შედეგად მიღებული რიცხობრივი პარამეტრები. სახელობრ, გამოყოფილია ბოსტნეულის და სხვა პროდუქტის ისეთი სახეობები, რომლებიც განსაკუთრებით სენსიტიურია ნიადაგებიდან მეტალების შეთვისების თვალსაზრისით და აქედან გამომდინარე, მაღალი რისკის შემცველია ადამიანის მიერ მათი სისტემატურად საკვებად მოხმარების პროცესში.

მიღებული შედეგები ერთგვარად გამაფრთხილებელი სიგნალია, რომელიც აუცილებლად უნდა იყოს გათვალისწინებული ამა თუ იმ ტერიტორიის სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებად გამოყენების ვარგისიანობის შესაფასებლად.

შედეგების გამოყენების სფერო. შედეგების გამოყენების სფეროს მეცნიერების ეკოლოგიური მიმართულება წარმოადგენს.

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა. სადისერტაციო ნაშრომი წარმოდგენილია შესავლის, ლიტერატურის მიმოხილვის, 6 თავის და ნახევარი 131 გვერდისაგან. ნაშრომში მოცემულია 26 ცხრილი, 16 ნახაზი. გამოყენებული ლიტერატურის სია შედგება 76 დასახელებისგან.

**თავი I. ქვემო ქართლის ფიზიკურ-გეოგრაფიული
პირობების და ძირითადი ნიადაგწარმომქმნელი ქანების მოკლე
დახასიათება**

ადმინისტრაციულად ქვემო ქართლის რეგიონი მარნეულის, გარდაბნის და ბოლნისის მუნიციპალიტეტების ტერიტორიას მოიცავს. აქ მდებარეობს რესპუბლიკური დაქვემდებარების ქალაქები: მარნეული, გარდაბანი და ბოლნისი, აგრეთვე მსხვილი სოფლები: შულავერი, რაჭისუბანი, რატევანი და სხვ.

სოფლის მეურნეობის დარგებიდან განვითარებულია მევენახეობა, მებოსტნეობა და მარცვლეული კულტურების ნათესები. ადგილობრივი საწარმოებიდან აღსანიშნავია სამშენებლო და მოსაპირკეთებელი ქვების კარიერები, კირის წარმოება, ხილის და ბოსტნეულის საკონსერვო ქარხნები და ა. შ.

ქვემო ქართლის რეგიონისთვის დამახასიათებელია მშრალი სუბტროპიკული ჰავა.

დ. წერეთელის მიხედვით, საკვლევ ტერიტორიაზე მორფოლოგიურად შემდეგი ერთეულები გამოიყოფა: ქვემო ქართლის დაბლობი, თრიალეთის ქედის წინამთიანეთი, იაღლუჯას კალთები. ქვემო ქართლის დაბლობი ძირითადად აგებულია მდ. მტკვრის და მისი მარჯვენა შენაკადების – ხრამის და ალგეთის ალუვიური ნალექებით, რომელთა ქვეშ დოლერიტული ლავის ფენი არის განამარხებული. თრიალეთის ქედის წინამთიანეთი რაიონს ჩრდილო-აღმოსავლეთიდან შემოსაზღვრავს და რთული რელიეფით ხასიათდება. ტერიტორია გეოლოგიურად აგებულია ზედა ეოცენის თიხებით და ქვიშაქვებით, შუა ეოცენის ვულკანოგენური წარმონაქმნებით, პალეოცენ-ქვედა ეოცენის მერგელებით, კარბონატული ქვიშაქვებით და თიხებით, მაიკოპის თაბაშირიანი თიხებით და ქვიშებით. იაღლუჯა ეწოდება ბორცვოვან-დაბალმთიან გრეხილს, რომელიც ერთმანეთისგან გამოჰყოფს ასურეთი-წალასყურის დახრილი დაბლობის აღმოსავლეთ ნაწილს და მარნეულის დაბლობს. იაღლუჯა აგებულია მცირე კავკასიონის უხეშნატეხოვანი მოლასური ნეოგენის ასაკის კონგლომერატებით და ქვიშაქვებით. იაღლუჯის ზეგანი, რომელიც ჩრდილო-დასავლეთიდან

სამხრეთ-აღმოსავლეთისკენ ვრცელდება, წყალგამყოფია მდინარეების მტკვრისა და ალგეთის ხეობებს შორის.

რაიონის მთავარი მდინარეები (ხრამი, მაშავერა, დებედა) არასტაბილური ჰიდროლოგიური რეჟიმით ხასიათდება.

ქვემო ქართლის გეოლოგიურ აგებულებაში ცარცული, მესამეული და მეოთხეული ნალექები მონაწილეობს.

საქართველოს ტერიტორიის ჰიდროგეოლოგიური დარაიონების სქემის მიხედვით, საკვლევი ტერიტორია მოიცავს მარნეული-გარდაბნის არტეზიულ აუზს (III₁₂) და წარმოადგენს საქართველოს ბელტის არტეზიული აუზების ჰიდროგეოლოგიური ოლქის (III) ნაწილს.

თავი II. შიდა ქართლის ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობების და ძირითადი ნიადაგწარმომქმნელი ქანების მოკლე დახასიათება

ადმინისტრაციულად საკვლევი ტერიტორია ძირითადად გორის და ქარელის რაიონებს მიეკუთვნება, ნაწილობრივ – ხაშურის რაიონს. იგი მოიცავს ტირიფონ-სალთვისის მთათაშორის დაბლობს, რომელიც საქართველოს ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი სასოფლო-სამეურნეო რეგიონია

ტერიტორიის მსხვილი დასახლებული პუნქტებიდან აღსანიშნავია ქალაქები: ხაშური, ქარელი, გორი, მცხეთა. აგრეთვე, დიდი სოფლები: ტყვიავი, მეჯვრისხევი, კარალეთი, ვარიანი და სხვ.

სოფლის მეურნეობის და ადგილობრივი მრეწველობის დარგებიდან აღსანიშნავია მევენახეობა, მეხილეობა, შაქრის წარმოება, სამშენებლო-ინერტული მასალების მოპოვება და ა. შ.

განსახილველი რაიონის ტემპერატურული რეჟიმი კონტინენტური კლიმატის კანონზომიერებას ემორჩილება.

ატმოსფერული ნალექების რეჟიმი განპირობებულია რაიონის გეოგრაფიული მდებარეობით და რელიეფით.

ოროგრაფიულად ტირიფონ-სალთვისის დაბლობი ტიპური მთათაშორისი დეპრესიაა, რომელიც დასავლეთიდან ჩაკეტილი არ არის. ჩრდილოეთიდან დაბლობი შემოსაზღვრულია დიდი კავკასიონის ქედის მთისწინეთით, ხოლო სამხრეთიდან – კვერნაქის და მალხაზის წვერის

დაბალი ქედებით. აღმოსავლეთი საზღვარი იგოეთის ამალელებს მიუყვება, რომელიც ერთმანეთისგან ტირიფონის და მუსრანის ველებს გამოჰყოფს.

მდ. დიდი ლიახვი განსახილველ რაიონში ყველაზე მსხვილი ჰიდროგრაფიული ელემენტია.

ტირიფონის დაბლობი მოქცეულია დიდი და მცირე კავკასიონის ნაოჭა სისტემებს შორის. იგი ტექტონიკურად საქართველოს ბელტს მიეკუთვნება. ეს გარემოება განაპირობებს ტერიტორიის გეოლოგიური აგებულების და ჰიდროგეოლოგიური პირობების თავისებურებებს, რაც იმაში გამოიხატება, რომ პერიფერიებზე ძველი ფორმაციები არის განვითარებული, ხოლო ცენტრალური ნაწილი შედარებით ახალგაზრდა წარმონაქმნებით არის აგებული.

საქართველოს ტერიტორიის ჰიდროგეოლოგიური დარაიონების სქემის მიხედვით, საკვლევ რაიონს ეწოდება ქართლის არტეზიული აუზი (III₉) და შედის მთათაშორისი აუზების ჰიდროგეოლოგიური ოლქის (III) შემადგენლობაში.

თავი III. შესრულებული კვლევების მეთოდოლოგია

ნიადაგის ნიმუშების შესწავლა მიმდინარეობდა ამ ნიმუშებიდან გამონაწურების (გამონატუტების) მომზადების გზით.

მასიური მიკროკომპონენტური ანალიზების ჩასატარებლად წარმატებით გამოიყენება სპექტრული მეთოდი, რომელიც დამყარებულია ელემენტების ოპტიკური თვისებების ფიქსაციაზე. ჩვენს კონკრეტულ შემთხვევაში ანალიზები შესრულებულია ატომურ-აბსორბციულ სპექტროფოტომეტრზე – C-302, რომელიც უზრუნველყოფს განსაზღვრას როგორც აბსორბციის, ასევე ემისიის რეჟიმში.

ატომური სპექტროსკოპიის მეთოდს პრაქტიკულად შეუზღუდავი შესაძლებლობები გააჩნია მეცნიერებისა და ტექნიკის სხვადასხვა სფეროში: გეოქიმიაში, მედიცინაში, მრეწველობაში, სოფლის მეურნეობაში, ბიოქიმიაში და ა.შ. დღეისთვის ამ მეთოდს ეკუთვნის უდავო პრიორიტეტი ეკოლოგიურ (მათ შორის, ეკოგეოქიმიაში) კვლევებში. მისი საშუალებით წარმატებით სრულდება რთული და

ერთმანეთისგან სრულიად განსხვავებული სისტემების ანალიზი, როგორცაა: ქანები და მინერალები, მიწისქვეშა, ზედაპირული და ჩამდინარე წყლები, ნიადაგები და სასუქები, ბოსტნეულისა და ხილის წვენები, კვების პროდუქტები, ხელოვნური შენადნობები და ცემენტი, სხვადასხვა ქიმიური რეაქტივები და ა.შ.

