

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შავი ზღვის სიღრმული წყლებიდან  
გოგირდწყალბადის მიღება და მისი ფიზიკო-ქიმიური  
ანალიზი

ანგარიში

თემის ხელმძღვანელი: პროფესორი მერაბ ჯიბლაძე

2014 წელი

პროექტის არსი:

დამუშავდეს მეთოდი, რომელიც შეიცავს ბუნებრივი წყალსაცავების სიღრმეებიდან გოგირდწყალბადისა და სხვა მარილებით გამდიდრებული წყლის ამოღების სისტემას ზედაპირზე წყლისაგან გოგირდწყალბადის გამოყოფით გოგირდწყალბადის შემდგომი დისოციაციის მიზნით.

9 ილუსტრაცია, 3 პატენტი, 6 სტატია.

შავი ზღვის გოგირდწყალბადის პრობლემა შეიცავს ეკოლოგიურ პრობლემას, რაც ზღვის ფლორისა და ფაუნის განადგურებასა და ზღვის ზედაპირზე გოგირდწყალბადის აალებასთან არის დაკავშირებული. იგი ასევე მნიშვნელოვანია ეკონომიკის განვითარებისათვის და ემსახურება წყალბადის ენერგეტიკის განვითარებას, რომელიც XXI საუკუნის ენერგეტიკადაა აღიარებული. ეს ორი პრობლემა ერთმანეთს მჭიდროდ უკავშირდება და კომპლექსურ გადაწყვეტას მოითხოვს.

გასული საუკუნის 80-იანი წლების დასაწყისში მსოფლიო საზოგადოება იმ დასკვნამდე მივიდა, რომ ჩვენს ჩვეულებრივ ყოფას, ეკოლოგიური კრიზისის გამო, რეალური საშიშროება ემუქრება და გადაიდგა პირველი ნაბიჯები ეკოლოგიური პრობლემების (ე.წ. საერთო სარგებლობის რესურსების) გადაწყვეტის საერთაშორისო მექანიზმების შექმნის მიზნით. ბიოსფეროში გლობალური უარყოფითი ცვლილებების წინააღმდეგ შესაბამისი პროექტების განხორციელებისათვის 1991 წელს შეიქმნა სპეციალური სტრუქტურა — Global Environment Facility (GEF). ჯერ კიდევ 1972 წელს რიო-დე-ჟანეიროს კონფერენციამ მიიღო მთელი რიგი კონვენციებისა, რომლებიც ძალზე მნიშვნელოვანი გახდა მსოფლიოს წინაშე არსებული ეკოლოგიური პრობლემების გადასაწყვეტად. ამ დოკუმენტებს შავი ზღვის აუზის ქვეყნებმაც მოაწერეს ხელი. მათ მიერ ასევე ხელმოწერილია ბუქარესტის კონვენცია შავი ზღვის გატუჭყიანებისაგან დაცვის შესახებ, ოდესის დეკლარაცია და სხვ. შავი ზღვის ეკოლოგიური პროგრამის (BSEP) შედეგად შეიქმნა ორი მნიშვნელოვანი და კონკრეტული დოკუმენტი „შავი ზღვის ტრანსსასაზღვრო დიაგნოსტიკური ანალიზი“ და „შავი ზღვის რეაბილიტაციისა და დაცვის სტრატეგიული გეგმა“. 1996 წელს ხელმოწერილი გეგმის თანახმად, შავი ზღვისპირა ქვეყნებმა იკისრეს ვალდებულება შავი ზღვის

დაცვისა და აღდგენის ზოგადი სტრატეგიის შემუშავებისა და ზღვისა და სანაპირო ზოლის რესურსების მართვისა უახლოესი 20 წლის განმავლობაში.

როგორც ეკონომიკური პროგნოზები ცხადყოფს, XXI საუკუნის 50-იანი წლებისთვის მოხმარებული ენერჯია 15-ჯერ გაიზრდება XX საუკუნის ბოლოს არსებულ მოხმარებასთან შედარებით და საჭირო გახდება პლანეტის თხევადი და ბუნებრივი აირის მარაგის დაახლოებით 80 %-ის გამოყენება. 2100 წლისათვის კი ენერჯიის ჯამური მოხმარება 2-ჯერ გადააჭარბებს ეკონომიკურად ხელშესახებ ბუნებრივი რესურსების ამჟამად არსებულ შეფასებებს. ამდენად, დღეს ენერჯიის ალტერნატიული წყაროების ძიება ენერჯეტიკის ძირითად ამოცანას წარმოადგენს.

