

Doi.org/10.36073/1512-0902-2024-135-69-74

უკ 002.637; 631.4

**ამბროლაურის მუნიციპალიტეტის დარიშხანით დაბინძურებული ნიადაგების აღდგენის
ფიტორემედიაციული მეთოდის მოსამზადებელი სამუშაოები**

ლ.შავლიაშვილი, გ.კუჭავა, ე.მუხლაძე, მ.ტაბატაძე, ნ.ბუაჩიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი,
თბილისი, საქართველო

shavliashviliali09@gmail.com; gakuchava08@gmail.com; ekaterineshubladze7@gmail.com;

Dr.m.Tabatadze@gmail.com; emc.buachidze@yahoo.com

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტის № FR-21-427 ხელშეწყობით

აბსტრაქტი. რაჭა-ლეჩხუმისა და ქვემო სვანეთის რეგიონში, მრავალი წლის მანძილზე მიმდინარეობდა დარიშხანის მადნების მოპოვება, გადამუშავება და დარიშხანშემცველი პრეპარატების წარმოება, რომლებიც ნეგატიურ როლს თამაშობენ გარემოს დაბინძურების პროცესებში და შესაბამისად დიდ რისკ ფაქტორს წარმოადგენენ რეგიონის ეკოსისტემებისა და მოსახლეობის ჯანმრთელობასთან მიმართებაში. განსაკუთრებულ საშიშროებას წარმოადგენს – მიძიე ლითონების შემცველობის მომატება გარემოს ობიექტებში (ბუნებრივი წყლები, ნიადაგები).

ჩატარებული სამუშაოებით გამოვლინდა რეგიონის სხვადასხვა ადგილებში აღებულ ნიადაგის ნიმუშებში დარიშხანის სხვადასხვა კონცენტრაციები, რის საფუძველზეც შეიქმნა დარიშხანით დაბინძურების რუკა GIS სისტემაში. გამოვლინდა დარიშხანით დაბინძურების მოწყვლადი წერტილები. სწორედ ამ მოწყვლადი წერტილების მიხედვით შევარჩიეთ ფიტორემედიაციის ახალი ტექნოლოგიის დანერგვის ადგილები ამბროლაურის მუნიციპალიტეტში კერძოდ, სოფლებში აბარი და ლიხეთის სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები.

საკვანძო სიტყვები: დაბინძურება, დარიშხანი, ნიადაგი, ფიტორემედიაცია, აბარი და ლიხეთი.

შესავალი

გარემოს დაბინძურება უაღრესად აქტუალური, გლობალური და არასასურველი პრობლემაა. მოსახლეობისა და კვების პროდუქტებზე მოთხოვნილების ზრდამ, მსოფლიოს გლობალურმა განვითარებამ, სასარგებლო წიაღისეულის მაქსიმალურმა ათვისებამ და ადამიანის მხრიდან გარემოზე დაუნდობელმა მოპყრობამ წარმოშვა უამრავი ეკოლოგიური პრობლემა მრავალ ქვეყანაში, მათ შორის საქართველოშიც.

ნიადაგი რთული შედგენილობის ჰეტეროგენული სისტემაა და აერთიანებს ნიადაგის მკვრივ, თხევად, აიროვან და ცოცხალ ნაწილაკებს, რომელიც ძალზე მგრძობიარეა ეგზოგენური ნივთიერებების მიმართ. მისი თავისებურებაა აგრეთვე ტექნოგენური ნივთიერებების კონცენტრირება და ფიქსაცია. ზოგ შემთხვევაში ისინი გარემოში ტრანსფორმირდებიან კიდევ უფრო ძლიერ ტოქსინებად. ნორმირებული ნივთიერებების გავლენით იცვლება ნიადაგის ბუნება, მისი ქიმიური და ბიოლოგიური თვისებები, დეგრადირდება მიკროფლორა და ნელდება მცენარის განვითარება. ამრიგად, ნიადაგის დაბინძურებისას რამდენიმე მნიშვნელოვანი კომპონენტი და მრავალსაუკუნოვანი ნიადაგური ბალანსი ირღვევა, რაც მკვეთრად აუარესებს მის ნორმალურ ფუნქციონირებას, და მის აღდგენას საკმაოდ დიდი დრო ესაჭიროება [1,2].