ოთახის ტემპერატურაზე გამომშრალი ნიმუშიდან ვიღებთ ნიადაგის 100 გ წონაკს, $d < 1$ მმ-ზე მარცვლების ზომით, მასზე ვასხამთ 500 მლ მოცულობის დისტილირებულ წყალს (შეფარდება 1:5) და ნარევეს ვანჯღრევთ მექანიკურ სანჯღრველაზე 2 საათის განმავლობაში. ამის შემდეგ, ნარევი უნდა გაიფილტროს. სამუშაოს დამამთავრებელი ეტაპია გამონაწურის მიკროკომპონენტური ანალიზის ჩატარება. ამ საყოველთაოდ მიღებული მეთოდისადმი ჩვენეული მიდგომის სიახლე იმაში მდგომარეობს, რომ ხელოვნურად ვახდენთ ხსნარის შემჟავებას კონცენტრირებული მარილმჟავას (HCl) დამატებით, რათა ხსნარს ჰქონდეს მკვეთრად გამოხატული მჟავე რეაქცია ($PH \approx 2-3$). მიზნობრივად ეს ფაქტი იმით არის გამართლებული, რომ მიკროკომპონენტების შემცველობის მხრივ განსაკუთრებული რეპრეზენტატულობით გამოირჩევა ძლიერ მჟავე გარემოში დამზადებული გამონაწურები. მართალია, PH -ის ასეთი ექსტრემალურად დაბალი სიდიდეები ბუნებრივ სისტემებში პრაქტიკულად არ გვხვდება, მაგრამ, არც თუ იშვიათად, ნიადაგებისთვის დამახასიათებელია მჟავე ($PH < 6$) გარემო, რაც ნიმუშთა გარკვეულ ნაწილში ჩვენს კონკრეტულ შემთხვევაშიც აღინიშნება.

თავი IV. სხვადასხვა გეოლოგიურ სუბსტრატზე წარმოქმნილ ნიადაგებში და სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტში მძიმე მეტალების რაოდენობრივი განაწილების კანონზომიერებები.

ბიოსფერო რთული შედგენილობის და სასიცოცხლო მნიშვნელობის ეკოლოგიური სისტემაა. ამ სისტემის ხარისხზე პერმანენტული კონტროლი ნებისმიერი ცივილიზებული სახელმწიფოს

ზრუნვის საგანს შეადგენს. გამონაკლისი ამ მხრივ, ცხადია, არც საქართველო უნდა იყოს. კონტროლის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი კომპონენტი არის ნიადაგებში, როგორც ბიოსფეროს ინგრედიენტში, ტოქსიკური ქიმიური ელემენტების (ძირითადად, მძიმე მეტალების, 40-ზე მეტი ატომური წონით) გავრცელების კანონზომიერებების შესწავლა. ტოქსიკანტ-მეტალებს შორის პრიორიტეტული, განსაკუთრებით საშიში ჯგუფი გამოიყოფა, რომელშიც კადმიუმი (*Cd*), სპილენძი (*Cu*), დარიშხანი (*As*), ნიკელი (*Ni*), ვერცხლისწყალი (*Hg*), ტყვია (*Pb*), თუთია (*Zn*) და ქრომი (*Cr*) შედის. დარიშხანის, ვერცხლისწყლის და ქრომის გამოკლებით, წინამდებარე ნაშრომში განხილულია დანარჩენი მეტალები და მათ გარდა, შესწავლილია შედარებით ნაკლებად ტოქსიკური ელემენტები – რკინა (*Fe*), მანგანუმი (*Mn*), კობალტი (*Co*), ლითიუმი (*Li*) და სტრონციუმი (*Sr*), საერთო ჯამში 10 ტოქსიკანტი.

სასიცოცხლო გარემოს (ბიოსფეროს) მეტალებით გაჭუჭყიანების ანთროპოგენურ ფაქტორებს შორის მნიშვნელოვანი როლი ავტოტრანსპორტს მიეკუთვნება. შესაბამისად აქცენტი გადატანილია ინტენსიური სააგრომობილო მიმოსვლის ზოლში ნიადაგების ეკოგეოქიმიურ მდგომარეობაზე. დადგენილია, რომ გარემოს ეკოსისტემებში ტყვიის საერთო შემცველობის ნახევარზე მეტი ეთილირებული ბენზინის წვის შედეგად ხვდება, ანუ უშუალოდ არის დაკავშირებული ავტოტრანსპორტის გამონაბოლქვთან, რასაც, ბუნებრივია, პირველ რიგში, ატმოსფერული ჰაერის და ნიადაგის გაჭუჭყიანება მოსდევს. ზოგადად ითვლება, რომ ნიადაგებში ტოქსიკური მეტალების შემცველობა იმ ქანების შედგენილობაზე არის დამოკიდებული, რომლებიც ნიადაგური საფარის წარმოქმნის საწყისი სუბსტანციაა, ხოლო ნიადაგების მრავალფეროვნება, თავის მხრივ, ტერიტორიის გეოლოგიური განვითარების ისტორიასთან არის მჭიდროდ დაკავშირებული. ზემოთ აღნიშნული ასპექტები საფუძვლად დაედო შიდა და ქვემო ქართლის ნიადაგების ეკოგეოქიმიურ კვლევას.

თანამედროვე პირობებში ჩვენს ქვეყანაში (და არა მარტო ჩვენში) მოძალდებულ ეკოლოგიურ პრობლემებს შორის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ადგილი სააგრომობილო ტრასების მიმდებარე ზოლში

გავრცელებული ნიადაგების მეტალებით გაჭუჭყიანებას ეკუთვნის. საკითხის აქტუალურობა ამ ნიადაგებზე მოწეული სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტის ადამიანის ჯანმრთელობაზე ნეგატიური ზეგავლენიდან გამომდინარეობს.

მოცემულ შემთხვევაში შესწავლის ობიექტს თბილისი-ბოლნისის საავტომობილო გზის ზოლი წარმოადგენს, როგორც ქვემო ქართლში ავტოტრანსპორტის ინტენსიური მოძრაობის ერთ-ერთი ტიპური მაგალითი.

თბილისი-ბოლნისის 50კმ სიგრძის ავტოტრასის მიმდებარე ზოლში აღებული და გაანალიზებულია ნიადაგების 10 ნიმუში, დასინჯვის წერტილებს შორის დაახლოებით 5 კმ-ის ინტერვალით. ნიმუშები აღებულია სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებიდან – სიმინდის და ხორბლის ყანები, ვენახები, ბოსტნეულის ნათესები და ა. შ.

დასინჯულ ნიადაგებში შესწავლილი მეტალების (სულ 10 ელემენტი) შემცველობის რაოდენობრივი მაჩვენებლები ნაჩვენებია ქვემოთ მოცემულ კრებსით ცხრილში (ცხრ.1).

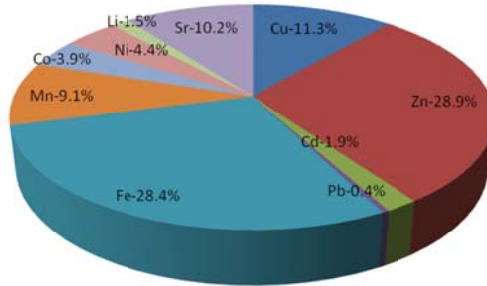
ცხრილი 1

მეტალების შემცველობა დასინჯულ ნიადაგებში (თბილისი-ბოლნისი)

ნიმუშის №	ნიმუშის უზუალური აღწერა	მეტალების შემცველობა, მგ/კგ									
		Cu	Zn	Cd	Pb	Fe	Mn	Co	Ni	Li	Sr
1.	შავმიწა, კომპოვანი ნიადაგი, კარბონატების წვრილიმარცვლების ჩანარებით	40,0	103	6,9	1,4	16,0	18,0	13,8	15,6	4,0	50,0
2.	მუქი ყავისფერი, თიხნარი გრუნტი, მცენარეული ფესვების ხშირი ჩანარებით, მცირედ კარბონატული	25,0	64,1	4,3	0,8	24,0	6,0	8,6	9,7	კვალი	50,0
3.	კომპოვანი სტრუქტურის, მუქი შავმიწა ნიადაგი, კალციტის მარცვლების იშვიათი ჩანარებით	20,0	51,3	3,4	0,7	16,0	8,0	6,9	7,8	2,0	50,0
4.	შავმიწა ნიადაგი, კომპოვანი სტრუქტურის, თიხნარი ფერის არაკარბონატული ნაწილაკების ჩანარებით და მცენარეული ფესვების მცირე ჩანარებით	25,0	64,1	4,3	0,8	32,0	38,0	8,6	9,7	7,0	კვალი
5.	რუხი ფერის თიხნარი გრუნტი, სხვადასხვა ზომის კარბონატული ნაწილაკების ჩანარებით, ძლიერ კარბონატული	8,0	20,5	1,38	0,3	24,0	6,0	2,8	3,1	კვალი	კვალი
6.	მუქი ყავისფერი, კომპოვანი სტრუქტურის, ძლიერ კარბონატული, თიხნარი ნიადაგი	10,0	25,6	1,72	0,3	16,0	12,0	3,4	3,9	3,0	კვალი
7.	ძლიერ კარბონატული, მუქი რუხი ფერის, კომპოვანი სტრუქტურის თიხნარი ნიადაგი	3,0	7,7	0,52	0,1	64,0	12,0	1,0	1,2	2,0	კვალი
8.	ძლიერ კარბონატული, მუქი ყავისფერი, თიხნარი გრუნტი	14,0	35,9	2,41	0,5	16,0	8,0	4,8	5,5	5,0	კვალი
9.	არაკარბონატული, კომპოვანი სტრუქტურის, მუქი ყავისფერი ნიადაგი	14,0	35,9	2,41	0,5	176,0	16,0	4,8	5,5	კვალი	კვალი
10.	ძლიერ კარბონატული, კომპოვანი სტრუქტურის თიხნარი გრუნტი	9,0	23,1	1,55	0,3	40,0	12,0	3,1	3,5	კვალი	კვალი
მინიმალური შემცველობა		3,0	7,7	0,52	0,1	16,0	6,0	1,0	1,2	2,0	50,0
მაქსიმალური შემცველობა		40,0	103	6,9	1,4	176,0	38,0	13,8	15,6	7,0	50,0
საშუალო შემცველობა (C ₁), მგ/კგ		16,8	43,1	2,9	0,6	42,4	13,6	5,8	6,6	2,3	15,0
ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (C ₀), მგ/კგ		3,0	23,0	1,5	11,0	150,0	50,0	4,0	2,0	3,0	150,0
შეფარდება (C ₁ /C ₀), მგ/კგ		5,6	1,9	1,9	0,1	0,3	0,3	1,5	3,3	0,8	0,1

