

ვერცხლისწყლის დაგროვების თავისებურება კოლხეთის ტორფნარში (ისპანი 2)

ნათელა ტეტემაძე¹, იზოლდა მაჭუტაძე², თამარ ტეტემაძე³

¹ზათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ფიტოპათოლოგიისა და
ბიომრავალფეროვნების ინსტიტუტის მეცნიერ თანამშრომელი

tetemadze.natela@bsu.edu.ge; ²ზათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის

ფიტოპათოლოგიისა და ბიომრავალფეროვნების ინსტიტუტის უვადო მეცნიერი;

³ზათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ეკოლოგიის ფაკულტეტის
მაგისტრანტი

აბსტრაქტი

მერკური (Hg) ნივთიერებათა ტოქსიკურობის საშიშროების 1 ხარისხის კლასს მიეკუთვნება და ნიადაგში მისი ზღვ არის 2,1 მგ/კგ. ცნობილია Hg აკუმულირება ხდება ტორფნარში გავრცელებული თეთრი ხავსის მიერ, თუმცა დადგენილია, რომ აკუმულირებული ვერცხლისწყლის 30% უკან გამოტყორცნა ხდება ატმოსფეროში [1,2].

კვლევის მიზანი იყო დაგვედგინა ვერცხლისწყლის აკუმულირების თავისებურება შრეების მიხედვით, გაგვერკვია აჭარბებდა, თუ არა აკუმულირებული ვერცხლისწყლის კონცენტრაცია ზღვრულად დასაშვებს. საკვლევი ტერიტორია იყო აჭარის რეგიონში მდებარე, ქობულეთის მუნიციპალიტეტის დაცული ტერიტორიის, პერკოლაციური ტორფნარი ისპანი 2. სტრატეგრაფიული ჭრილით აღებული ნიმუშები გაანალიზდა ატომურ ადსორბციული სპექტრომეტრის საშუალებით. დადგინდა, რომ მაღალი სიმკვრივის ბუფერული ზონის (I ნიმუში) 0-100 სმ სიღრმის ნიმუშის ანალიზისას გამოიკვეთა Hg ზღვ-ზე მაღალი კონცენტრაცია საშუალოდ 5,59 მგ/კგ. ხოლო, 100-300 სმ სიღრმეზე Hg კონცენტრაცია 0-ის ტოლია ან ზღვ-ზე დაბალია. გუმბათის სტრატეგრაფიული ჭრილის ნიმუშების (II ნიმუში) სიმკვრივე დაბალია, წყლით გაჟღნთილია. Hg კონცენტრაცია 100-200 სმ სიღრმეზე მისი კონცენტრაცია არის 0 ან ზღვ-ზე დაბალი. გუმბათის ჭრილის 0-100 სმ სიღრმეზე Hg საშუალო კონცენტრაციაა 5.88 მგ/კგ, 100-200 სმ სიღრმეზე ზღვ დაბალი ან 0-ის ტოლი, 200-250 სმ სიღრმეზე 4,84 მგ/კგ და მაქსიმუმ კონცენტრაციას აღწევს 250-300 სმ სიღრმეზე - 18,7 მგ/კგ.

საკვანძო სიტყვები: ისპანი 2, ტორფნარი, ვერცხლისწყალი, მეთილმერკური, ფსიქოტოქსიკური.

მიმოხილვა:

დადგენილია, ადამიანის საქმიანობის შედეგად ბიოსფეროში ვერცხლისწყლის 95%, 1510 - 2010 წლებში გამოიფრქვა. ვერცხლისწყლის ემისიების მაქსიმუმი დაფიქსირდა ამერიკასა და ევროპაში 1860 წელს, ინდუსტრიული რევოლუციის კვალდაკვალ, ხოლო 1960 წელს აზიაში. ატმოსფეროში ვერცხლისწყალი გროვდება Hg (0) სახით, რაც ხელსაყრელია დიდ დისტანციაზე გასავრცელებლად.