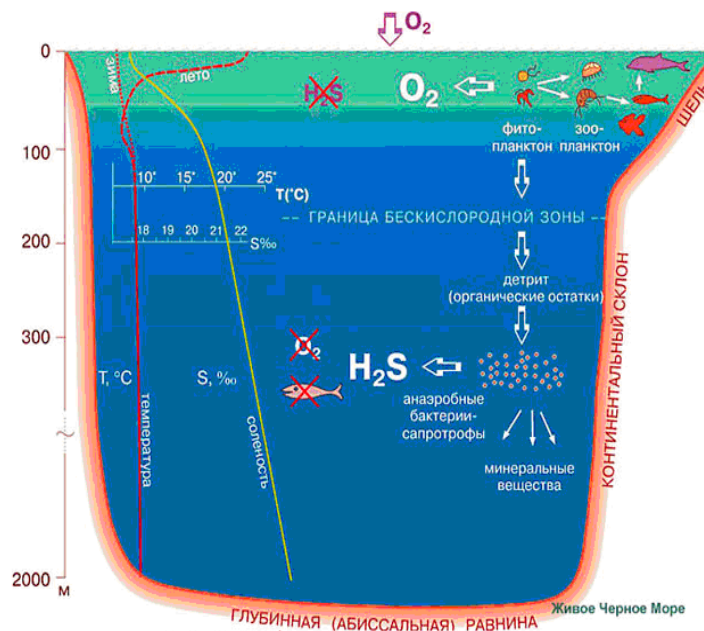
ბოლო ათწლეულმა სავსებით ნათელი გახადა, რომ თანამედროვე ენერჯეტიკისა და ტრანსპორტის შემდგომ ინტენსიურ განვითარებას კაცობრიობა მსხვილმასშტაბიან ეკოლოგიურ კრიზისამდე მიჰყავს. სათბობის მარაგების სწრაფი შემცირება ინდუსტრიულად განვითარებულ ქვეყნებს ატომური ენერჯობლოკების გაფართოებას აიძულებს, რაც მათი ექსპლუატაციის საშიშროებას სულ უფრო და უფრო მეტად ზრდის. ამ მხრივ საყურადღებოა ჩერნობილისა და „ფუკუსიმა-1“-ის რეაქტორებზე მომხდარი ავარიები. ამასთანავე მკვეთრად გაიზრდება რადიოაქტიური ნარჩენების უტილიზაციის პრობლემაც.

ამ საგანგაშო ტენდენციის გათვალისწინებით მრავალი მეცნიერი და პრაქტიკული მოღვაწე გამოთქვამს მოსაზრებებს ალტერნატიული არატრადიციული ენერჯიის წყაროს სასწრაფოდ ძიების შესახებ. მათი ყურადღება წყალბადისკენაა მიპყრობილი, რომლის მარაგი ოკეანეების წყლებში პრაქტიკულად ამოუწურავია. წყალბადის სათბობის უდავო უპირატესობა (მაღალი კალორიულობა, დიდი ხნის განმავლობაში შენახვის შესაძლებლობა, არსებული საშუალებებით ტრანსპორტირება, არატოქსიკურობა და ა.შ.), მისი გამოყენების შედარებით დაბალ ეკოლოგიურ უსაფრთხოებაშია. თანაც შესაძლებელია მისი გამოყენება სითბურ დანადგართა კონსტრუქციების მნიშვნელოვანი გადაკეთებების გარეშე. თუმცა, დღემდე რჩება მათი სამრეწველო წარმოების არაეკონომიურობის პრობლემა. ამ მხრივ ევროპის, აშშ-ის, ავსტრალიის, კანადისა და იაპონიის 600-ზე მეტი ფირმა, კომპანია, კონცერნი, საუნივერსიტეტო და სამეცნიერო ცენტრების ლაბორატორიები და საზოგადოებრივი სამეცნიერო-ტექნიკური ცენტრები წყალბადის მიღების გაიაფების პრობლემაზე მუშაობს. ამ უმნიშვნელოვანესი პრობლემის წარმატებით

გადაწყვეტა მკვეთრად შეცვლის მსოფლიო ეკონომიკას და გააჯანსაღებს გარემოს.