კრებსითი ცხრილის მონაცემები საფუძვლად დაედო შემდგომ მსჯელობას შესწავლილ ნიადაგებში ტოქსიკური მეტალების

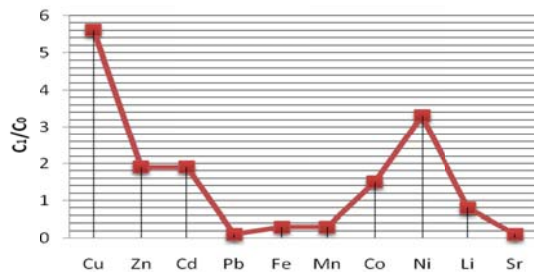
განაწილების კანონზომიერებათა შესახებ. ათივე შესწავლილი ელემენტის საშუალო შემცველობების ჯამი მინეულია 100%-ად და აქედან გამომდინარე, ნაანგარიშეგია ცალ-ცალკე თითოეული მეტალის პროცენტული წილი. გრაფიკულად შედეგი ასახულია ქვემოთ მოცემულ წრიულ დიაგრამაზე (იხ. ნახ. 1).



ნახ. 1. ნიადაგებში მეტალების საშუალო შემცველობების პროცენტული განაწილება

საყურადღებოა, რომ ელემენტთა უმრავლესობისათვის (Cu, Zn, Cd, Pb, Co, Ni) შემცველობის მაქსიმუმები დაფიქსირებულია ნიადაგის №1 ნიმუშში (სოფ. რატევანი), რომელიც შავმიწა, კარბონატული, კოშტოვანი ნიადაგით არის წარმოდგენილი. სავარაუდოდ, მიზეზი ის გარემოება უნდა იყოს, რომ ნიმუში აღებულია საყანე ადგილის ახლად მოხული, გაფხვიერებული ნიადაგიდან. ცხადია, ამ პირობებში ატმოსფეროდან ნიადაგში ელემენტების შთანთქმა უფრო ინტენსიურად უნდა ხდებოდეს.

საინტერესო სურათი იკვეთება შესწავლილ ნიადაგებში ტოქსიკური მეტალების ფაქტობრივი საშუალო შემცველობების შედარებით ნორმატივებით განსაზღვრულ ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებთან (იხ. ცხრილი 1 და ნახაზი 2).



ნახ. 2 ნიადაგებში მეტალების საშუალო შემცველობების ზღვ-თან შეფარდების გრაფიკი

ფაქტობრივი საშუალო შემცველობის ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციასთან შეფარდების (C_1/C_0) ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი (5.6) აღინიშნება სპილენძის შემთხვევაში, ყველაზე დაბალი - (0.03)-ტყვიის შემთხვევაში. ამ ფაქტს ლოგიკური ახსნა აქვს, სახელობრ ის, რომ ბოლნისის მადნიანი კვანძის ტერიტორიაზე, რომლის ფარგლებშიც მადნეულის სპილენძ-კოლჩედანიანი მსხვილი საბადო მდებარეობს, სპილენძი მეტალებს შორის აშკარა დომინანტია. რაც შეეხება ტყვიას, ცნობილია, რომ ეს ელემენტი, თავისი გეოქიმიური ბუნების გამო, უკიდურესად ცუდი ("ზარმაცი") მიგრანტია და გაფანტვის არეალს პრაქტიკულად არ წარმოქმნის.

თბილისი-ბოლნისის საავტომობილო გზის მიმდებარე ზოლში გავრცელებული ნიადაგები დანალექი (ნაწილობრივ, ვულკანოგენური) ქანების სუბსტრატზე არის განვითარებული. ამასთან დაკავშირებით, ინტერესს მოკლებული არ იქნება შევადართო ერთმანეთს შესწავლილი მეტალების ამ ორ სუბსტანციაში საშუალო შემცველობის სიდიდეები.

ცხრილი 2

**მეტალების ფაქტობრივი საშუალო შემცველობების შეფარდება
დანალექ ქანებში საშუალო შემცველობებთან**

№	ელემენტის დასახელება	საშუალო შემცველობა, მგ/კგ		შეფარდება C_1/C_2
		ნიადაგში C_1	შესწავლილ დანალექ ქანებში C_2	
1.	სპილენძი	16,8	57	0,3
2.	თუთია	43,1	80	0,5
3.	კადმიუმი	2,9	0,3	9,7
4.	ტყვია	0,6	20	0,03
5.	რკინა	42,4	33300	0,001
6.	მანგანუმი	13,6	67	0,2
7.	კობალტი	5,8	23	0,3
8.	ნიკელი	6,6	95	0,07
9.	ლითიუმი	2,3	20	0,1
10.	სტრონციუმი	50	375	0,1

ცხრილიდან ჩანს, რომ კადმიუმის გამოკლებით, ნიადაგში ყველა დანარჩენი ელემენტის საშუალო შემცველობა ნაკლებია დედა-ქანში ანალოგიურ მაჩვენებელთან შედარებით. ის ფაქტი, რომ ძალზე ტოქსიკური მეტალის-კადმიუმის საშუალო შემცველობა შესწავლილ ნიადაგებში 9.7-ჯერ აღემატება მის შემცველობას სუბსტრატის ძირითად ქანში, ძალზედ შემაშფოთებელია და, ცხადია, ანთროპოგენურ

მიზეზთან, სავარაუდოდ, ავტოტრაფიკთან არის დაკავშირებული, რადგანაც დედა-ქანი, მასში კადმიუმის უმნიშვნელო (0.3 მგ/კგ) შემცველობის გამო, ელემენტის ასეთ მაღალ კონცენტრაციას ვერ განაპირობებდა.

დედა-ქანში მეტალების შემცველობის მნიშვნელოვანი სიჭარბე ამ ქანზე განვითარებულ ნიადაგში იმავე ელემენტების შემცველობაზე ადვილად აიხსნება იმ გარემოებით, რომ ნიადაგის ფენიდან მცენარეულობა ვეგეტაციის საჭიროებისთვის ფესვთა სისტემის საშუალებით მეტალებს ითვისებს და შესაბამისად, ნიადაგში მეტალების შემცველობა კლებულობს.

შესრულებული სამუშაოს შედეგების ანალიზით ირკვევა, რომ ათი შესწავლილი მეტალიდან ხუთ შემთხვევაში ნიადაგებში საშუალო შემცველობების სიჭარბე ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებზე, განსაკუთრებით ისეთ ძლიერ ტოქსიკურ ელემენტთან მიმართებაში, როგორც კადმიუმი, გაჭუჭყიანების მაღალ ხარისხზე მიუთითებს. გაჭუჭყიანების ძირითად წყაროს ინტენსიური საავტომობილო მიმოსვლა წარმოადგენს, რომლის ზეგავლენა მაქსიმუმს ტრასასთან უშუალოდ მიმდებარე ზოლში აღწევს. ამასთან, არ გამოვრიცხავთ იმ შესაძლებლობასაც, რომ გარკვეულ როლს ნიადაგების სასუქებით ხელოვნური განაყოფიერებაც თამაშობს.

გარდა თბილისი-ბოლნისის ავტომაგისტრალის ზოლში გავრცელებული ნიადაგებისა, ტოქსიკური მეტალების შემცველობა შევისწავლეთ აგრეთვე იმ ნიადაგებში, რომლებიც თბილისი-რუსთავი-ჯანდარას საავტომობილო გზის მიმდებარედ არის გავრცელებული. ეს ობიექტიც ქვემო ქართლის ტერიტორიაზე თავსდება. ავტოტრასის დაახლოებით 30კმ-იანი სიგრძის მონაკვეთზე ავიღეთ და მეტალების შემცველობაზე გავანალიზეთ სხვადასხვა სახეობის ნიადაგის 10 ნიმუში. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ქვემოთ შემაჯამებელი ცხრილის სახით.