საკვლევი ზონა და მეთოდები

საქართველოში სამთო-მომპოვებელი საწარმოების მიერ დაბინძურების კარგი მაგალითია რაჭა-ლეჩხუმისა და ქვემო სვანეთის რეგიონი, სადაც ათეული წლების მანძილზე მიმდინარეობდა დარიშხანის მადნების მოპოვება, გადამუშავება და დარიშხანშემცველი პრეპარატების წარმოება.

დღეისათვის დარიშხანის წარმოება არ ხდება, მაგრამ პრობლემას წარმოადგენს დარიშხანშემცველი ნარჩენები და ყოფილი ქარხნების მიმდებარე ტერიტორიები, სახნავ-სათესი ნიადაგები. დღემდე სოფლებში ურავი და ცანა სამთოქიმიური ქარხნის ტერიტორიაზე ინახება საბჭოთა პერიოდიდან შემორჩენილი დარიშხანის წარმოების შედეგად დარჩენილი ტოქსიკური ნარჩენების დიდი პარტიები [3], რომელიც არ იყო უსაფრთხოდ განთავსებული და ქმნიდა ეკოლოგიური კატასტროფის მაღალ რისკს [4].

2022-2023 წლებში ამბროლაურის მუნიციპალიტეტში ჩატარდა სავალე სამუშაოები: მოხდა ნიადაგის ნიმუშების აღება 0-5 და 5-20 სმ სიღრმეზე დაბინძურებული წერტილებისათვის [5]. ნიადაგის

ნიმუშების აღება, ეტიკეტირება, შენახვა და ტრანსპორტირება წარმოებდა შესაბამისი საერთაშორისო სტანდარტული ორგანიზაციის (ISO) სტანდარტული მეთოდებით. ლაბორატორიაში ჩატარებული სამუშაოს კვლევა წარმოებდა ISO და US EPA სტანდარტული მეთოდებით. ანალიზები განხორციელდა სამეცნიერო-კვლევით ფორმა „გამას“ საგამოცდო ლაბორატორიაში შემდეგი ტექნიკური და ინსტრუმენტული უზრუნველყოფით:

1. ატომურ-ადსორბციული სპექტრომეტრი;
2. ნიადაგის დამშლელი - Milestone – Start D Microwave system;
3. pH მეტრი - Milwaukee-Mi 150.

შედეგები და ანალიზი

ჩატარებული სამუშაოებით გამოვლინდა რეგიონის სხვადასხვა ადგილებში აღებულ ნიადაგის ნიმუშებში დარიშხანის სხვადასხვა კონცენტრაციები, რის საფუძველზეც შეიქმნა დარიშხანით დაბინძურების რუკა GIS სისტემაში. გამოვლინდა დარიშხანით დაბინძურების მოწყვლადი წერტილები. სწორედ ამ მოწყვლადი წერტილების მიხედვით ავირჩიეთ ფიტორემედიაციის ახალი ტექნოლოგიის დანერგვის ადგილები ამბროლაურის მუნიციპალიტეტში კერძოდ, სოფლებში აბარი და ლიხეთი.

ფიტორემედიაციის ჩატარების ადგილებში მოხდა ნიადაგის დამუშავება: დაბარვა, ორგანული სასუქის შეტანა, დაფარვა, გაფხვიერება და ნიადაგის მომზადება დასათესად. გამოყოფილი იყო 3 მ² ფართობი მცენარეებისათვის. კულტურების დათესვამდე მოხდა ნიადაგის ნიმუშების აღება დარიშხანის განსაზღვრისათვის.

მოხდა ნიადაგის ნიმუშები აღება ფიტორემედიაციამდე (სოფ. აბარი და ლიხეთი) სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებიდან - 0-5, 5-20 სმ სიღრმეზე დარიშხანის განსაზღვრის მიზნით [6].