მერკური (Hg) ნივთიერებათა ტოქსიკურობის საშიშროების 1 ხარისხის კლასს მიეკუთვნება და ნიადაგში მისი ზღვ არის 2,1 მგ/კგ [2]. აღსანიშნავია რომ ვერცხლისწყალის ბიომაგნიფიკაცია კვებით ჯაჭვში მაღალი დონით ხასიათდება [3]. ვერცხლისწყლის აირისებრი ელემენტი (ვაე) ფორმა ატმოსფეროში დომინანტურია. ითვლება რომ ვერცხლისწყლის ოქსიდები და ნაწილაკები აკუმულირდება წყლისა და ხმელეთის ეკოსისტემებში სველი და მშრალი დეპონირებით, სადაც ის გარდაიქმნება ძლიერ ნეიროტოქსიკურ მეთილმერკურად. კვლევებით დადასტურებულია, სფაგნუმში ვერცხლისწყლის 79% მშრალი და 21% სველი დეპონირებით ხდება [4,5,6].

სველი დეპონირება ხდება მსოფლიო ოკეანის მიერ HgBr სახით და მეორე ეტაპია დაჟანგვა HO_2 და NO_2 .

წლიურად ტორფნარში აკუმულირებული Hg-ის 30% ფოტორედუქციით ტორფნარის ზედაპირიდან ბრუნდება ატმოსფეროში, ხოლო მეთილმერკურის აკუმულირება ხდება ტორფნარის ქვედა ფენებში. ტორფში მერკურის აკუმულირებაზე და რედოქს რეაქციებთან დაკავშირებულ პროცესებზე პოტენციური გავლენა აქვს მცენარეულობას, წყლის დონეს, ტორფის სტრუქტურას [7,8,9,10,11,12].

შესწავლის ადგილი: კოლხეთის პერკოლაციური ტორფნარი - ისპანი 2 მდებარეობს აჭარის ავტონომიურ რესპუბლიკაში ბათუმიდან 28 კმ-ის დაშორებით და მიეკუთვნება ქობულეთის დაცულ ტერიტორიებს (41.863352 , 41.784746), კლიმატი - ნოტიო, სუბტროპიკული, წლიური ნალექიანობა 1500-2500 მმ. ის წარმოადგენს ერთ-ერთ რამსარ საიტსა და UNESCO-ს მიერ მინიჭებული აქვს მსოფლიო ბუნებრივი მემკვიდრეობის ძეგლის სტატუსი. ფართობია 770 ჰა. ტორფნარის ედიფიკატორი გვარია *Sphagnum* L., აქ გავრცელებულია სფაგნუმის 9 სახეობა *Sphagnum austinii* Sull. (*Sphagnum imbricatum* ssp. *Austinii*), *Sph. Magellanicum* Brid., *Sph. Palustre* L., *Sph. Papillosum* Lindb., *Sph. Capillifolium* (Ehrh.) Hedw., *Sph. Rubellum* Wilson., *Sph. Cuspidatum* Ehrh.ex Hoffm., *Sph. Fallax* H. Klinggr., *Sph. Denticulatum* Brid. [13].

ტორფნარის დასავლეთით ჩაედინება მდინარე შავი ღელე, რომელსაც უერთდება ტორფნარის აღმოსავლეთით ჩამავალი მდინარე ტოგო. ტორფნარიდან

ჩრ.დასავლეთით შავი ღელე უერთდება მდ. ოჩხამურს, მდ. ოჩხამური უერთდება მდ. ჩოლოქს და ჩაედინება შავ ზღვაში.

საკვლევი მასალა: საკვლევი ტერიტორია ისპანი 2, სტრატეგრაფიული ჭრილის მოსამზადებლად შევარჩიეთ ორი განსხვავებული წერტილი.

I საკვლევი ნიმუში ავიღეთ ტორფნარის ბუფერულ ზონაში (41.864187, 41.790278). ამ ზონაში გარდა სფაგნუმის საფარველისა, დომინირებს მცენარეთა სხვადასხვა სახეობა როგორიცაა მურყანი - *Alnus Barbata*, მაყვლის ბუჩქები - *Rubus fruticosus*, ეკალიჭი - *Smilax excelsa*, ისლი - *Carex*.