მეტალების შემცველობა დასინჯულ ნიადაგებში (რუსთავი)

ნიმუშის №	ნიმუშის ვიზუალური აღწერა	მეტალების შემცველობა, მგ/კგ									
		Cu	Zn	Cd	Pb	Fe	Mn	Co	Ni	Li	Sr
1.	მუქი ყავისფერი, მკვრივი, კომპოვანი, საშუალოდ კარბონატული ნიადაგი.	32,0	82,1	5,52	1,08	160,0	20,0	11,00	12,45	3,0	150,0
2.	მუქი ყავისფერი, ძლიერ კარბონატული ნიადაგი.	5,0	12,8	0,86	0,17	16,0	6,0	1,72	1,95	2,0	60,0
3.	რუხი ფერის, მკვრივი სტრუქტურის, ძლიერ კარბონატული ნიადაგი.	5,0	12,8	0,86	0,17	32,0	3,0	1,72	1,95	კვალი	კვალი
4.	ღია ყავისფერი, მკვრივი, ძლიერ კარბონატული თიხნარი ნიადაგი.	4,0	10,3	0,69	0,13	40,0	12,0	1,37	1,56	2,0	კვალი
5.	მუქი ნაცრისფერი, კომპოვანი, მკვრივი სტრუქტურის, ძლიერ კარბონატული ნიადაგი.	20,0	51,3	3,45	0,67	16,0	27,0	6,87	7,78	4,0	60,0
6.	ღია ნაცრისფერი, მკვრივი, კომპოვანი, ძლიერ კარბონატული ნიადაგი, კენჭების ჩანარებით.	10,0	25,6	1,72	0,34	16,0	8,0	3,44	3,89	2,0	კვალი
7.	ღია ნაცრისფერი, მაკროფორული, კომპოვანი სტრუქტურის, ძლიერ კარბონატული ნიადაგი.	3,0	7,7	0,52	0,10	16,0	6,0	1,03	1,17	2,0	კვალი
8.	ღია ნაცრისფერი, მაკროფორული, კომპოვანი სტრუქტურის, მცირედ კარბონატული ნიადაგი.	8,0	20,5	1,38	0,27	16,0	12,0	2,75	3,11	5,0	160,0
9.	ღია ყავისფერი, კომპოვანი სტრუქტურის ნიადაგი, მცირედ კარბონატული	5,0	12,8	0,86	0,17	16,0	28,0	1,72	1,95	7,0	200,0
10.	ღია ნაცრისფერი, მკვრივი, კომპოვანი, ძლიერ კარბონატული ნიადაგი	3,0	7,7	0,52	0,10	16,0	20,0	1,03	1,17	3,0	120,0
მინიმალური შემცველობა		3,0	7,7	0,52	0,10	16,0	3,0	1,03	1,17	2,0	60,0
მაქსიმალური შემცველობა		32,0	82,1	5,52	1,08	160,0	28,0	11,00	12,45	7,0	200,0
საშუალო შემცველობა (C ₁), მგ/კგ		9,5	24,4	1,60	0,30	34,4	14,2	3,30	3,70	3,00	75,0
ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (C ₀), მგ/კგ		3,0	23,0	1,5	11,0	150,0	50,0	4,0	2,0	3,0	150,0
შეზღვევა (C ₁ /C ₀), მგ/კგ		3,2	1,1	1,1	0,03	0,23	0,3	0,8	1,9	1,0	0,5

ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, რომ აქ მდგომარეობა შედარებით სტაბილურია, რაც ფაქტობრივი შემცველობების ზღვ-ზე აღმატების უფრო დაბალი რიგის მაჩვენებლებში და ეს აღმატება მხოლოდ ოთხი ელემენტის შემთხვევაში აღინიშნება. აღმატების მაქსიმუმი აქაც სპილენძისთვის არის დამახასიათებელი, რომლის ფაქტობრივი შემცველობა ზღვ-ს 3.2-ჯერ აღემატება.

შესასწავლ ობიექტებზე ჩასატარებელი კვლევების შესაბამისად, ანალოგიური სამუშაო შესრულდა შიდა ქართლის ნიადაგებთან მიმართებაშიც.

თბილისი-ხაშურის ავტომაგისტრალის ზოლში ნიადაგები 24 წერტილში არის დასინჯული.

ნიმუშების მიკროკომპონენტური ანალიზის შედეგები შემაჯამებელ ცხრილში (ცხრ.4) არის თავმოყრილი.

მეტალების შემცველობა დასინჯულ ნიადაგებში (თბილისი-ხაშური)

№	ნიმუშის საეფლე №	მეტალების შემცველობა, მგ/კგ									
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Cu	Zn	Cd	Pb	Fe	Mn	Co	Ni	Li	Sr
1	1	4,0	22,80	1,60	10,00	8,0	5,0	1,38	1,57	კვალი	კვალი
2	2	6,0	34,20	2,40	15,00	16,0	9,0	2,07	2,35	9,0	2,8
3	3	5,0	28,50	2,00	12,50	16,0	6,0	1,73	1,96	კვალი	0,2
4	4	8,0	45,60	3,20	20,00	8,0	10,0	2,76	3,14	კვალი	კვალი
5	5	5,0	28,50	2,00	12,50	24,0	8,0	1,73	1,96	კვალი	კვალი
6	6	3,0	17,10	1,20	7,50	12,0	12,0	1,04	1,18	არა	0,4
7	7	5,0	28,50	2,00	12,50	12,0	12,0	1,73	1,96	არა	კვალი
8	8	3,0	17,10	1,20	7,50	8,0	8,0	1,04	1,18	კვალი	კვალი
9	9	5,0	28,50	2,00	12,50	8,0	12,0	1,73	1,96	კვალი	კვალი
10	10	5,0	28,50	2,00	12,50	80,0	18,0	1,73	1,96	2,0	0,4
11	11	3,0	17,10	1,20	7,50	16,0	5,0	1,04	1,18	2,0	0,2
12	12	5,0	28,50	2,00	12,50	16,0	6,0	1,73	1,96	კვალი	კვალი
13	13	3,0	17,10	1,20	7,50	20,0	6,0	1,04	1,18	კვალი	კვალი
14	14	3,0	17,10	1,20	7,50	16,0	4,0	1,04	1,18	არა	კვალი
15	15	3,0	17,10	1,20	7,50	16,0	8,0	1,04	1,18	არა	კვალი
16	1-1	10,0	57,00	4,00	25,00	16,0	38,0	3,45	3,92	არა	კვალი
17	1-2	7,0	39,90	2,80	17,50	16,0	6,0	2,42	2,75	არა	კვალი
18	1-3	11,0	62,70	4,40	27,50	24,0	42,0	3,80	4,31	3,0	კვალი
19	1-4	4,0	22,80	1,60	10,00	88,0	7,0	1,38	1,57	არა	კვალი
20	1-5	4,0	22,80	1,60	10,00	24,0	8,0	1,38	1,57	2,0	კვალი
21	1-6	3,0	17,10	1,20	7,50	32,0	5,0	1,04	1,18	3,0	2,6
22	1-7	6,0	34,20	2,40	15,00	12,0	5,0	2,07	2,35	3,0	0,5
23	1-8	5,0	28,50	2,00	12,50	16,0	11,0	1,73	1,96	4,0	1,0
24	1-9	9,0	51,30	3,60	22,50	12,0	30,0	3,11	3,53	2,0	კვალი
მინიმალური შემცველობა		3,0	17,1	1,2	7,50	8,0	5,0	1,04	1,18	2,0	0,2
მაქსიმალური შემცველობა		11,0	62,7	4,4	27,50	88,0	42,0	3,8	4,31	9,0	2,8
საშუალო შემცველობა(C ₁), მგ/კგ		5,2	29,7	2,1	13,00	21,5	11,71	1,8	2,04	3,3	0,34
ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია(C ₀), მგ/კგ		3,0	23,0	1,5	11,0	150,0	50,0	4,0	2,0	3,0	150,0
შეფარდება(C ₁ /C ₀), მგ/კგ		1,74	1,3	1,4	1,2	0,14	0,23	0,45	1,02	1,1	0,002

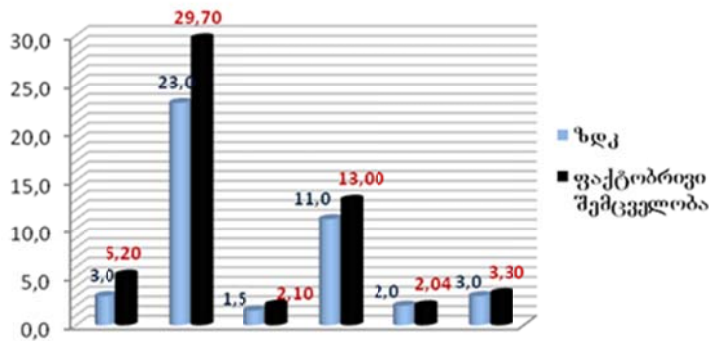
ნიადაგში მიკროკომპონენტების (განსახილველ შემთხვევაში მეტალების) კონცენტრირებას ნიადაგწარმოქმნელი დედა-ქანის მინერალური შედგენილობა განსაზღვრავს. საკვლევი ტერიტორია გეოლოგიურად ქანების ტერიგენული (მოლასური) ფაციესით არის აგებული. ამასთან დაკავშირებით, საინტერესო სურათს იძლევა შედარებითი ცხრილი (ცხრ. 5), რომელშიც მოცემულია შესწავლილი ელემენტების საშუალო შემცველობები, ერთი მხრივ, დასინჯულ ნიადაგებში და, მეორე მხრივ, ზოგადად მიწის ქერქში (კლარკი) და მოლასური ფაციესის დანალექ ქანებში.

ცხრილი 5

მეტალების საშუალო შემცველობები ნიადაგებში, დანალექ ქანებში, მიწის ქერქში (კლარკი)

№№	ელემენტის დასახელება	საშუალო შემცველობა, მგ/კგ			ზღვრულა და დასაშვები კონცენტრაცია (ზდკ), (C ₂)	შეფარდება C ₁ /C ₂
		დასინჯულ ნიადაგებში (შიდა ქართლი), (C ₁)	დანალექ ქანებში (მოლასა)	მიწის ქერქში (კლარკი)		
1	2	3	4	5	6	7
1	სპილენძი	5,20	57,00	55,00	3,00	1,70
2	თუთია	29,70	80,00	70,00	23,00	1,30
3	კადმიუმი	2,10	0,30	0,20	1,50	1,40
4	ტყვია	13,00	20,00	13,50	11,00	1,20
5	რკინა	21,50	33300,00	56300,00	150,00	0,14
6	მანგანუმი	11,70	67,00	950,00	50,00	0,23
7	კობალტი	1,80	23,00	25,00	4,00	0,45
8	ნიკელი	2,04	95,00	75,00	2,00	1,02
9	ლითიუმი	3,30	20,00	20,00	3,00	1,10
10	სტრონციუმი	1,01	375,00	375,00	150,00	0,01

ელემენტთა კლარკების და დანალექ ქანებში მათი შემცველობის მნიშვნელოვანი აღმატება ნიადაგში კონცენტრირების ხარისხთან შედარებით ზოგადად ადვილად აიხსნება, თუ გავითვალისწინებთ იმ გარემოებას, რომ ნიადაგში გადასული ამა თუ იმ ელემენტის დიდი ნაწილი მცენარეული საფარის და ორგანიზმების მიერ შთაინთქმება, რაც, საბოლოო ანგარიშში, სასოფლო-სამეურნეო კვების პროდუქტებში მათი დაგროვების წყაროა. ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციაზე ფაქტობრივი შემცველობის აღმატებას ექვსი ელემენტის შემთხვევაში (Cu, Zn, Cd, Pb, Ni, Li) აქვს ადგილი, რაც ნათლად არის ასახული დიაგრამაზე (ნახ.3).



