



## მეორადი ცელულოზაზემცველი მასალის ბაზაზე მიღებული გააქტივებული ნახშირბადოვანი მასალა

ზ. სამხარაძე\*, თ. მარსაბიშვილი, მ. განაჩილაძე, ზ. მებრევილი

რაფიელ აგლადის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი,  
ივანე ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
samkharadze.zura@yahoo.com

### რეზიუმე:

მსოფლიოში ნარჩენების მართვა - ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი პრობლემაა, რომლის გადაწყვეტაში სულ უფრო მეტი როლი ენიჭება მათგან ახალი მასალების მიღების ტექნოლოგიების შემუშავებას. შექმნილია სხვადასხვა ცელულოზაზემცველი მეორადი ნედლეულიდან მაღალი ხვედრითი ზედაპირის მქონე ნახშირბადოვანი მასალის მიღების ერთსაფეხურიანი, თერმოკონვერსიული მეთოდი. ამ მეთოდის უპირატესობა ერთსტადიურობისა და სხვადასხვა რეჟიმების განხორციელების შესაძლებლობის გარდა ისაა, რომ პროცესისთვის იყენებენ არა მარტო რეაგენტს, არამედ პროცესში წარმოქმნილ სხვადასხვა აირს, როგორც ენერგეტიკულ წყაროს. აღნიშულ ღუმელში შესაძლებელია სხვადასხვა ცელულოზაზემცველი მეორადი ნედლეულის გამოყენება. მიღებულია იაფი, მუდმივად განახლებადი მეორადი ნედლეულიდან (თხილისნაჭუჭი, ნექტარინის კურკები, ხის ნახერხი) გააქტივებული ნახშირბადოვანი მასალა. შესწავლილია მიღებული პროდუქტის შემადგენლობა და ფიზიკური პარამეტრები. ნახშირბადოვანი მასალა შეიძლება გამოყენებული იქნეს ადსორბენტად, ანტიფრიქციული კომპოზიციური დანაფარების და ელგამტარი პოლიმერული კომპოზიციური მასალის მისაღებად.

**საკვანძო სიტყვები:** ეკოლოგია, ნარჩენების მართვა, ნახშირბადოვანი მასალა, ახალი ტექნოლოგია, ახალი მასალები.

### შესავალი

მსოფლიოში მძიმე ეკოლოგიური სიტუაციის გამოსწორებისათვის იხარჯება დიდი დრო და ენერგია. ნარჩენების მართვა - ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი პრობლემაა, რომლის გადაწყვეტაში სულ უფრო მეტი როლი ენიჭება მათგან ახალი მასალების მიღების ტექნოლოგიების შემუშავებას.

სახელმწიფოთა უმრავლესობის, მათ შორის საქართველოს, ეკონომიკას მნიშვნელოვან წილად, სოფლის მეურნეობა განსაზღვრავს. იგი განიხილება, როგორც ეკონომიკის ერთ-ერთი მძლავრი ბერკეტი. ნარჩენები, რომლებიც წარმოიქმნება სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობის შედეგად, საჭიროებენ განადგურებას ან შემდგომ გადამუშავებას. ამ მრივგან საკუთრებით საინტერესოა შედარებით მასშტაბური წარმოებები, მაგალითად, ხის დამუშავება და სოფლის მეურნეობის მცენარეული ნარჩენები (თხილისა გადამამუშავებელი ქარხნები), რომელთაგან შესაძლებელია ისეთი მნიშვნელოვანი პროდუქტის მიღება, როგორიცაა გააქტივებული ნახშირბადოვანი მასალა.

გააქტივებული ნახშირების გამოყენების შესაძლებლობები განხილულია ლიტერატურაში [1]. გააქტივებული ნახშირბადოვანი მასალის გამოყენების პროცენტული გადანაწილება ლიტერატურის

[2] მიხედვით გამოიყურება შემდეგნაირად (%): საკვები პროდუქტების წარმოება - 42.6; ტექნოლოგია - 38.0; გარემოს დაცვა - 10.0; სასმელი წყლის გაწმენდა - 4.7; სამედიცინო მიზნები - 4.7.

საქართველო სუბტროპიკული ზონის ერთ-ერთი ქვეყანაა, მრავალისახეობის ცელულოზა შემცველი მაღალი ხარისხის ნედლეულის განახლებადი მარაგით, რომელიც

შეიძლება წარმატებით გამოყენებული იქნეს გააქტივებული ნახშირბადოვანი მასალის წარმოებისთვის.