ნიმუშის აღების წერტილიდან 50 მ-ში ჩაედინება მდინარე შავი ღელე, რომელიც მდორედ მოედინება სასოფლო სამეურნეო სავარგულების მიმდებარედ და კვეთს ქობულეთის დაცულ ტერიტორიას. პირველი ნიმუშის სტრატეგრაფიული ჭრილი ნოტიო, მკვრივი და უწყლოა.

II საკვლევი ნიმუში ავიღეთ ბუფერული ზონისგან 500 მეტრის მოშორებით ტორფნარის ცენტრისკენ (41.864340, 41.796683) ანუ გუმბათისკენ, სადაც ედიფიკატორი გვარი არის *Sphagnum L.* სხვა მცენარეულობის დაფარულობა აქ 10%-ია. სტრატეგრაფიული ჭრილის სიღრმის მატებასთან ერთად სინოტივე იმატებს და 200-300 სმ ჭრილის მასის 60-70 % წყალია.

რუკა 1. ისპანი 2, ნიმუშის აღების წერტილები. I ნიმუში (41.864187, 41.790278)

II ნიმუში (41.864340, 41.796683)



კვლევის მეთოდი: ტორფის ნიმუშების აღება ასევე ხდებოდა წერტილოვანი მეთოდით, იგი წარმოებდა სპეციალური დანაყოფებიანი ბურლით, რომელიც მისადაგებულია წერტილოვანი ნიმუშების აღებისთვის. ბურლის დიამეტრი იყო არანაკლებ 60 მმ და იგი საშუალებას იძლეოდა დაახლოებით 1კგ ნიმუშის ასაღებად სხვადასხვა სიღრმიდან. აღებული ნიმუშები თავსდებოდა ჰერმეტიკულ ტარაში, რათა თავიდან ყოფილიყო აცილებული ტენის დანაკარგი, რომელთა მეშვეობით ხდებოდა მათი ტრანსპორტირება. აღებულ ტორფის ნიმუშებს უკეთდებოდათ ეტიკეტი, რომელზეც აღნიშნული იყო: ნიმუშის ნომერი, მასა, აღების თარიღი,

პროდუქციის სახეობა, აღების ადგილი. ყოველი ნიმუშის აღება ხდებოდა ორი პარალელურად: ერთი მიდიოდა საანალიზოდ, მეორე-ინახებოდა კონტროლის სახით. შემდეგ ეტაპზე ხდებოდა ტორფის ნიმუშების დამუშავება, რომელიც ხორციელდებოდა ნიმუშების აღებიდან 12 საათის განმავლობაში, ხოლო საკონტროლო სინჯებისა - დაუყოვნებლივ. დამუშავება მოიცავდა ტორფის დაქუცმაცების და დანაწევრების თანმიმდევრულ ოპერაციებს. ტორფის სახეობისგან გამომდინარე, ვაწარმოებდით მის დამუშავებას ორ სტადიად: პირველ სტადიაზე ნიმუშს ვაქუცმაცებდით არაუმეტეს 8მმ ზომის ნაწილაკებად, ხოლო მეორე სტადიაზე - ვაქუცმაცებდით არაუმეტეს 3მმ ზომის ნაწილაკებად და მასას ვამცირებდით დაახლოებით 0,5კგ-მდე. ამის შემდეგ ნიმუშები შრებოდა ოთახის ტემპერატურაზე ჰაერ-მშრალ მდგომარეობაში, მზისა და ქარის პირდაპირი ზემოქმედებისგან დაცულ ოთახში, რის შემდეგაც ნიმუშები მზად იყო საანალიზოდ.

მულტიელემენტურ ანალიზს ვაწარმოებდით პლაზმურ ატომურ ემისიურ სპექტრომეტრზე ICPE-9820 (SHIMADZU).