ნახ.3 ზღკ და ფაქტობრივი შემცველობა

თუ შევადარებთ ერთმანეთს ქვემო და შიდა ქართლის ნიადაგებში ჩვენს მიერ შესწავლილი, დიაგრამაზე ასახული ექვსი ელემენტის განაწილებას, შემდეგი სურათი გამოიკვეთება (ცხრ. 6)

ცხრილი 6

ქვემო და შიდა ქართლის ნიადაგებში მიკროელემენტების საშუალო შემცველობები

№№	მიკროელემენტების დასახელება	საშუალო შემცველობა, მგ/კგ	
		ქვემო ქართლის ნიადაგებში	შიდა ქართლის ნიადაგებში
1	Cu	16,8	5,2
2	Zn	43,1	29,7
3	Cd	2,9	2,1
4	Pb	0,6	13,0
5	Ni	6,6	2,0
6	Li	2,3	3,3

როგორც ცხრილიდან ჩანს, ტყეის (ნაწილობრივ ლითიუმის) გამოკლებით, ყველა ელემენტის საშუალო კონცენტრაცია თბილისი-ბოლნისის საავტომობილო გზის ზოლის ნიადაგებში მნიშვნელოვნად აღემატება იდენტურ მაჩვენებლებს თბილისი-ხაშურის ავტობანთან მიმართებაში. ცხადია, ამის მიზეზი ბოლნისის მადნიანი კვანძის არსებობაა, რომლისთვისაც დამახასიათებელია ძირითად ქანებში მეტალების აწეული ფონი და, შესაბამისად, იგივე სურათი მეორდება ამ ქანებზე განვითარებულ ნიადაგურ საფარში.

დაბოლოს იმის შესახებ, თუ რა მდგომარეობაა ნიადაგების გაჭუჭყიანების ხარისხის მხრივ თბილისი-ხაშურის ავტოტრასის მიმდებარე ზოლში. ამა თუ იმ ეკოსისტემის მეტალებით გაჭუჭყიანების ჯამური მაჩვენებელი გამოითვლება ფორმულით:

$$Z = \sum K - n \quad (1)$$

(1) ფორმულაში რიცხვითი სიდიდეების შეტანით მივიღებთ, რომ გაჭუჭყიანების მაჩვენებელი $Z = 8.55 - 6 = 2.55$. ნიადაგის გაჭუჭყიანების შესაფასებლად მიღებულია შემდეგი გრადაცია:

$Z < 2$ - ფონი; $Z = 2 \div 16$ - სუსტი გაჭუჭყიანება; $Z = 16 \div 64$ - საშუალო გაჭუჭყიანება; $Z > 64$ - ძლიერი გაჭუჭყიანება.

შესწავლილი ნიადაგების გაჭუჭყიანების ხარისხი უმნიშვნელოდ აღემატება ფონურ მაჩვენებელს და “სუსტი გაჭუჭყიანების” კატეგორიაში თავსდება. ეს გარემოება დამწვიდების საფუძველს არ იძლევა, საავტომობილო ტრაფიკის განუხრელი ზრდის ტენდენციას ნიადაგების უფრო მაღალი ხარისხით გაჭუჭყიანებისკენ მიყვავართ.

ეკოსისტემებში არსებული ტოქსიკანტების ადამიანის ორგანიზმში მოხვედრის სხვადასხვა შესაძლებლობებს შორის ერთ-ერთი უმთავრესი კვების პროდუქტებია და, მათ შორის, სასოფლო-სამეურნეო წარმოების პროდუქცია, კერძოდ, ბოსტნეული, რომელსაც მოსახლეობა სისტემატურად მოიხმარს. ჩვენს მიერ გაანალიზებულია მარნეულის და ბოლნისის მუნიციპალიტეტების ტერიტორიაზე საავტომობილო ტრასასთან მიმდებარე სავარგულებზე მოწეული ბოსტნეულის ეკოქიმიური მდგომარეობა მათში მძიმე ტოქსიკური მეტალების შემცველობის მხრივ.

გამონაწურებში განსაზღვრას დაექვემდებარა 8 მძიმე მეტალი: *Cu, Zn, Cd, Pb, Fe, Mn, Co, Ni*. ამ ელემენტებს შორის ტოქსიკურობის განსაკუთრებით მაღალი ხარისხით კადმიუმი და ტყვია გამოირჩევა, ნაწილობრივ თუთია, რომლებიც საფრთხიანობის I კლასში ერთიანდება.

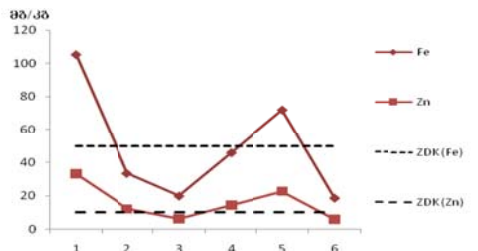
შესწავლილ ბოსტნეულში მეტალების შემცველობის გამოთვლილი რაოდენობრივი მაჩვენებლები ასახულია ქვემოთ შემაჯამებელი ცხრილის სახით.

ის უჯრები რომლებშიც ფაქტობრივი შემცველობა ზღვ-ს აღემატება გამუქებულია.

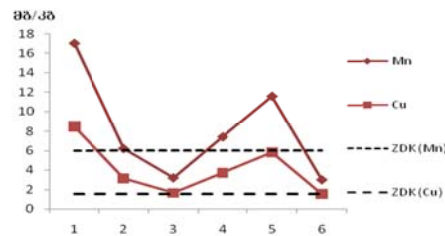
მიმე ტოქსიკური მეტალების შემცველობა ბოსტნეულის სხვადასხვა სახეობაში

№№	პროდუქტის დასახელება	მეტალების შემცველობა, მგ/კგ							
		Cu	Zn	Cd	Pb	Fe	Mn	Co	Ni
1	კარტოფილი	8,50	33,15	0,30	0,60	105,40	17,00	1,27	1,19
2	პომიდორი	3,10	12,10	0,15	0,22	38,44	6,20	0,46	0,43
3	კიტრი	1,60	6,24	0,10	0,11	19,84	3,20	0,24	0,22
4	ხახვი	3,70	14,43	0,05	0,26	45,88	7,40	0,55	0,52
5	ბულგარული წიწაკა	5,80	22,62	0,10	0,41	71,92	11,60	0,87	0,81
6	ტყემალი	1,50	5,85	0,15	0,11	18,60	3,00	0,22	0,21
ზღვ		5,0	10,0	0,03	0,40	50,0	6,00	0,50	0,50

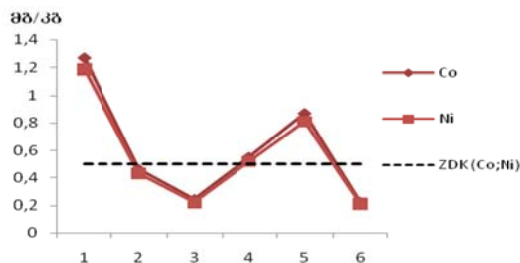
ცხრილის მონაცემების გრაფიკული ასახვა მოცემულია ქვემოთ დიაგრამების ფორმით. ელემენტები დაჯგუფებულია შემცველობის ერთნაირი რიგის მაჩვენებლების მიხედვით.



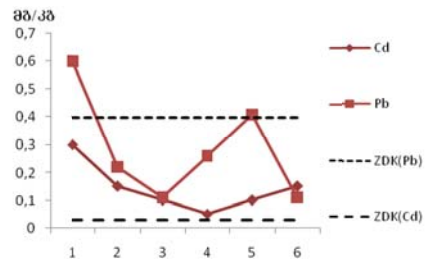
ნახ. 1. ბოსტნეულში Fe და Zn შემცველობების განაწილება (1-კარტოფილი; 2-პომიდორი; 3-კიტრი; 4-ხახვი; 5-ბულგარული წიწაკა; 6-ტყემალი).



ნახ. 2. ბოსტნეულში Mn და Cu შემცველობების განაწილება (1-კარტოფილი; 2-პომიდორი; 3-კიტრი; 4-ხახვი; 5-ბულგარული წიწაკა; 6-ტყემალი).



ნახ. 3. ბოსტნეულში Co და Ni შემცველობების განაწილება (1-კარტოფილი; 2-პომიდორი; 3-კიტრი; 4-ხახვი; 5-ბულგარული წიწაკა; 6-ტყემალი).



ნახ. 4. ბოსტნეულში Cd და Pb შემცველობების განაწილება (1-კარტოფილი; 2-პომიდორი; 3-კიტრი; 4-ხახვი; 5-ბულგარული წიწაკა; 6-ტყემალი).

აღსანიშნავია ის არახელსაყრელი ფაქტი, რომ კარტოფილში, რომელიც წელიწადის ყველა დროს ბოსტნეულის მოხმარების ძირითად

სახეობას წარმოადგენს, რვავე შესწავლილი ელემენტის ფაქტობრივი შემცველობა საგრძნობლად აღემატება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებს.