ლიტერატურაში [3] მოცემულია, რომ საქართველო თხილის უმსხვილეს მწარმოებელ ქვეყანათა ხუთეულშია. თხილი ძირითადად ევროკავშირისა და ევრაზიური კავშირის ქვეყნებში გადის. საქართველო, თურქეთთან ერთად, თხილის მსხვილ ექსპორტიორად ითვლება. თხილის წარმოებასთან მჭიდროდ არის დაკავშირებული ნარჩენების მართვისა და ნაჭუჭების გამოყენების პრობლემა. 1 კგ. გაუტეხავი თხილიდან დაახლოებით 0.4 კგ. ნაჭუჭიჩრება. გადამამუშავებელი საწარმოები, როგორც წესი, ნაჭუჭსყიდვიანდაბალფასად 0.15 – 0.20

ლარი/კგ. თხილის ნაჭუჭი ღირებულ პროდუქტად, მისი მაღალკალორიულობის გამო ძირითადად ენერგოწარმოებაში მიიჩნევა.

საქართველო ასევე ნექტარინის (ვაშლატამა) მწარმოებელ და ექსპორტიორ ქვეყნად ითვლება 2016 წლის იმპორტის რაოდენობამ 424 ტონა შეადგინა [4]. ადგილობრივ წარმოებისთვის (ვაშლატამას წვენები და ჯემი) ნექტარინის ნარჩენი კურკებიც პრობლემას წარმოადგენს. საქართველოსთვის ტყე განსაკუთრებულად ფასეული ბუნებრივი რესურსია, რომელიც ქვეყნის ტერიტორიის მესამედზე მეტს მოიცავს და უმნიშვნელოვანესი სასიცოცხლო და ეკონომიკური ფუნქციები აკისრია, როგორც გეოგრაფიულ, ისე რეგიონალურ ასპექტში. ტყეების საშუალო ასაკი საქართველოში დაახლოებით 100-120 წელია, ამიტომ ხე-ტყისწარმოება-გადამუშავებას სერიოზული პერსპექტივა გააჩნია [5].

გააქტივებული ნახშირი (carbo activatus) წარმოადგენს ძლიერ განვითარებული ზედაპირის მქონე ნივთიერებას, რომელიც მიიღება ორგანული წარმოშობის ნახშირბადმცველი მასალისაგან (ძირითადად არყის ხის ნახერხი და ქოქოსის ქერქი). ქიმიისთვალსაზრისით, გააქტივირებული ნახშირი არის არასრულყოფილი სტრუქტურული და დიდი ზედაპირის მქონე, 87-97% შემცველობის ნახშირბადის ფორმა, მცირედი მინარევებით.

მიმოხილვაში [6] განხილულია გააქტივებულ ნახშირის მიღების ხერხები, პრობლემები და მათი გადაჭრის შესაძლებლობები. გააქტივებული ნახშირბადის წარმოებისთვის გამოიყენება სხვადასხვა ტიპის და კონტრუქციის ღუმელები. ყველაზე ფართოდ გავრცელებულია: მრავალსაფეხურიანი, ლილვისებური, ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ღუმელები. მიღებული გააქტივებული ნახშირბადის ძირითადი თვისებები განისაზღვრება საწყისი ცელულოზაშემცველი ნედლეულის ტიპით, აქტივატორის სახეობით და მისი დამუშავების მეთოდით. ამ მეთოდით მიღებული პროდუქტის-გააქტივებული ნახშირის გამოსავალი ერთ ტონა საწყისი ნედლეულიდან შეადგენს 0.2-0.45 ტონას [7].

გააქტივებული ნახშირის მისაღებად საწყისი პროდუქტი გადის გადამუშავების შემდეგ სტადიებს. პირველი რიგში, ნახშირბადის შემცველი ნედლეული იფქება (ნაწილაკების ზომა ~ 3-5 სმ), შემდეგ იგი ექვემდებარება კარბონიზაციას (პიროლიზი – მაღალ ტემპურატურაზე ინერტული ატმოსფერო). მიღებული ნახშირბადოვანი მასალის (კარბონიზატი) ფორების ზომები და ზედაპირი ძალიან მცირეა. ამიტომ, კონკრეტული სტრუქტურის მისაღებად კარბონიზატი ექვემდებარება შემდგომ გააქტიურებას.