გამომშრალ ტორფის ნიმუშებს წინასწარ ვამზადებდით საანალიზოდ, მეთოდი დამყარებულია „მშრალ“ მინერალიზაციას და მჟავურ ექსტრაქციაზე.

„მშრალი“ მინერალიზაცია: ნიმუშს ვათავსებდით ფაიფურის ჯამზე, ვუმატებდით ეთილის სპირტს (გამომდინარე წონაკიდან) და ვაყოვნებდით 12 სთ. და ვახდენდით მის დანახშირებას ელექტროლუმელზე. ამის შემდეგ ნიმუში გადაგვაქონდა მუფელის ღუმელში, რომლის საწყისი ტემპერატურა იყო 250°C. ყოველ ნახევარ საათში ვზრდით ტემპერატურას 50°C-ით 450°C-მდე. მინერალიზაცია დამთავრებულად ითვლებოდა, როცა ნაცარი ხდებოდა თეთრი ან ოდნავ შეფერილი, დანახშირებული ნაწილაკების გარეშე. დანახშირებული ნაწილაკების არსებობისას ვიმეორებდით პროცედურას - ნაცრის დამუშავებით HNO₃-ით (1:1). მასას ისევ ვაორთქლებდით ელექტროქურაზე სიმშრალემდე და ვათავსებდით მუფელის ღუმელში (მეთოდი - GOST 27973.1-88).

მჟავური ექსტრაქცია: მიღებულ ნაცარს ვუმატებდით 1 მლ HNO₃ (1:1), ვაცხელებდით წყლის აბაზანაზე მარილების სრულ გახსნამდე. შემდეგ ვაორთქლებდით ამოშრობამდე და ვუმატებდით 5 მლ ფონურ ხსნარს (0,03 მოლ/დმ³ HNO₃), ნელა ვაცხელებდით, ვაციებდით და მთლიანად გადაგვქონდა 25 მლ-იან მზომ კოლბაში. კოლბას შევავსებდით ნიშანხაზამდე ფონური ხსნარით და ამის შემდეგ ვაწარმოებდით სპექტრომეტრირებას [12,14,15].

შედეგი: დადგინდა, რომ ბუფერული ზონის (I ნიმუში) 0-100 სმ სიღრმის ნიმუშის ანალიზისას გამოიკვეთა Hg ზდკ-ზე მაღალი კონცენტრაცია, საშუალოდ 5,59 მგ/კგ. ხოლო, 100-300 სმ სიღრმეზე Hg კონცენტრაცია 0-ის ტოლია ან ზდკ-ზე დაბალია.

ისპანი 2 გუმბათის ტერიტორიაზე წყლის დონე მაღალია. სტრატეგრაფიული ჭრილის ნიმუშები (II ნიმუში) წყლით გაჟღნთილია. გუმბათის ჭრილის 0-100 სმ სიღრმეზე Hg საშუალო კონცენტრაციაა 5.88 მგ/კგ, 100-200 სმ სიღრმეზე ზდკ

დაბალი ან 0-ის ტოლი, 200-250სმ სიღრმეზე 4,84 მგ/კგ და მაქსიმუმ კონცენტრაციას აღწევს 250-300 სმ სიღრმეზე - 18,7 მგ/კგ.

ცხრილი 1. ისპანი 2-ის სტრატეგრაფიულ ჭრილში (სმ) ვერცხლისწყლის კონცენტრაცია (მგ/კგ). I ნიმუში - ბუფერული ზონა, II ნიმუში - გუმბათი.

სტრატეგრაფიული ჭრილის სიღრმე (სმ)	I ნიმუში Hg მგ/კგ	II ნიმუში Hg მგ/კგ
0-50	16,1	8,14
50-100	3,95	3,62
100-150	0	0,33
150-200	0,32	0
200-250	0	4,84
250-300	0	18,7
ზღვ	2,1	2,1

დასკვნა: ტორფნარი მნიშვნელოვან როლს ასრულებს მერკურის ბიოგეოქიმიურ ციკლში. ის უზრუნველყოფს ტოქსიკური ვერცხლისწყლის აკუმულირებას ტორფნარში.