შესრულებული ექსპერიმენტული კვლევების მონაცემებში განსაკუთრებით საყურადღებოა ის გარემოება, რომ ძალზე მაღალი ტოქსიკური მეტალის კადმიუმის ფაქტობრივი შემცველობა ყველა შესწავლილ პროდუქტში ზღვ-ს აღემატება. სავარაუდოა, რომ ჩვენს კონკრეტულ შემთხვევაში ეკოსისტემების კადმიუმით გაჭუჭყიანების ძირითად წყაროს მაზუთის და დიზელის წვა უნდა წარმოადგენდეს.

თბილისი-ბოლნისის საავტომობილო მაგისტრალის ზოლთან მიმდებარე სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებზე მოწეულ ბოსტნეულში მძიმე ტოქსიკური მეტალების შემცველობის ექსპერიმენტული კვლევის მონაცემებიდან ირკვევა, რომ ეკოლოგიური მდგომარეობა ძალზე არასახარბიელოა, უფრო მეტიც, საგანგაშოა. ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებზე ტოქსიკანტების ფაქტობრივი შემცველობების მნიშვნელოვნად აღემატება შესწავლილ ობიექტს ეკოლოგიურად საფრთხის შემცველ ობიექტების კატეგორიაში აყენებს.

ანალოგიური კვლევები წინა წლებში ჩვენს მიერ ჩატარებულია სხვა ობიექტებთან, კერძოდ, სამთო-მომპოვებელი საწარმოების ზეგავლენის ქვეშ მოქცეულ არეალში მძიმე მეტალების განაწილებასთან მიმართებაშიც. კაზრეთის რეგიონი შემთხვევით არ იქნა შერჩეული, რადგანაც საქართველოს სამთამადნო მრეწველობის ეს ფლაგმანი გამორჩეულია უმძიმესი ეკოგეოქიმიური მდგომარეობით. ცხრილში ასახულია ბოსტნეულში მძიმე მეტალების განაწილება კაზრეთისა და ტაშისკრის სარწყავ ფართობებზე. მიღებული მონაცემები ასახულია კრებსით ცხრილში (8).

როგორც მოსალოდნელი იყო, კაზრეთის ზონაში მდგომარეობა გაცილებით უფრო დამძიმებულია, რადგანაც აქ სავარგულები მძიმე მეტალებით ინტენსიურად გაჭუჭყიანებული მდ. მაშავერას და მისი შენაკადების წყლებით ირწყვება. კაზრეთის ბოსტნეულში მძიმე მეტალების კონცენტრაცია, როგორც წესი, რამდენჯერმე აღემატება ტაშისკრის ანალოგიურ მაჩვენებლებს.

**კაზრეთისა და ტაშისკარის კვების პროდუქტებში მეტალების
შემცველობის შედარება**

№	ლემენტის დასახელება	კაზრეთი		ტაშისკარი		კონცენტრაციების შეფარდება	
		ლითონების შემცველობა, მგ/კგ				$a_1 : a_2$	$b_1 : b_2$
		ჭარხალში (a_1)	ხახვში (b_1)	ჭარხალში (a_2)	ხახვში (b_2)		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	სპილენძი	5.2	0.8	0.9	0.4	5.8	2.0
2	რკინა	100.0	18.8	18.9	13.1	5.3	1.4
3	მანგანუმი	13.2	7.6	6.7	2.9	2.0	2.6
4	ტყვია	0.4	0.44	0.07	0.23	5.7	1.9
5	კობალტი	0.8	0.01	0.4	კვალი	2.0	–
6	კადმიუმი	1.2	0.09	0.033	0.018	36.4	5.0
7	ნიკელი	0.39	0.01	0.13	კვალი	3.0	–
8	თუთია	29.2	18.4	26.7	16.0	1.1	1.2

ზოგადად შეიძლება ვიმსჯელოთ გაჭუჭყიანების შესაძლო მიზეზებზე, ისეთებზე როგორცაა: ისტორიულად ჩამოყალიბებული მდგომარეობა, ჩამდინარე გაუწმენდავი წყლების ჩაშვება, ატმოსფეროს და ჰიდროგრაფიული ქსელის გაჭუჭყიანება და ა.შ. არსებული მდგომარეობა კარგად ორგანიზებული მონიტორინგის შექმნის აუცილებლობას გვკარნახობს.

**თავი V. მეტალების ტრანსფორმაცია ნიადაგიდან მცენარეში
სპილენძის მაგალითზე (ექსპერიმენტული კვლევა)**

ნიადაგიდან მცენარეში და შესაბამისად, ნაყოფში მძიმე მეტალების ტრანსფორმაციის შესწავლის მიზნით, კონკრეტულად სპილენძის, როგორც ერთ-ერთი ტოქსიკური მეტალის მაგალითზე შესრულდა ექსპერიმენტი, რომლის აღწერილობა ქვემოთ არის მოცემული.

ნიადაგის საანალიზო ნიმუშები აღებულია ინტენსიური საავტომობილო ტრაფიკის ზოლთან მიმდებარე სახნავი ფართობიდან, კერძოდ, მცხეთის რაიონის სოფ. ნატახტრის მიდამოებში.

სამუშაოს საწყის ეტაპზე საჭირო იყო დაგვედგინა სპილენძის საშუალო შემცველობა (ფონი) შესწავლილ ნიადაგებში.

ნიადაგის ნიმუშებიდან (4 ნიმუში) გამონაწურებში ტოქსიკური მეტალების ანალიზით განსაზღვრული გასაშუალებული შემცველობები (C_1) მოცემულია ქვემოთ ცხრილის ფორმით.

იმავე ცხრილში მითითებულია განსახილველი მეტალების ნიადაგში ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციების (ზღპ) სიდიდეები (C_0). ცალკე სტრიქონი აქვს დათმობილი შეფარდებას ($C_1 : C_0$), რათა ასახულ იქნას ელემენტთა გარკვეული ჯგუფის საშუალო შემცველობების ზღპ-ზე აღმატების ხარისხი.

ცხრილი 9

მეტალების შემცველობა დასინჯულ ნიადაგებში

ნიმუშის №	ნიმუშის აღების ადგილი	მეტალების შემცველობა, მგ/კგ									
		Cu	Zn	Cd	Pb	Fe	Mn	Co	Ni	Li	Sr
1	მცხეთის რაიონი სოფ. ნატახტარი	7.0	19.0	1.0	16.0	64.0	270.0	არა	არა	3.0	20.0
2	მცხეთის რაიონი სოფ. ნატახტარი	8.5	22.0	1.5	18.4	65.0	282.0	1.2	0.8	3.6	25.0
3	მცხეთის რაიონი სოფ. ნატახტარი	6.8	21.0	1.6	15.8	62.5	250.0	0.8	არა	3.2	22.0
4	მცხეთის რაიონი სოფ. ნატახტარი	7.2	23.0	0.8	14.8	68.4	248.0	არა	არა	3.6	22.0
საშუალო შემცველობა (C_1), მგ/კგ		7.4	21.3	1.2	16.3	65.0	262.5	0.5	0.2	3.6	22.9
ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (C_0), მგ/კგ		3.0	23.0	1.5	11.0	150.0	50.0	4.0	2.0	3.0	150.0
შეფარდება (C_1/C_0), მგ/კგ		2.5	0.9	0.8	1.5	0.4	5.3	0.1	0.1	1.2	0.2

ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციების სიდიდებთან ახლოს არის თუთიის ($C_1:C_0=0.9$) და კადმიუმის ($C_1:C_0=0.8$) სიდიდეები, რაც სპილენძთან და ტყვიასთან ერთად, დამახასიათებლად უნდა ჩაითვალოს ინტენსიური საავტომობილო მოძრაობის ტრასის მიმდებარე ზოლში განვითარებული ნიადაგებისთვის.

ექსპერიმენტისთვის შევარჩიეთ მწვანის ორი სახეობა – კამა და ოხრახუში. სოფ. ნატახტრის ტერიტორიაზე, საავტომობილო ტრასის მიმდებარე ზოლში აღებული ნიადაგების ნიმუშებიდან მომზადდა ორ-ორი პარალელური, შეწონილი სინჯი, თითოეული წონით 2კგ.

თავდაპირველად ორ ქოთანში ჩაითესა კამა. პირველ ქოთნის ნიადაგში სპილენძის შემცველობა ბუნებრივი ფონის ტოლია და უდრის 7.4 მგ/კგ. მეორე ქოთანში ნიადაგს დაემატა შაბიამნის ხსნარი იმ ანგარიშით, რომ სპილენძის შემცველობამ ნიადაგში 30 მგ/კგ შეადგინა, ანუ ზღვ-ზე 10-ჯერ მეტი. ანალოგიურ პირობებში ჩატარდა ცდა ოხრახუშზე. მწვანეხეხის აღმოცენების შემდეგ (დაახლოებით 8 დღეში) გამონაწურის მოსამზადებლად აღებულ იქნა ოც-ოცი გრამი კამა და ოხრახუში. გამონაწურის მოცულობამ 10 მლ შეადგინა, რაც სავსებით საკმარისია ერთი ელემენტის (ამ შემთხვევაში სპილენძის) შემცველობაზე სპექტრული ანალიზის ჩასატარებლად.

გამონაწურში ელემენტის აბსოლუტური შემცველობის (მგ/ლ) პროდუქტის 1კგ მასაზე (მგ/კგ-ში) გადასაანგარიშებლად ვიყენებთ ფორმულას:

$$X = \frac{CV}{g} \quad (2)$$

სადაც X პროდუქტში სპილენძის შემცველობის აბსოლუტური მნიშვნელობაა, მგ/კგ; c – გამონაწურში სპილენძის ანალიზით დადგენილი აბსოლუტური შემცველობა, მგ/ლ; V - საანალიზო ხსნარის მოცულობა, V=10 მლ; g – გამონაწურის დასამზადებლად აღებული პროდუქტის წონა, g=20გ.