ასევე მოხდა სოფ. აბარში ნიადაგის ნიმუშების აღება ჭრილიდან 5-10; 10-20; 20-40; 40-60 სმ სიღრმეზე ფიტორემედიაციამდე. დარიშხანის კონცენტრაცია სოფ. აბარის ნიადაგის ჭრილში მერყეობს 27.5-დან 36.0 მგ/კგ-მდე. 0-60 სმ სიღრმეზე დარიშხანის კონცენტრაციის საშუალო მნიშვნელობა შეადგენს - 32.5 მგ/კგ (ცხრ.1). სოფ. აბარში, აღებული იყო კონვერტული წესით ერთი შერეული ნიმუში 0-20 სმ სიღრმეზე, სადაც სოფ.აბარის ნიადაგის შერეულ ნიმუშში დარიშხანის კონცენტრაცია შეადგენს 34.0 მგ/კგ (ცხრ.1, ნახ.1). სოფ. ლიხეთში ნიადაგის ნიმუშების აღება ჭრილიდან მოხდა 0-5; 5-10; 10-20; 20-40 სმ სიღრმეზე. დარიშხანის კონცენტრაცია სოფ. ლიხეთის ნიადაგის ჭრილში მერყეობს 16.0-დან 22.0 მგ/კგ-მდე. 0-40 სმ სიღრმეზე დარიშხანის კონცენტრაციის საშუალო მნიშვნელობა შეადგენს - 19.0 მგ/კგ (ცხრ. 1). ასევე სოფ. ლიხეთში, აღებული იყო კონვერტული წესით ერთი შერეული ნიმუში 0-20 სმ სიღრმეზე, სადაც დარიშხანის საშუალო კონცენტრაცია შეადგენს 26.0 მგ/კგ. ორივე ნიადაგში დარიშხანის შემცველობა 0-10 სმ სიღრმეზე უფრო მაღალია ქვედა ფენებთან შედარებით.

ნიადაგის ჭრილში აღებულ ნიმუშებში განისაზღვრება დარიშხანის მიგრაცია ნიადაგის სიღრმეში და დარიშხანის საშუალო შემცველობა ფიტორემედიაციამდე ე.ი. კულტურების დათესვამდე, ხოლო კონვერტული წესით აღებულ ნიმუშებში, ნიადაგის ზედა 0-20 სმ ფენაში - დარიშხანის საშუალო შემცველობა (ცხრ. 1).

ფიტორემედიაციის ტექნოლოგიის დანერგვისათვის შერჩეული მცენარეების (ჯიჯლაყა, მხესუმშირა, ნაცარქათამა) [7-9] თესლის დამუშავება ლაბორატორიაში მოხდა ბიოაქტივატორ ბიორაგით მათი სტიმულაციისა და მცენარის მწვანე მასის გაზრდის მიზნით, რომლის საავტორო უფლებები ეკუთვნის ქართველ მეცნიერს, პროფ. რამაზ გახოკიძეს [10]. მცენარის მოცულობის გაზრდა ხშირ შემთხვევაში იწვევს ნიადაგიდან დამაბინძურებელი აგენტების დიდი რაოდენობით აკუმულაციას მცენარეულ უჯრედებში, რაც მეტად მნიშვნელოვანია ფიტორემედიაციული ტექნოლოგიებისთვის, როგორც სამეცნიერო და ინოვაციური, ასევე ეკონომიური, ეკოლოგიური და სოციალური თვალსაზრისით.

სათესლე მასალის შესამოწმებლად თესლი ჩავყარეთ სუფრის მარილის 3-5%-იან ხსნარში 5-6 წუთით, დავთესეთ მხოლოდ ხსნარში ჩადირული თესლები, რომელიც უნდა გაირეცხოს და გაშრეს; ამის შემდეგ თესლებს ვათავსებთ "ბიორაგის" ხსნარში, რომელიც განვაზავეთ ეტიკეტზე მითითებული მოცულობის სუფთა წყალში (1 ლიტრ წყალში გავხსენით 20 მლ ბიორაგის ხსნარი), რომელშიც მოვათავსეთ სათესლე თესლი მითითებული დროის განმავლობაში. ბიოენერგოაქტივატორის ხსნარის დამზადება შეიძლება სათესლე მასალის დამუშავებამდე 1-2 დღით ადრე. ხსნარიდან ამოღებულ თესლს რამდენიმე საათის განმავლობაში ვაშრობთ 25-30 °C -ზე და ვთესავთ 3-5 დღის განმავლობაში [10].

მოხდა მცენარეების (ჯიჯლაყა, ნაცარქათამა, მხესუმშირა) დათესვა ფიტორემედიაციის შესწავლის მიზნით. ექსპერიმენტი ჩატარდება სასოფლო-სამეურნეო სავარგულის 2 სხვადასხვა ადგილზე.