ვერცხლისწყლის კონცენტრაციის განსხვავება I და II ნიმუშში დამოკიდებულია ტორფის ადების ადგილზე, რის გამოც განსხვავებულია აღებული ტორფის სტრუქტურა და ტენიანობა.

I ნიმუში აღებულია ბუფერულ ზონაში, მისი სიმკვრივე მაღალია და ტენიანობა შედარებით დაბალი, რამაც განაპირობა Hg (ვერცხლისწყლის) შეკავება ტორფნარის ზედაპირზე (იხ.ცხ. 1).

II ნიმუში აღებულია გუმბათზე, ისპანი 2 კვების ტიპი ომბროტროფულია, აღებულ ნიმუშის შრეები წყლითაა გაჟღენთილი, ასეთი ფაშარი და წყლით გაჯერებული სტრუქტურა ხელს უწყობს ვერცხლისწყლის ჩამორეცხვასა და ტორფნარის ღრმა ფენებში გადაადგილებას (250-300სმ) და აკუმულირებას (18,7 მგ/კგ), მაშინ როცა ზედაპირზე შედარებით ნაკლებია (8.14მგ/კგ).

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Li, C., Jiskra, M., Nilsson, M.B. *et al.* Mercury deposition and redox transformation processes in peatland constrained by mercury stable isotopes. *Nat Commun* 14, 7389 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-43164-8>
2. <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/55144?publication=0>
3. Lavoie RA, Jardine TD, Chumchal MM, Kidd KA, Campbell LM. Biomagnification of mercury in aquatic food webs: a worldwide meta-analysis. *Environ Sci Technol*. 2013;47(23):13385-94. doi: 10.1021/es403103t. Epub 2013 Nov 13. PMID: 24151937. PMID: 24151937 DOI: [10.1021/es403103t](https://doi.org/10.1021/es403103t)

4. Maxime Enrico, Gaël Le Roux, Nicolas Maruszczak, Lars-Eric Heimbürger, Adrien Claustres, Xuewu Fu, Ruoyu Sun, and Jeroen E. Sonke Atmospheric Mercury Transfer to Peat Bogs Dominated by Gaseous Elemental Mercury Dry Deposition *Environmental Science & Technology* **2016** 50 (5), 2405-2412 DOI: 10.1021/acs.est.5b06058
5. Ruoyu Sun, Holger Hintelmann, Johan A. Wiklund, Marlene S. Evans, Derek Muir, Jane L. Kirk. Mercury Isotope Variations in Lake Sediment Cores in Response to Direct Mercury Emissions from Non-Ferrous Metal Smelters and Legacy Mercury Remobilization. *Environmental Science & Technology* **2022**, 56 (12) , 8266-8277. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c02692>
6. Chen L., Xuewu F., Yue Xu, Hui Zhang, Xian Wu, Jonas Sommar, Leiming Zhang, Xun Wang, Xinbin Feng. Sources and Transformation Mechanisms of Atmospheric Particulate Bound Mercury Revealed by Mercury Stable Isotopes. *Environmental Science & Technology* **2022**, 56 (8) , 5224-5233. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c08065>
7. Zhou, J., Obrist, D., Dastoor, A., Jiskra, M. & Ryjkov, A. Vegetation uptake of mercury and impacts on global cycling. *Nat. Rev. Earth Environ.* **2**, 269–284 (2021).
8. Horowitz, H. M., Jacob, D. J., Zhang, Y., Dibble, T. S., Slemr, F., Amos, H. M., Schmidt, J. A., Corbitt, E. S., Marais, E. A., and Sunderland, E. M.: A new mechanism for atmospheric mercury redox chemistry: implications for the global mercury budget, *Atmos. Chem. Phys.*, 17, 6353–6371, <https://doi.org/10.5194/acp-17-6353-2017>, 2017.
9. David G Streets, Hannah M Horowitz, Zifeng Lu, Leonard Levin, Colin P Thackray and Elsie M Sunderland Five hundred years of antropogenic mercury: spatial and temporal profiles Published 22 July 2019 • US Government Environmental Research Letters, Volume 14, Number 8
10. United Nations Environment Programme (UNEP) 2013 *Global Mercury Assessment 2013: Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport* (Geneva: UNEP Chemicals Branch) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20130136001>
11. Huang, Qiang, et al. "An improved dual-stage protocol to pre-concentrate mercury from airborne particles for precise isotopic measurement." *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* 30.4 (2015): 957-966.
12. Driscoll C. T., Mason R. P., Chan H. M., Jacob D. J., Pirrone N., Mercury as a global pollutant: Sources, pathways, and effects. *Environ. Sci. Technol.* 47, 4967–4983 (2013). <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es305071v>
13. Tetemadze, N., & Matchutadze, I. (2023). COMPARATIVE DESCRIPTION OF SPHAGNUM AUSTINII AND S. PAPILLOSUM OF THE GENUS SPHAGNUM SPECIES OF KOLKHETI PLAIN. *Georgian Scientists*, 5(2), 172–177. <https://doi.org/10.52340/gs.2023.05.02.20>
14. https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293829/4293829025.pdf?utm_source=chatgpt.com&fbclid=IwY2xjawLHiFleHRuA2FlbQIxMABicmlkETfQZzZwWlV5NVozc0tRZFk0AR51