(2) ფორმულაში რიცხვითი სიდიდეების შეტანით მიღებული მონაცემები მოცემულია ცხრილის ფორმით (ცხრ).

ცხრილი 10

სპილენძის შემცველობა სხვადასხვა ნიადაგზე აღმოცენებულ მწვანეხეხში

სპილენძის შემცველობა (მგ) მწვანეხეხის 1 კგ მასაზე გადაანგარიშებით			
კ ა მ ა		ო ხ რ ა ხ უ შ ი	
ბუნებრივი ფონის ნიადაგი (I)	გაჭუჭყიანებული ნიადაგი (II)	ბუნებრივი ფონის ნიადაგი (I)	გაჭუჭყიანებული ნიადაგი (II)
0.75	1.25	2.6	5

მასალის ანალიზით ირკვევა, რომ კამასთან შედარებით ოხრახუშს ნიადაგიდან მეტადის შეთვისების დაახლოებით 2-ჯერ მეტი უნარი

აქვს. რა თქმა უნდა, ეს გარემოება მხოლოდ სპილენძზე ვრცელდება და სხვა ელემენტების შემთხვევაში, სავარაუდოდ, სურათი განსხვავებული იქნება. პირველი მიახლოების დონეზე კი, შეიძლება ითქვას, რომ მიღებული შედეგი ერთგვარი სელექციის საშუალებას იძლევა, თუ რომელი კულტურების მოყვანას უნდა მიენიჭოს უპირატესობა ინტენსიური საავტომობილო ტრაფიკის მიმდებარე ტერიტორიებზე.

თავი VI. საქართველოს სხვადასხვა კუთხეში მოწეულ ბოსტნეულში მძიმე მეტალების შემცველობის შედარებითი დახასიათება.

შედარების მიზნით, ეკოგეოქიმიური კვლევების დამამთავრებელ ეტაპზე შევისწავლეთ საკითხი იმ ბოსტნეულში მძიმე მეტალების შემცველობისა, რომლებიც მოწეულია სამანქანო ცენტრალური გზებიდან ძლიერ დაშორებულ ფართობებზე და, შესაბამისად, არ არის მოქცეული ამ მძლავრი ანთროპოგენური ფაქტორის ზემოქმედების ქვეშ. შევარჩიეთ ბოსტნეულის ის სახეობები, სახელდობრ, ხახვი და კარტოფილი, რომლებსაც ადამიანები უფრო ხშირად მოიხმარენ ყოველდღიურ საკვებად. პროდუქტი წამოღებულია სოფ. კავთისხევის ნათესებიდან (ხახვი, კარტოფილი), და ლიახვის ხეობის ნათესებიდან (ხახვი). დასახელებული ბოსტნეულის მიკროკომპონენტური ანალიზის შედეგი ასახულია ქვემოთ მოყვანილ ცხრილში (ცხრ 11).

ცხრილი 11

კავთისხევის და ლიახვის ხეობის სავარგულებზე მოწეულ ბოსტნეულში მძიმე მეტალების განაწილება

№	ადგილმდებარეობა და ბოსტნეულის სახეობა	მეტალების შემცველობა, მგ/კგ							
		Cu	Zn	Cd	Pb	Fe	Mn	Co	Ni
1	კავთისხევი, ხახვი	0,96	3,74	0,013	0,07	11,9	1,92	0,14	0,14
2	ლიახვის ხეობა, კარტოფილი	0,33	1,29	0,005	0,023	4,09	0,66	0,05	0,05
3	კავთისხევი, კარტოფილი	0,56	2,18	0,008	0,04	6,94	1,12	0,08	0,08
	ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (ზღპ), მგ/კგ	5,0	10,0	0,03	0,4	50,0	6,0	0,5	0,5

ცხრილში, გარდა მეტალების ფაქტობრივი შემცველობებისა, მითითებულია კვების პროდუქტებში და კერძოდ ბოსტნეულში

თითოეული ქიმიური ელემენტის ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციების (ზდკ) სიდიდეები.

პოზიტიური და საყურადღებო ფაქტია, რომ ბოსტნეულის არც ერთ სახეობაში არც ერთი მეტალის ფაქტობრივი შემცველობა არ აღემატება ზდკ-ს სიდიდეს, არამედ პირიქით, მნიშვნელოვნად ჩამოუვარდება მას.

ქვემოთ მოგვყავს შედარებითი ცხრილი (ცხრილ12), რომელშიც ნახვენებია შესწავლილი ელემენტების ფაქტობრივი შემცველობები, ერთი მხრივ, ქვემო ქართლის (თბილისი-ბოლნისის საავტომობილო ტრასა) სავარგულებზე მოწეულ ბოსტნეულში და, მეორე მხრივ, იმავე სახეობის ბოსტნეულში, რომელიც მოწეულია საავტომობილო მიმოსვლის ზეგავლენის არეალს მიღმა (კავთისხევი, ლიახვის ხეობა).

ცხრილი 12

შედარებითი ცხრილი სხვადასხვა რეგიონში მოწეულ ბოსტნეულში მძიმე მეტალების განაწილების შესახებ

№	მეტალების დასახელება	ქვემო ქართლი		კავთისხევი, ლიახვის ხეობა		აქტობრივი კონცენტრაციების შეფარდება	
		მეტალების შემცველობა, მგ/კგ				$a_1 : a_2$	$b_1 : b_2$
		ხახვი (a_1)	კარტოფილი (b_1)	ხახვი (a_2)	კარტოფილი (b_2)		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	სპილენძი	3.7	8.5	0.65	0.56	5.7	15.2
2	თუთია	14.43	33.15	2.52	2.18	5.7	15.2
3	კადმიუმი	0.05	0.3	0.009	0.008	5.6	37.5
4	ტყვია	0.26	0.6	0.047	0.04	5.5	15.0
5	რკინა	45.88	105.4	7.99	6.94	5.5	15.2
6	მანგანუმი	7.4	17.0	1.29	1.12	5.7	15.2
7	კობალტი	0.55	1.27	0.095	0.08	5.8	15.9
8	ნიკელი	0.52	1.19	0.095	0.08	5.5	14.9

შედარებით ირკვევა, თუ შესწავლილ ობიექტებს შორის რაოდენ დიდია განსხვავება ბოსტნეულში მეტალების კონცენტრაციებში. ცხრილის მე-7 და მე-8 გრაფები ნათლად ასახავს შემცველობებს შორის ჯერობით აღმატებას. დასკვნა მნიშვნელოვანია და კიდევ ერთხელ ცალსახად მიუთითებს, რომ საავტომობილო ტრაფიკთან უშუალოდ მიმდებარე ზოლში მოყვანილ სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტის სისტემატური მოხმარება ადამიანის ჯანმრთელობისთვის უდაოდ სახიფათოა.

დასკვნა

სადისერტაციო ნაშრომში მიღებული შედეგები შემდეგი ძირითადი დასკვნების სახით შეიძლება ჩამოყალიბდეს.

1. შესრულებული სამუშაოს შედეგების ანალიზით ირკვევა, რომ ათი შესწავლილი მეტალიდან ხუთ შემთხვევაში ნიადაგებში აღინიშნება საშუალო შემცველობების მკვეთრი სიჭარბე ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებზე, განსაკუთრებით ისეთ ძლიერ ტოქსიკურ ელემენტთან მიმართებაში, როგორც კადმიუმი. ეს ფაქტი ნიადაგების გაჭუჭყიანების მაღალ ხარისხზე მიუთითებს.

ფაქტობრივი საშუალო შემცველობის ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციასთან შეფარდების (C_i/C_0) ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი (5.6) აღინიშნება სპილენძის შემთხვევაში, ყველაზე დაბალი - (0.03)-ტყვიის შემთხვევაში. ამ ფაქტს ლოგიკური ახსნა აქვს, სახელდობრ ის, რომ ბოლნისის მადნიანი კვანძის ტერიტორიაზე, რომლის ფარგლებშიც მადნეულის სპილენძ-კოლჩედანიანი მსხვილი საბადო მდებარეობს, სპილენძი მეტალებს შორის აშკარა დომინანტია, ხოლო ტყვია თავისი გეოქიმიური ბუნების გამო, უკიდურესად ცუდი ("ზარმაცი") მიგრანტია და გაფანტვის არეალს პრაქტიკულად არ წარმოქმნის.

2. შიდა ქართლის ნიადაგებში ფაქტობრივი შემცველობის აღმატებას ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციაზე ექვსი ელემენტის (Cu, Zn, Cd, Pb, Ni, Li) შემთხვევაში აქვს ადგილი.

3. ერთი მხრივ, თბილისი-ბოლნისის და, მეორე მხრივ, თბილისი-ხაშურის საავტომობილო მაგისტრალების მიმდებარე ნიადაგებში მიკროკომპონენტების კონცენტრაციების შედარებით ირკვევა, რომ ტყვიის (ნაწილობრივ ლითიუმის) გამოკლებით, ყველა ელემენტის საშუალო კონცენტრაცია თბილისი-ბოლნისის საავტომობილო გზის ზოლის ნიადაგებში მნიშვნელოვნად აღემატება იდენტურ მაჩვენებლებს თბილისი-ხაშურის ავტობანთან მიმართებაში.

4. თბილისი-ბოლნისის საავტომობილო მაგისტრალის ზოლთან მიმდებარე სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებზე მოწეულ ბოსტნეულში მძიმე ტოქსიკური მეტალების შემცველობის ექსპერიმენტული კვლევის მონაცემებიდან ირკვევა, რომ ამ კუთხით, ეკოლოგიური მდგომარეობა

ძალზე არასახარბიელოა, უფრო მეტიც, საგანგაშოა. ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებზე ტოქსიკანტების ფაქტობრივი შემცველობების მნიშვნელოვნად აღმატება შესწავლილ ობიექტს ეკოლოგიურად საფრთხის შემცველ ობიექტების კატეგორიაში აყენებს.