აგვისტოსა და ოქტომბრის თვეში სოფ. აბარსა და ლიხეთში მოხდა მცენარეთა აღება ნედლ მდგომარეობაში. მოხდა ფესვებისგან ნიადაგის მოცილება და მათი გარეცხვა. გაზომილი იყო მცენარეები სიგრძეში. განცალკევებული იყო აღებული მცენარეების ფესვები, ღერო, ფოთლები და ყვავილები, რომლებიც მოთავსდა სათანადო პაკეტებში ეტიკეტებით და გადატანილი იყო ლაბორატორიაში გასაშრობად და შემდეგ დასამუშავებლად. მოხდა მათი გამოშრობა - ოთახის ტემპერატურაზე (25 °C-ზე). გამოშრობის შემდეგ მოხდა მცენარეების დამუშავება „Microwave Digestion“ დამშლელის საშუალებით და განისაზღვრა დარიშხანის საერთო ფორმა.

ფიტორემედიაციის ადგილებიდან კვლავ მოხდა ნიადაგის ნიმუშების აღება 0-60 სმ სიღრმეზე სოფ. აბარში და 0-40 სმ სიღრმეზე სოფ. ლიხეთში და განისაზღვრა დარიშხანის საერთო ფორმა. შედეგები წარმოდგენილია ცხრ. 2 -ში და ნახ. 3,4. სოფ. აბარის ნიადაგის 0-60 სმ სიღრმეზე დარიშხანის საშუალო შემცველობა ოქტომბრის თვეში კიდევ უფრო შემცირებულია.

აღნიშნული მონაცემები საჭიროა ფიტორემედიაციის შემდგომი კვლევებისათვის.

დასკვნა

1. ფიტორემედიაციისათვის შევარჩიეთ სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები ამბროლაურის მუნიციპალიტეტში კერძოდ, სოფლებში აბარი და ლიხეთი;
2. ფიტორემედიაციის ჩატარების ადგილებში მოხდა ნიადაგის დამუშავება: დაბარვა, ორგანული სასუქის შეტანა, დაფარვა, გაფხვიერება და ნიადაგის მომზადება დასათესად;
3. ფიტორემედიაციის ტექნოლოგიის დანერგვისათვის შერჩეული მცენარეების (ჯიჯლაყა, მხესუმხირა, ნაცარქათამა) თესლის დამუშავება ლაბორატორიაში მოხდა ბიოაქტივატორ ბიორაგში მათი სტიმულაციისა და მცენარის მწვანე მასის გაზრდის მიზნით;
4. სოფ. აბარში ნიადაგის ნიმუშების აღება ჭრილიდან მოხდა 5-10; 10-20; 20-40; 40-60 სმ სიღრმეზე ფიტორემედიაციამდე. დარიშხანის კონცენტრაცია სოფ. აბარის ნიადაგის ჭრილში მერყეობს 27.5 -დან 36.0 მგ/კგ-მდე. 0-60 სმ სიღრმეზე დარიშხანის კონცენტრაციის საშუალო მნიშვნელობა შეადგენს - 32.5 მგ/კგ.
5. სოფ. ლიხეთში ნიადაგის ნიმუშების აღება ჭრილიდან მოხდა 0-5; 5-10; 10-20; 20-40 სმ სიღრმეზე. დარიშხანის კონცენტრაცია სოფ. ლიხეთის ნიადაგის ჭრილში მერყეობს 16.0-დან 22.0 მგ/კგ-მდე. 0-40 სმ სიღრმეზე დარიშხანის კონცენტრაციის საშუალო მნიშვნელობა შეადგენს - 19.0 მგ/კგ;
6. ორივე ნიადაგში დარიშხანის შემცველობა 0-10 სმ სიღრმეზე უფრო მაღალია ქვედა ფენებთან შედარებით.
7. აგვისტოსა და ოქტომბრის თვეში სოფ. აბარსა და ლიხეთში მოხდა მცენარეთა აღება ნედლ მდგომარეობაში. მოხდა ფესვებისგან ნიადაგის მოცილება და გარეცხვა. გაზომილი იყო მცენარეები სიგრძეში. განცალკევებული იყო აღებული მცენარეების ფესვები, ღერო, ფოთლები და ყვავილები (ან ნაყოფი), რომლებიც მოთავსდა სათანადო პაკეტებში ეტიკეტებით და გადატანილი იყო ლაბორატორიაში გასაშრობად და შემდეგ დასამუშავებლად.
8. აგვისტოს თვეში მოსავლის აღების შემდეგ კვლავ მოხდა ნიადაგის ნიმუშების აღება ნიადაგის ჭრილში 0-60 სმ სიღრმეზე სოფ. აბარში და 0-40 სმ სიღრმეზე სოფ. ლიხეთში, მათში დარიშხანის საერთო ფორმის განსაზღვრის მიზნით. დარიშხანის საშუალო შემცველობა სოფ. აბარში 0-60 სმ-ზე შეადგენს 23,7, ხოლო სოფ. ლიხეთში 0-40 სმ-ზე - 14,7 მგ/კგ.
9. ოქტომბრის თვეში სოფ. აბარის ნიადაგის 0-60 სმ სიღრმეზე დარიშხანის საშუალო შემცველობა კიდევ უფრო შემცირებულია და შეადგენს 22,4 მგ/კგ.