- uZ_xEegH5DwIAQAnERjV1u6XfoP068z-EJ-
nLXeUMdInxp4q10Soa1zetg_aem_KE06tJM3mHmBE0jNkYo9Dg
15. https://meganorm.ru/Data1/29/29855/index.htm?utm_source=chatgpt.com&fbclid=IwY2xjawLHiIdleHRuA2FlbQIxMABicmlkETfQZzZwWlV5NVozc0tRZFk0AR7kCv_RhriM5gsg_kvZheT94JOYAdIa9t5eazZLnS4N1XQNeQ4Ir1uGGQwz0Q_aem_ZXD0dvggh0jHnmiG8DRYrg

Features of mercury accumulation in the Colchis peat bog (Ispan 2)

Natela Tetemadze¹, Izolda Machutadze², Tamar Tetemadze³

¹ Scientist, Institute of Phytopathology and Biodiversity, Batumi Shota Rustaveli State University tetemadze.natela@bsu.edu.ge; ² Scientist, Institute of Phytopathology and Biodiversity, Batumi Shota Rustaveli State University; ³ Master's student, Faculty of Ecology, Batumi Shota Rustaveli State University

Abstract

Mercury (Hg) belongs to the 1st class of toxic hazard substances and its MPC in soil is 2.1 mg/kg. It is known that Hg accumulates in peatlands by white moss, although it has been established that 30% of the accumulated mercury is emitted back into the atmosphere [1,3]. The aim of the study was to determine the peculiarity of mercury accumulation in layers, to find out whether the concentration of accumulated mercury exceeds the maximum permissible limit. The study area was the filter-type peatland Ispan 2 of the protected area of the Kobuleti municipality, located in the Adjara region. Samples taken from the stratigraphic section were analyzed using an atomic adsorption spectrometer. It was determined that the analysis of a sample from the high-density buffer zone (sample I) at a depth of 0-100 cm revealed an average Hg concentration above the MAC of 5.59 mg/kg. Meanwhile, at a depth of 100-300 cm, the concentration of Hg is 0 or below the MAC. The density of the samples from the stratigraphic section of the dome (sample II) is low, saturated with water. The concentration of Hg at a depth of 100-200 cm is 0 or below the MAC. At a depth of 0-100 cm of the dome section, the average concentration of Hg is 5.88 mg / kg, at a depth of 100-200 cm, the MAC is low or equal to 0, at a depth of 200-250 cm it is 4.84 mg / kg, and reaches a maximum concentration at a depth of 250-300 cm - 18.7 mg / kg.

Keywords: Ispani 2, peat bog, mercury, methylmercury, psychotoxic.