განსაკუთრებით საყურადღებოა ის გარემოება, რომ ძალზე მაღალი ტოქსიკური მეტალის – კადმიუმის ფაქტობრივი შემცველობა ყველა შესწავლილ პროდუქტში ზღპ-ს მნიშვნელოვნად აღემატება, განსაკუთრებით კარტოფილში, რომელიც წელიწადის ყველა დროს ბოსტნეულის მოხმარების ძირითად სახეობას წარმოადგენს.

5. კაზრეთის ზონაში კვების პროდუქტებში ტოქსიკური მეტალების შემცველობა ტაშისკარის სარწყავი სისტემის ნიადაგებთან შედარებით ანომალურად მაღალია, რადგანაც კაზრეთში სავარგულები ინტენსიურად გაჭუჭყიანებული მდ. მაშავერას და მისი შენაკადების წყლებით ირწყვება. შედეგად, კაზრეთის ზონის ბოსტნეულში მძიმე მეტალების კონცენტრაცია, როგორც წესი, რამდენჯერმე აღემატება ტაშისკრის ანალოგიურ მაჩვენებლებს.

6. ირკვევა, რომ საავტომობილო ტრაფიკის და მისგან დაშორებულ ობიექტებს შორის დიდია განსხვავება ბოსტნეულში მეტალების კონცენტრაციების მხრივ. კერძოდ, ხახვის შემთხვევაში ეს აღმატება დაახლოებით 5-ჯერ მეტია, ხოლო კარტოფილში – 15-ჯერ მეტი. გამონაკლისია მწვავედ ტოქსიკური კადმიუმი, რომლის კონცენტრაცია ქვემო ქართლის კარტოფილში 37.5-ჯერ აღემატება ანალოგიურ მაჩვენებელს კავთისხევის კარტოფილში, რაც, შეიძლება ითქვას, საგანგაშო ფაქტია.

7. ნიადაგიდან მცენარეში და შესაბამისად, ნაყოფში მძიმე მეტალების ტრანსფორმაციის შესწავლის მიზნით, კონკრეტულად სპილენძის, როგორც ერთ-ერთი ტოქსიკური მეტალის მაგალითზე შესრულდა ექსპერიმენტი. მიღებული შედეგი ერთგვარი სელექციის საშუალებას იძლევა, თუ რომელი კულტურების მოყვანას უნდა მიენიჭოს უპირატესობა ინტენსიური საავტომობილო ტრაფიკის მიმდებარე ტერიტორიებზე (დაწვრილებით ძირითად ტექსტში).

8. შესრულებული კვლევების მონაცემებზე დაყრდნობით, შეიძლება დასაბუთებულად ჩაითვალოს, რომ ნიადაგებში ტოქსიკური მეტალების

შემცველობის რაოდენობრივი მაჩვენებლების განაწილებაში ბუნებრივ გეოლოგიურ სუბსტრატთან შედარებით წამყვანი როლი ანთროპოგენურ ფაქტორებს ეკუთვნის, ხოლო გეოლოგიური სუბსტრატის ზეგავლენა მკაფიოდ ვლინდება მხოლოდ ისეთ ტერიტორიებზე, სადაც გარემოზე ანთროპოგენური დატვირთვა მინიმუმამდე არის დაყვანილი. გამოთქმული მოსაზრების ნათელი ილუსტრაციაა კაზრეთის ზონის და კასპის რაიონის, აგრეთვე ქსნის ხეობის ზემო წელის ნიადაგებში მეტალების კონცენტრაციების შედარება, რაც ნაშრომის შესაბამის პარაგრაფებში გვაქვს განხილული.

აპრობაცია

სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი საკითხები, მოხსენებების სახით გაშუქდა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის დია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციებზე და თემატურ სემინარებსა და კოლოქვიუმებზე.

პუბლიკაციები

1. ზვიადაძე უ., გაჩეჩილაძე ნ. ქართლისა და კახეთის საირიგაციო მასივებზე მოწვეულ ხილსა და ბოსტნეულში მძიმე ტოქსიკური ლითონების შემცველობის ანალიზი. სტუ-ს შრომები №3(457), თბილისი, 2005. გვ. 98-103.
2. ზვიადაძე უ., მარდაშოვა მ., გაჩეჩილაძე ნ. სპილენძის ტარანსფორმაცია ნიადაგიდან მცენარეში (ექსპერიმენტული კვლევა). სტუ-ს შრომები №1(483), თბილისი, 2012. გვ. 45-49.
3. ზვიადაძე უ., გაჩეჩილაძე ნ. თბილისი-ბოლნისის საავტომობილო გზის ზოლში ნიადაგების ეკოგეოქიმიური მდგომარეობის შეფასება. “სამთოჟურნალი”, 1(28), თბილისი, 2012წ. გვ. 8-11.
4. ზვიადაძე უ., გაჩეჩილაძე ნ., შიდა ქართლის საავტომობილო მაგისტრალის ზოლში ნიადაგის მეტალებით გაჭუჭყიანების კვლევა. სტუ-ს შრომები №4(486), თბილისი, 2012. გვ. 16-21.
5. ზვიადაძე უ., გაჩეჩილაძე ნ., ქვემო ქართლის საავტომობილო გზისპირა სავარგულებზე ბოსტნეულის ეკოლოგიური მდგომარეობა. სტუ-ს შრომები №4(486), თბილისი, 2012. გვ. 21-26.
6. გაჩეჩილაძე ნ., ტოქსიკური მეტალები ნატახტრისა და მუხრანის ველის ნიადაგებში. სტუ-ს სტუდენტთა 79-ე დია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია. თბილისი, 2011წ. გვ. 86.

SUMMARY

INVESTIGATION OF REGULARITIES OF TOXIC METALS DISTRIBUTION IN THE SOILS DEVELOPED ON GEOLOGICAL SUBSTRATE OF KVEMO AND SHIDA KARTLI

Theme of dissertation work is – **“Investigation of regularities of toxic metals distribution in the soils developed on geological substrate of Kvemo and Shida Kartli”**.

It may be without overstatement say that investigation of toxicants distribution regularities in environmental ecological systems, namely, in atmosphere, surface and ground waters, soils and in cultural vegetation raised on these soils is one of the most actual, practically acute problems of temporary society. From this point of view Georgia is not an exception, where whole foresee of environment's security tasks and retention of strictly requirements of normative documents, unfortunately, is not occur. For the example it is enough to denote Madneuli copper-pyrite and gold deposits exploited during the 40 years by open quarry method. Another example is Chiatura manganese deposit with longer time of exploitation. This circumstance was the base for selection of dissertation theme which, in our opinion, has certain practical and theoretical significance.

During the development of this theme one of the key questions was systematization, critical analysis and generalization of numerous literature and fund materials, also of data received from Internet. For this purpose in observation part of work the detail report is given about distribution of toxic metals in soil forming rocks of different lithology, about the question of toxicant's transformation in the different types and composition soils, developed on these rocks and which is the main, about distribution of toxic metals in foods, as this factor stipulates degree of negative influence of toxicants on human organism.

In general, it is considered that geological formation – rock determines the type and composition of soil, developed on this rock. For interpretation of this question according to selected objects of investigation, the initial chapters of work are dedicated to characterization of Kvemo and Shida Kartli region's physical - geographical conditions and main soil forming rocks. In these chapters consecutively are considered questions of geological structure (stratigraphy, tectonic), history of geological development, hydro geological conditions and soil cover. This part of work is mainly compiling, partially this question is based on actual materials received in result of the field investigations, carried out by author.

In the third chapter of work there is given description of carried out investigation's method. Namely, in this chapter may be found data about sampling of soils, transportation – conservation of samples, preparing of leaching's and about the method of determination of heavy metals in leaching's prepared on basis of soils and vegetables.

To the study 10 elements were subjected. Among them 4 elements (Copper, Zinc, Cadmium and Lead) are chalcophile, the next 4 elements (Manganese, Iron, Cobalt and Nickel) are siderophile, but Lithium and Strontium belong to lithophile elements class. Determination of absolute concentrations of chemical elements in solution systems was carried out by supersensitive atomic – absorption method.

Selected as investigation's objects Kvemo and Shida Kartli regions are characterized by diverse geological substrate. Accordingly the soils spread in these regions are diverse also. The fourth chapter of the work concerns to the characteristic

of geological substrate developed on this substrate soils and raised agricultural products, from point of view distribution of toxic metals in the above mentioned ecosystems.

The significant part of whole volume of work is dedicated to the experimental investigations. The main idea of this research is that in the soil we artificially adjust some chemical composition enriched by certain toxicant and further the content of given element in green-stuff raised on artificially polluted soil was determined. The purpose of this experiment was to clear how significant is the question of intensive traffic on central auto roads when the case concerns to the toxic metal's distribution in agricultural products (fruits, vegetables, grain crops etc.), raised on arable lands adjoining to auto road. It is noteworthy that high correlative link between the auto traffic and abnormal content of heavy metals in agricultural product should be considered as determined according to our investigation's data.

When the question concerns to inadmissibility of agricultural product's growth on the stripe adjusting to highway, it is clear that this factor needs to be proved by means relatively to such an ecological condition of agricultural product which is raised on the territory situated far from auto roads. For the purpose to investigate this question we studied content of heavy toxic metals at first hand in agricultural products of r. Ksani gorge and second one – in agricultural products raised on Kvemo Kartli arable lands adjoining to auto road. In result of investigation it is clear how much high pollution risk is in auto traffic loading regions relatively to that region where such a loading is minimal. In first case the actual content of toxicants exceeds the Maximum Admissible Concentration (MAC) ten times, seldom even hundred times.

The final part of work in form of brief stating includes the mine regulations, followed from results of carried out by as theoretical and experimental investigation. Namely, in this part there are concentrated that actual data which certain need high attention from applicable organs in order to district or forbidden existence of arable lands in the stripe adjacent to intensive auto traffic roads.