შავი ზღვა განეკუთვნება ატლანტიკის ბასეინს და წარმოადგენს შეკრულ აუზს, რომლის მაქსიმალური სიღრმე 2210 მეტრს აღწევს. მისი ფართობი 422 ათასი კვადრატული კილომეტრია, წყლის მოცულობა კი 537 ათასი კუბური კილომეტრი. ჟანგბადის შემცველი წყლის ზედა ფენის სისქე 100-დან 200 მეტრამდეა, დანარჩენი კი გოგირდწყალბადის უსიცოცხლო ზონაა (სურ.1).

1989 წელს გამოქვეყნდა ა.სპირიდონოვის სტატია, სადაც აღნიშნული იყო, რომ გოგირდწყალბადის ფენა ზევით იწევს წელიწადში 2 მეტრის სიჩქარით, რაც შავი ზღვის ბინადართ განადგურებით ემუქრება (რაც, ცხადია არ არის სწორი). აქვე გამოქვეყნდა შავი ზღვის გადარჩენის პროექტი, რომლის თანახმადაც მძლავრი ტუმბოები ზღვის სიღრმიდან ქაჩავს გოგირდწყალბადით მდიდარ წყალს და გადამუშავების შედეგად გამოყოფენ გოგირდს და წყალბადს, გასუფთავებულ წყალს კი ზღვაში აბრუნებენ (პროფესორ რ.ბ.ახმედოვის პროექტი). ამავე დროს, წყალბადის საწვით მიიღება საკმაოდ დიდი ენერჯია. წყალბადი მომავლის ძირითად საწვავადაა მიჩნეული.



სურ.1. შავი ზღვის ჭრილი.

სევასტოპოლის ზღვის ჰიდროფიზიკურ ინსტიტუტში ჩატარებულმა შეიდწლიანმა გამოკვლევებმა (1983 წლიდან) აჩვენა, რომ გოგირდწყალბადის

ფენის გამყოფი ზედაპირის მდებარეობა პრაქტიკულად უცვლელია, ის 125-135 მეტრ სიღრმეზე მდებარეობს და ერთი საუკუნის განმავლობაში მნიშვნელოვანი ცვლილება არ განუცდია.

სსრკ მინისტრთა საბჭოს 11.08.1989 წლის № 21158 დადგენილებით, საკავშირო მეცნიერებისა და ტექნიკის კომიტეტს დაევალა შავი ზღვის ეკოლოგიური დაცვის სახელმწიფო პროექტის დამუშავება. ეს დადგენილება ითვალისწინებდა გოგირდის გამოყენებას სახალხო მეურნეობის საჭიროებებისთვის. იმ დროისთვის სამეცნიერო-საწარმოო გაერთიანება „ეკონერგეტიკაში“ გაერთიანდა 30-მდე სხვადასხვა ორგანიზაცია, თანამშრომლობის წინადადებები შემოვიდა ბულგარეთიდან, უნგრეთიდან, ინდოეთიდან, იაპონიიდან, ამერიკის შეერთებული შტატებიდან (გაზეთი „ნოვოროსიისკის მუშა“, 18.12.1989).

ვარაუდობენ, რომ გოგირდწყალბადის წარმოქმნა შავი ზღვის ფსკერზე სულფატ-რედუქციის პროცესთანაა დაკავშირებული. თუმცა, შესაძლოა, რომ გოგირდწყალბადის ძირითადი წყარო ზღვის ფსკერიდან გეგირდწყალბადის დიდი რაოდენობით გამოყოფაა. რადგან 11 ატმოსფეროზე უფრო მაღალი წნევის პირობებში გოგირდწყალბადი თხევად მდგომარეობაშია და მოსალოდნელია, რომ შავი ზღვის გარკვეულ უბნებში (100 მეტრ სიღრმეზე ქვემოთ)) წყალთან ნარევის ქმნის. მნიშვნელოვანია, რომ გოგირდწყალბადის ზედა საზღვარი საკმაოდ მკვეთრად არის გამოხატული და ძირითადად 125-135 მ სიღრმეზე მდებარეობს.

მიუხედავად იმისა, რომ გოგირდწყალბადის წარმოქმნა უწყვეტად ხდება, უკანასკნელი საუკუნის განმავლობაში მისი გავრცელების ფენა პრაქტიკულად არ იცვლება. ეს უთუოდ იმაზე მიუთითებს, რომ შავ ზღვაში დამყარებულია დინამური წონასწორობა და უნდა არსებობდეს პროცესი, რომელიც ზღვის ზედა ფენებში გოგირდწყალბადის დაშლას იწვევს.