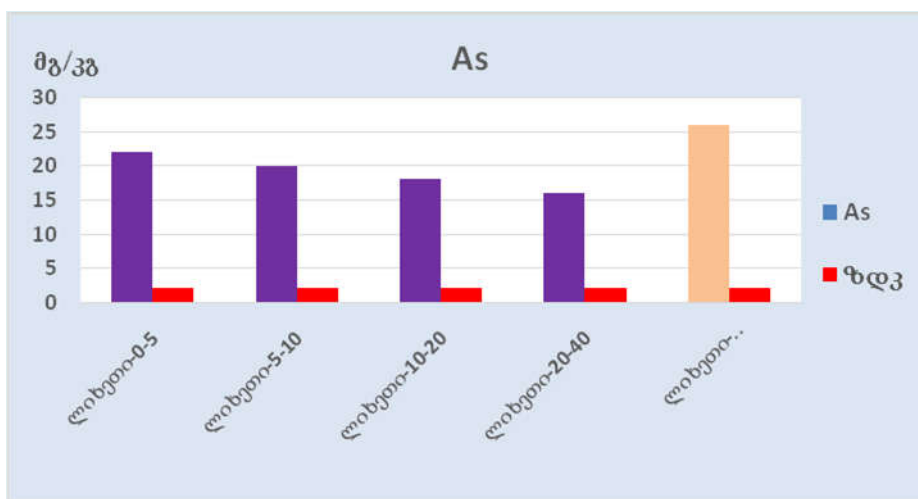
ცხრილი 1. სოფ. აბარისა და სოფ. ლიხეთის ნიადაგების ჭრილში დარიშხანის შემცველობა ფიტორემედიაციამდე, მაისი, 2023

N	სინჯის აღების ადგილი	As, მგ/კგ
1	აბარი-5-10 სმ	36.0
2	აბარი-10-20 სმ	34.0
3	აბარი-20-40 სმ	32.5
4	აბარი-40-60 სმ	27.5
	საშუალო 5-60 სმ	32.5
5	აბარი-კონვერტული (0-20 სმ)	34.0
6	ლიხეთი-0-5 სმ	22.0

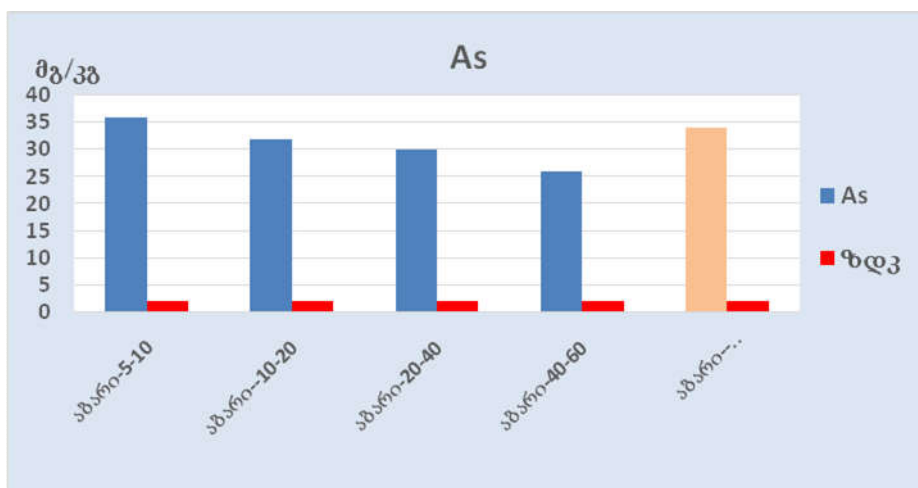
7	ლიხეთი-5-10 სმ	20.0
8	ლიხეთი-10-20 სმ	18.0
9	ლიხეთი-20-40 სმ	16.0
	საშუალო 0-40 სმ	19.0
10	ლიხეთი-კონვერტული (0-20 სმ)	26.0