აქტივაციის პროცესი ემსახურება ნახშირბადოვან მასალაში არსებულ, დახურულ მდგომარეობაში მყოფი ფორების გახსნას. ეს პროცესი ხორციელდება თერმოქიმიურად: მასალა წინასწარ იჟდინდება თუთიის ქლორიდით (ZnCl<sub>2</sub>), კალიუმის კარბონატით

(K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) ან სხვა ნაერთებით და ხურდება 400 – 600°C ტემპურატურაზე ჰაერის გარეშე. ყველაზე გავრცელებული მეთოდი კი არის ნახშირბადოვანი მასალის დამუშავება ნაჯერი ორთქლით, ნახშირორჟანგით (CO<sub>2</sub>) ან მათი ნარევით 700-900 °C ტემპურატურაზე, მკაცრი კონტროლის პირობებში. ამ დროს მიმდინარეობს რეაქცია რეაგენტსა და ნახშირბადოვან მასალას შორის, რის შედეგადაც წარმოიქმნება ფორების განვითარებული სტრუქტურა და იზრდება მისი ზედაპირი. ეს ოპერაცია საშუალებას იძლევა მიღებული იქნეს ნახშირბადოვანი მასალა, რომელთა ზედაპირმა შეიძლება 1500 სმ<sup>2</sup>-ს მიაღწიოს (1 გრამი ნახშირის). ამ ხერხებით მიღებული გააქტივებული ნახშირბადი უნდა აკმაყოფილებდეს გარკვეულ სტანდარტს [8].

**ძირითადი შედეგები**

რაფიელ აგლაძის სახელობის არაორგანული ქიმიის და ელექტროქიმიის ინსტიტუტში შემუშავებულია სხვადასხვა ცელულოზაშემცველი მეორადი ნედლეულიდან (თხილისა და კაკლის ნაჭუჭი, ნექტარინისა და ატმის კურკები, ხის ნახერხი, ბამბუკი) მაღალი ხვედრითი ზედაპირის მქონე ნახშირბადოვანი მასალის მიღების ერთსაფეხურიანი, თერმოკონვერსიული ტექნოლოგია. ამ მეთოდის უპირატესობა ერთსტადიურობისა და სხვადასხვა რეჟიმების შესაძლებლობის გარდა ისაა, რომ პროცესისთვის იყენებენ არა მარტო რეაგენტს, არამედ პროცესში წარმოქმნილ აირს, როგორც ენერგეტიკულ წყაროს. აღნიშულ ღუმელში შესაძლებელია სხვადასხვა ცელულოზაშემცველი მეორადი ნედლეულის გამოყენება. მეთოდზე მიღებულია საქართველოს პატენტი [9]. დამზადებულია ჰორიზონტალური ღუმელი რეგულირებადი რეჟიმის შესაძლებლობით (სურ.1).



სურათი 1. ცელულოზაშემცველი მეორადი ნედლეულიდან მაღალი ხვედრითი ზედაპირის მქონე ნახშირბადოვანი მასალის მიღების ლაბორატორიული დანადგარი 1 - ღუმელი; 2 - მართვის ბლოკი; 3 - ინერტული აირის ბალონი; 4 - გაზური ფრაქციის დაყოფის სისტემა; 5 - წყლის მიწოდების სისტემა.

**ცხრილი 1. ნახშირბადოვანი მასალის პროცენტული შემადგენლობა**

ნიმუში	ნიმუშების ქიმიური შემადგენლობა %												
	C	O	Ca	Si	K	Al	Fe	S	Zn	Cr	Ni	Cu	F
“bau-a”	86.8-91.16	7.36-11.18	0-0.56	0.64-0.74	0.04-0.4	0.22-0.36	0.09-0.3	0.02-0.08	0.01-0.3	0.01-0.15	0-0.03	0.04-0.38	0.4-0.3
თხილის ნაჭუჭი	82.03-83.55	11.49-12.76	0.3-0.09	2.09-2.66	0.23-0.56	0.92-0.77	0.39-0.63	0.19-0.29	0.2-0.3	0.01-0.08	0.09-0.27	0.13-0.2	-
ხის ნახერხი	87.70-94.67	5.95-10.55	0.00-0.25	0.45-0.63	0.00-0.36	0.04-0.31	0.00-0.27	-	0.00-0.32	0.01-0.05	0.03-0.07	0.03-0.13	0.01-0.06
ნექტარინი	91.21-92.50	6.33-7.49	0.07-0.2	0.09-0.13	0.14-0.22	0.16-0.25	0.24-0.34	0.07-0.12	0.09-0.16	0.01-0.16	0.02-0.12	0.03-0.07	0.00-0.03

მიმდინარე სამუშაოში შედარებისთვის აღებული გვაქვს ჩვენს ხელთ არსებული რუსული წარმოების გააქტივებული ნახშირი (bau-a).