მნიშვნელოვანია, რომ გოგირდწყალბადის გამყოფი ფენის მდებარეობა იცვლება: ზამთრის პერიოდში ფენა მაღლა იწევს (დაახლოებით 40-50 მეტრით), ზაფხულში კი ის უფრო ღრმად მდებარეობს. შესაძლოა ეს დაკავშირებული იყოს გოგირდწყალბადის ფოტოდისოციაციასთან მზის სხივების ზემოქმედებით. ამდენად, სავარაუდოა, რომ გოგირდწყალბადის პრაქტიკული გამოყენებისთვის დიდი მნიშვნელობა ექნება გოგირდწყალბადის ფოტოდისოციაციის შესწავლას.

მკვეთრად გამოხატული ზედა საზღვრის არსებობა თავის მხრივ მეცნიერულ შესწავლას მოითხოვს. თუ ამ მკვეთრი საზღვრის არსებობა მხოლოდ წნევასთანაა დაკავშირებული (გოგირდწყალბადის თხევად

მდგომარეობაში გადასვლის მიზეზი), მაშინ ვერ აიხსნება ის ფაქტი, რომ ზაფხულობით ეს საზღვარი მეტ სიღრმეზე მდებარეობს, ვიდრე ზამთარში. ეს ფაქტი კი შესაძლოა მზის სხივების ზემოქმედებით აიხსნას, რაც ცალკე შესწავლის საგანი უნდა გახდეს.

სავარაუდოა, რომ გოგირდწყალბადის დაშლის ეკონომიურად ეფექტური გზა სწორედ ფოტოდისციაციაა. მაშინ ჩვენ შეგვიძლია მარტივი გზით (მზის სხივების გამოყენებით) მივიღოთ წყალბადის აირი ენერგეტიკისთვის და გოგირდის წარმოებისთვის. გოგირდწყალბადის ფოტოდისციაცია ეკოლოგიურად სუფთა პროცესია და სავარაუდოა, რომ შავ ზღვაში არსებული გოგირდწყალბადის გამოყენება მნიშვნელოვან როლს შეასრულებს როგორც საქართველოს ენერგეტიკული პრობლემების გადაწყვეტის საქმეში, ისე შავი ზღვის ეკოლოგიური პრობლემის მოგვარებაში.

პრობლემის გადაწყვეტა დაკავშირებულია გარკვეული სამეცნიერო-ტექნოლოგიური ხასიათის სამუშაოების ჩატარებასთან:

1. შესწავლილ უნდა იქნას გოგირდწყალბადის ფოტოქიმიური დისოციაციის შესაძლებლობები მზის სხივებისა და სხვა ფიზიკური და ქიმიური ზემოქმედების შედეგად.
2. ჩატარდეს ექსპერიმენტული კვლევები გოგირდწყალბადით გაჯერებულ შავი ზღვის წყალზე სინათლის ზემოქმედების ეფექტის შესწავლის მიზნით სხვადასხვა წნევის პირობებში.
3. დადგინდეს გოგირდწყალბადის გავრცელების ზონები შავი ზღვის აკვატორიაზე მისი საწარმოო მიზნებით გამოყენების თვალსაზრისით.

წინასწარი ექსპერიმენტული და თეორიული სამუშაოების ჩატარების შემდეგ შეიძლება დადგინდეს გოგირდწყალბადის ფოტოდისციაციის ეფექტურობა და წყალბადის (როგორც საწვავის) და სუფთა გოგირდის მიღების იაფი და ეკონომიური გზის დადგენა.

მნიშვნელოვანია, რომ რადგან წყალში გახსნილი გოგირდწყალბადი ჟანგბადი ადვილად შედის რეაქციაში წყალში გახსნილ ჟანგბადთან და სულფატებს წარმოქმნის, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს გოგირდწყალბადის კონცენტრაციას წყალში [1]. ამდენად, სიღრმეული წყლის ამოღების პროცესში, ისევე, როგორც მისი შენახვის დროს, სიღრმეული წყალი მთლიანად იზოლირებული უნდა იყოს ატმოსფეროს ჰაერის ზემოქმედებისაგან.