ცხრილი 2. სოფ. აბარსა და ლიხეთის ნიადაგებში დარიშხანის შემცველობა ფიტორემედიაციის შემდეგ, აგვისტო, 2023

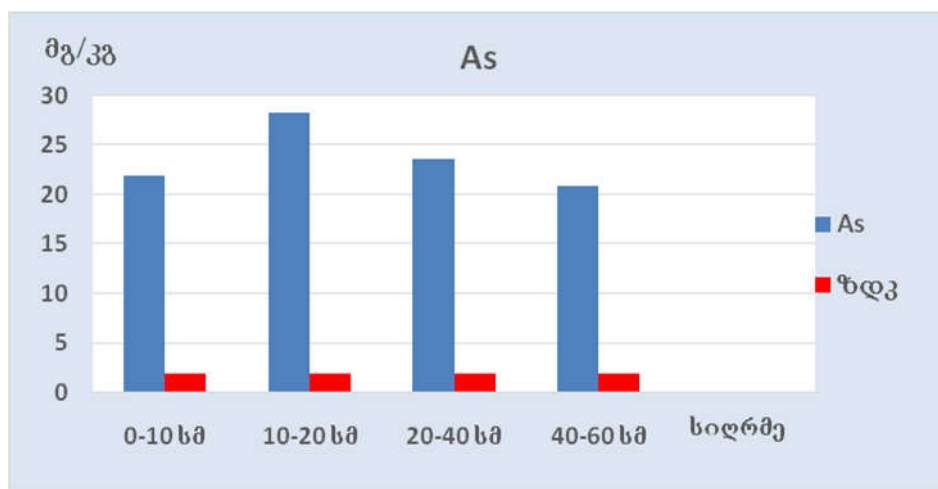
N	სინჯის ადგილის ადგილი	As, მგ/კგ	სინჯის ადგილის ადგილი	As, მგ/კგ
1	აბარი-0-10 სმ	22.0	ლიხეთი-0-10 სმ	18.0
2	აბარი-10-20 სმ	28.3	ლიხეთი-10-20 სმ	14.0
3	აბარი -20-40 სმ	23.6	ლიხეთი-20-40 სმ	12.1
4	აბარი -40-60 სმ	20.9		
5	საშუალო (0-60 სმ)	23.7	საშუალო (0-40 სმ)	14.7



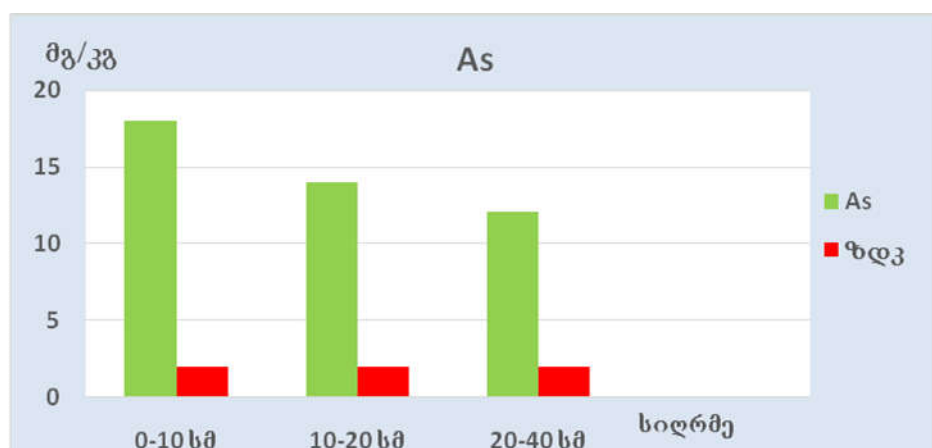
ნახაზი 1. სოფ. ლიხეთის ნიადაგების კრილში დარიშხანის შემცველობა