ცხრილში 1 მოცემულია აღნიშნული მეთოდით სხვადასხვა ცელულოზაშემცველი ნედლეულიდან მიღებული ნახშირბადოვანი მასალის და ქარხნული წარმოების გააქტივებული ნახშირის, ჩვენს მიერ, მასკანირებულექტრონულ მიკროსკოპზე (HITACHI TM 3000), გაზომილი შემადგენლობა.

ცხრილში 2 და 3 მოცემულია ნახშირბადოვანი

**ცხრილი 2. ნახშირბადოვანი მასალის ფიზიკური პარამეტრები**

ნიმუში	ტენია-ნობა, %	ნაცრია-ნობა, %	ნაყარი სიმკვრივე, გ/სმ <sup>3</sup>
სტანდარტი 6217-74	< 10.00	< 6.00	<0.24
“bau-a”	8.95	3.55	0.23
თხილის ნაჭუჭი	8.4	2.95	0.24
ნექტარინი	9.3	0.2	0.22
ხის ნახერხი	9.7	1.3	0.21

**ცხრილი 3. ნახშირბადოვანი მასალის ფიზიკური პარამეტრები**

ნიმუში	ზედაპირის ფართობი, მ <sup>2</sup> /გ	მიკრო-ფორების ფართობი, მ <sup>2</sup> /გ	მიკრო-ფორების მოცულობა, სმ <sup>3</sup> /გ
“bau-a”	708.70	473.78	0.21
თხილის ნაჭუჭი	637.33	427.65	0.20
ნექტარინი	520.10	434.67	0.19
ხის ნახერხი	492.95	391.76	0.18

მასალის ფიზიკური პარამეტრები. ნაცრიანობა გაზომილია ტექნიკურ ნახშირბადში ნაცრიანობის შემცველობის სტანდარტ მეთოდით (ASTM D1506-15 CWA)

ანალიზატორ Gemini VII-ზე გაზომილია (მეთოდი დამყარებულია მყარ ზედაპირზე გაზის, კერძოდ აზოტის, ადსორბციის უნარზე) ნახშირბადოვანი მასალისა და ქარხნული ნიმუშის ზედაპირისა და მიკროფორების ფართობი, მიკროფორების მოცულობა. ლიტერატურის (9) მიხედვით ქარხნული წარმოების გააქტივებული ნახშირის (bau-a) ზედაპირის ფართობია - 700-800 მ<sup>2</sup>/გ.

**დასკვნა**

მიღებული ნახშირბადოვანი მასალები ძირითადად აკმაყოფილებენ გააქტივებული ნახშირბადისათვის წაყენებულ მოთხოვნებს. მათი პრაქტიკული გამოყენების მიზნით შესწავლილი იქნა ნახშირბადოვანი მასალის ადსორბციის უნარი მძიმე ლითონების მიმართ [10]. მიღებული იქნა ნახშირბადშემცველი სპილენძისკომპოზიციური დანაფარები და შესწავლილი იქნა მათი ანტიფრიქციული თვისებები [11]. მიღებული ნახშირბადოვანი მასალის ბაზაზე დამზადებულია დენგამტარი კომპოზიციური პოლიმერები [12, 13].

**ლიტერატურა:**

1. Кинле Х., БазерЭ. Активныеуглиихпромышленноеприменение. Л., 1984. 215с.
2. Е.Ю. Беляев. Получение и применение древесных активированных углей в экологических целях. Химия растительного сырья. №2. С. 5–15. 2000.
3. მ. ჩავლეიშვილი. ქართული თხილის ბაზარი: შეფასება და პერსპექტივები. <https://dspace.tsu.ge/bitstream/handle/123456789/334/Georgian%20HazelNut%20Market%20Assessment%2C%20Perspectives.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
4. <https://blog.agronavt.ge/wp-content/uploads/2017/10/PeachNectarineGEO.pdf>.