ცნობილია წყლის დისოციაციის მთელი რიგი მეთოდები: ქიმიური, თერმოქიმიური, ელექტროლიზური და სხვ., მაგრამ ყველა ეს მეთოდი ნაკლებად ეკონომიკური და არაპერსპექტიულია. ცნობილია, რომ შავი ზღვა წარმოადგენს გოგირდწყალბადის ყველაზე მსხვილ აუზს მსოფლიოში. თუმცა, ყველა ზემოთ ჩამოთვლილ მეთოდს ერთი დიდი ნაკლი აქვს: წყალბადის მიღების ტექნოლოგიურ პროცესში გამოიყენება მაღალპოტენციური ენერგია, რომლის მიღება თავის მხრივ დეფიციტური წიაღისეული სათბობის (ქვანახშირი, ბუნებრივი აირი, ნაეთობპროდუქტები) ან ჰიდრო- და ატომური ელექტროსადგურების მიერ გამოიმუშავებული ელექტროენერჯის მოხმარებას მოითხოვს. წყალბადის ამ გზით მიღება, ცხადია, ყოველთვის არაეკონომიური, ეკოლოგიურად სახიფათო და, შესაბამისად, არაპერსპექტიული იქნება.

მილიონობით წლების განმავლობაში შავი ზღვის უმდიდრესი ფლორა და ფაუნა დაიღუპა და ფსკერისკენ დაეშვა, ხოლო ბაქტერიების ზემოქმედებით წარმოიქმნა გოგირდწყალბადის ძალზე სქელი ფენა. თანდათან საზღვარმა სუფთა და გოგირდწყალბადით მდიდარ ფენებს შორის ზემოთ აიწია და დღეს მან 100–200 მ სიღრმეს მიაღწია.

1982 წლის აგვისტოში შავი ზღვის აღმოსავლეთ ნაწილში გოგირდწყალბადი 60 მ სიღრმეზე აღმოაჩინეს, თანაც „თაღის“ დიამეტრი 120 კმ-ს აღწევდა, თუმცა შემოდგომაზე საზღვარი 150 მ-მდე დაიწია. ვარაუდობენ, რომ ეს აწვევა ზღვის ფსკერზე მიწისძვრის შედეგად სიღრმეებიდან გოგირდწყალბადის დიდი რაოდენობით ამოსვლასთან იყო დაკავშირებული.

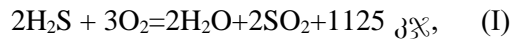
30 წლის წინათ პატარა აფრიკული ტბის რაიონში მომხდარმა მიწისძვრამ ტბიდან გოგირდწყალბადის ამოტყორცნა გამოიწვია. აირი ორი-სამი მეტრის სისქის ფენით ხმელეთზე გადაადგილდა და ცოცხალი არსებები მთლიანად გაანადგურა. ცნობილია ასევე 1927 წელს ყირიმში მომხდარი მიწისძვრის თვითმხილველთა ნაამბობის მიხედვით, ჭექა-ქუხილმა გოგირდწყალბადის აალება გამოიწვია – ზღვას ცეცხლი გაუჩნდა.

ამრიგად, შავ ზღვაში გოგირდწყალბადის არსებობა ზღვისპირა რეგიონის მოსახლეობისათვის, განსაკუთრებით კოლხეთის დაბლობის, სერიოზულ საფრთხეს წარმოადგენს. ცხადია, გოგირდწყალბადის ინტენსიური სამეურნეო წარმოება ამ საშიშროებას შეამცირებს.

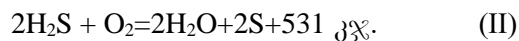
შავი ზღვიდან სიღრმული წყლების ამოღებით შესაძლებელია გოგირდწყალბადის საწვავი აირის ძალზე დიდი რაოდენობით მოპოვება და მისი

უშუალოდ გამოყენება თბოელექტროსადგურებში, თუმცა აუცილებელია წვის გოგირდშემცველი ნარჩენების სრულად გამოყენება ეკოლოგიური უსაფრთხოების დაცვის მიზნით.

ენერგეტიკული თვალსაზრისით (წვის სითბოს მიხედვით) 1 მ<sup>3</sup> გოგირდწყალბადი 1,49 მ<sup>3</sup> ბუნებრივი აირის ექვივალენტურია. ჰაერში გოგირდწყალბადი დაახლოებით 300 °C ააღდება და ჭარბი ჟანგბადის შემთხვევაში იწვის. წვა მიმდინარეობს შემდეგი რეაქციით:



ჟანგბადის ნაკლებობის დროს კი მიიღება გოგირდი და წყალი:



რადგან გოგირდის დიოქსიდი (SO<sub>2</sub>) ძალზე სახიფათო მომწამლავი აირია, (I) რეაქცია არასასურველია მიუხედავად იმისა, რომ წვის პროცესში თითქმის 2-ჯერ მეტი ენერჯია გამოიყოფა. შესაბამისად, ისეთი ტექნოლოგია უნდა შემუშავდეს, რომ წვის დროს მხოლოდ (II) რეაქცია წარიმართოს.