ნახაზი 2. სოფ. აბარის ნიადაგების კრილში დარიშხანის შემცველობა



ნახაზი 3. სოფ. აზარის ნიადაგის კრილში დარიშხანის შემცველობა აგვისტო, 2023



ნახაზი 4. სოფ. ლიხეთის ნიადაგის კრილში დარიშხანის შემცველობა აგვისტო, 2023

ლიტერატურა - REFERENCES

1. Yu. N. Vodyanitsky - Pollution of Soils with Metals and Metalloids - MSU, Moscow, 2017 (in Russian).
2. Elina Bakradze, Yuri Vodyanitskii, Tengiz Urushadze, Zaur Chankseliani, Marine Arabidze - "About rationing of the heavy metals in soils of Georgia" - Annals of Agrarian Science (2018) 1-6 pg.
3. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S151218871830016>
4. G.Alexidze, R.Lolishvili - Basic Aspects of Georgia's Environmental Pollution - Materials of International Scientific Conference "Modern Technologies of Eco-friendly Products for Sustainable Development of Agriculture", Tbilisi, pp. 33-45, 2016.
5. L.Shavliashvili, M.Arabidze, E.Bakradze, G.Kuchava, G.Kordzakhia - Contamination of soils by arsenic in Ambrolauri municipality and its impact on the health of the population - European Geographical Studies, 7(1): p.48-56. DOI: 10.13187/egs. 2020.
6. Order of the Minister of Labor, Health and Social Affairs of Georgia on the approval of the norms of the quality of the environment N 297 / N, 16 August. Tbilisi, 2001.
7. Фомин Г.С. Фомин А.Г. - Почва, контроль качества и экологические безопасности по международным стандартам. - Москва ВНИИ стандарт, 300 ст, 2001.
8. Fitz, W. J. and W.W. Wenzel. 2002. Arsenic transformation in the soil rhizosphere-plant system, fundamental and potential application of phytoremediation. *Biotechnology*, 99: 259-78.
9. Avkopashvili, G., Gongadze, A., Gakhokidze, R., Avkopashvili - Phytoremediation of Contaminated Soils, Contaminated with Heavy Metals from Gold Mine in Georgia - International Conference "Applied Ecology: Problems, Innovations. Proceedings. Pages-154157. Tbilisi, Georgia. 2015.

10. Effectiveness of *Amaranthus gangeticus* in Arsenic Extraction from Soil F. B. Nasir, S. Islam*, G. M. Munna, S. Ray, R. Awal - JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCH, s. 8 (1), p.71-79, 2016.
11. R.Gakhokidze - Effects of Bioenergoactivators on Productivity of Plants - Chemistry of Advance Compounds and Materials. New York, Nova Science Publ. Inc., pp. 269-275, 2008.

UDC: 002.637; 631.4

Preparatory works of the phytoremediation method for restoration of arsenic-contaminated soils of Ambrolauri Municipality /L. Shavliashvili, G. Kuchava, E. Shubladze, M. Tabatadze, N. Buachidze / Transactions IHM, GTU. - 2024. -vol.135. -pp. . - Georg., Summ. Georg., Eng. For many years, arsenic ore mining, processing and production of arsenic-containing preparations were carried out in Racha-Lechkhumi and Kvemo Svaneti region of Georgia, which play a negative role in the processes of environmental pollution. Accordingly, they represent a big risk factor in relation to the health of the region's population and ecosystems. Increased content of heavy metals in environmental objects (natural waters, soils) are particularly dangerous. The conducted studies revealed different concentrations of arsenic in soil samples taken in different places of the region, on the basis of which a map of arsenic contamination was created in the GIS system. As a result, the vulnerable points of arsenic contamination were identified. According to these vulnerable points, we selected the places for the introduction of the new phytoremediation technology in Ambrolauri municipality, in particular, in the villages of Abari and Likheta agricultural fields.