5. მ. ზარნაძე, ხე-ტყის მრეწველობის პერსპექტივები საბაზრო ურთიერთობების პირობებში. ჟურნალი „საქართველოს ეკონომიკა“.01/01/2009. <http://geoeconomics.ge/?p=3873>.
6. Протасов А.В., Козлова В.Л., Азаров В.И., Пиялкин В.Н. Получение и применение древесных активированных углей в экологических целях // Науч. тр. Моск. гос. ун-та. № 227. С.73-78. 1995.
7. Новый справочник химика и технолога. Справочное издание / ред. В. А. Столярова. Ч.2: Сырье и продукты промышленности органических и неорганических веществ. 1142с. (раздел 15.4.4.4. Активные угли). 2006.
8. Уголь активный (активированный) БАУ-А ГОСТ 6217-74.
9. თამაზ მარსაგიშვილი, გრიგორ ტატიშვილი, ნათელა ანანიშვილი, მანანა გაჩეჩილაძე, ჯულიეტა მეტრეველი, მარინე მაჭავარიანი, ელიზავეტა ცხაკაია, ნინო გიორგაძე, ზურაბ სამხარაძე, გურამ მეგრელი. პლასტმასებისა და ცელულოზის შემცველი ნარჩენებიდან სორბენტების მიღების ხერხი. საქართველოს ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრი, პატენტი № (15030).2021. <http://silikagel.ru/katalog/aktivirovannye-ugli/drevesnyy-bau-a>.
10. T.Marsagishvili, G.Tatishvili, N.Ananiashvili, N.Giorgadze, E.Tskhakaia, J.Metreveli, M.Gachechiladze, M.Machavariani. Adsorption of lead ion on carbonaceous sorbents of nutshellobtained from secondary raw material. 4th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering, IFMBE Proceedings, Publisher: Springer International Publishing, Vol. 77. pp. 97-100. 2019.
12. Samkharadze Z.V., Marsagishvili T.A., Tatishvili G.D., Gachechiladze M.P., Metreveli J.A., Ananiashvili N.Sh., Matchavariani M.N., Tskhakaia E.T., Giorgadze N.V. Copper composition electrochemical coatings with carbon material obtained from secondary raw materials. International Journal of Green and Herbal Chemistry. [www.ijghc.com](http://www.ijghc.com) Section A: Green Chemistry. Vol.10, No.1, pp. 53-59.2021.
13. Z.V. Samkharadze, T.A. Marsagishvili, M.P. Gachechiladze, J.A. Metreveli, D.I. Gventsadze, M.N. Matchavariani. Electroconductive polymer composite materials with carbon filler. Chemical and technological aspects of biopolymers, book V.1, p.181-185. 2020.
11. T.Marsagishvili, G.Tatishvili, N.Ananiashvili, N.Giorgadze, E.Tskhakaia, J.Metreveli, M.Gachechiladze, M.Machavariani. Adsorption of lead ion on carbonaceous sorbents of

## ACTIVATED CARBON MATERIAL OBTAINED ON THE BASIS OF SECONDARY CELLULOSE-CONTAINING MATERIAL

Z. Samkharadze\*, T. Marsagishvili, M. Gachechiladze, J. Metreveli

Rafiel Agladze Institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry, Ivane Javakhishvili Tbilisi State University  
[samkharadze.zura@yahoo.com](mailto:samkharadze.zura@yahoo.com)

### Abstract.

Waste management is one of the most important problems in the world, in the solution of which an increasing role is assigned to the development of technologies for obtaining new materials from waste. A one-stage thermal conversion technology for the production of carbon material with a high specific surface area from various cellulose-based raw materials has been developed. The advantage of this method, in addition to one-stage and the possibility of implementing different modes, is that the process uses various gases generated during this process as an energy source. Different cellulose-containing raw materials can be used in this oven. An activated carbonaceous material was obtained from cheap, constantly renewable secondary raw materials (hazelnut shells, nectarine kernel, and sawdust). The composition and physical parameters of the resulting product were studied. Carbonic material can be used as an adsorbent, as well as to obtain antifriction composite coatings.

**Keywords:** ecology, waste management, carbonaceous material, new technology, new materials.