ცხადია, გოგირდწყალბადის საწვავად გამოყენება შესაძლებელია შესაბამისი ეკოლოგიური უსაფრთხოების სრული დაცვით და (II) რეაქციის გამოყენებით, თუმცა, გაცილებით მნიშვნელოვანია გოგირდწყალბადის დაშლა გოგირდად და წყალბადად, რადგან წყალბადის ენერგეტიკა დღეს ყველაზე პერსპექტიული, ეკონომიკური და ეკოლოგიურია.

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია, რომ წყალბადის დაწვით წყლის ორთქლი მიიღება. წყალბადის წონითი თბოუნარიანობა (28630 კკალ/კგ) 2,8-ჯერ აჭარბებს ბენზინის თბოუნარიანობას და სწორედ ამიტომ წყალბადმა შეიძლება შეცვალოს ნავთობი, ბუნებრივი აირი და ქვანახშირი და გახდეს მომავალი ენერგეტიკის საფუძველი.

მართალია, წყლის ელექტროლიზით მიღებული 1 კგ წყალბადის ფასი 20 დოლარს აღწევს, მაგრამ გოგირდწყალბადიდან წყალბადის მიღების სხვა მეთოდების დამუშავებას შეუძლია წყალბადის ღირებულება მნიშვნელოვნად შეამციროს. მაგალითად, დამუშავდა პლაზმური კატალიზის ტექნოლოგია, რომელმაც 1 კგ წყალბადის ფასი 1 დოლარამდე შეამცირა.

წყალბადის ღირებულების შემცირებას ხელს შეუწყობს სპეციალური ინფრასტრუქტურის აგება წყალბადის შენახვისა და გადატანის მიზნით. აშშ-ში მოქმედებს 750 კმ სიგრძის, ევროპაში კი 1500 კმ-მდე სიგრძის წყალბადგამტარი მიწები, რომელთა დიამეტრი 25–30 სმ-ია.



გამოთვლების თანახმად შავ ზღვაში გოგირდწყალბადის რაოდენობა 75 მლნ ტ-ს აღწევს. თითოეული ტონიდან კი 940 ათასი ტ სუფთა გოგირდისა და 60 ტ წყალბადის მიღება შეიძლება. ეს 250 ათასი ტ ნავთობის ექვივალენტურია. თანამედროვე ფასების მიხედვით 1 მილ. ტ გოგირდწყალბადის დაშლის შედეგად მიღებული პროდუქტების ფასი 100 მლნ აშშ დოლარს აღწევს.

წყალბადი უნიკალური ნივთიერებაა: მისი გამოყენება შესაძლებელია როგორც საწვავად, ისე რეაგენტად სხვადასხვა პროცესში – ქიმიური პროცესებიდან დაწყებული მეტალურგიული მრეწველობით დამთავრებული. მაგალითად, ქიმიურ მრეწველობაში წყალბადის 80 % ამიაკისა და მეთანოლის მისაღებად იხარჯება. ამდენად, არცაა გასაკვირი, რომ წყალბადის წარმოებამ წელიწადში 1,4 მლრდ მ<sup>3</sup>-ს მიაღწია. გასული საუკუნის 90-იან წლებში განვითარებულ ქვეყნებში წყალბადის 77%-ს ბუნებრივი აირიდან და ნავთობპროდუქტებიდან იღებდნენ, 18%-ს – ნახშირიდან, 4%-ს – წყლის დისოციაციის შედეგად, ხოლო 1%-ს – ბუნებრივი ნედლეულიდან.

დღის წესრიგში დადგა შავი ზღვის სიღრმული წყლებიდან გოგირდწყალბადის მიღებისა და მისი დაშლის შედეგად წყალბადის მიღების საინტერესო პერსპექტივა. ამჟამად 1 კგ წყალბადის მიღების ფასი გოგირდწყალბადის ელექტროლიზის გზით შეადგენს 20 აშშ დოლარს, რაც მის ფართო გამოყენებას შეუძლებელს ხდის. მდენად, აუცილებელია წყალბადის მიღების ახალი გზების ძიება.

აღსანიშნავია წყალბადის შემდეგი თვისებები:

1. წყალბადის დაწვის შედეგად მიიღება სუფთა წყალი;
2. წყალბადის თბოუნარიანობა (28630 კკალ/კგ) 2,8-ჯერ აღემატება ბენზინის თბოუნარიანობას;

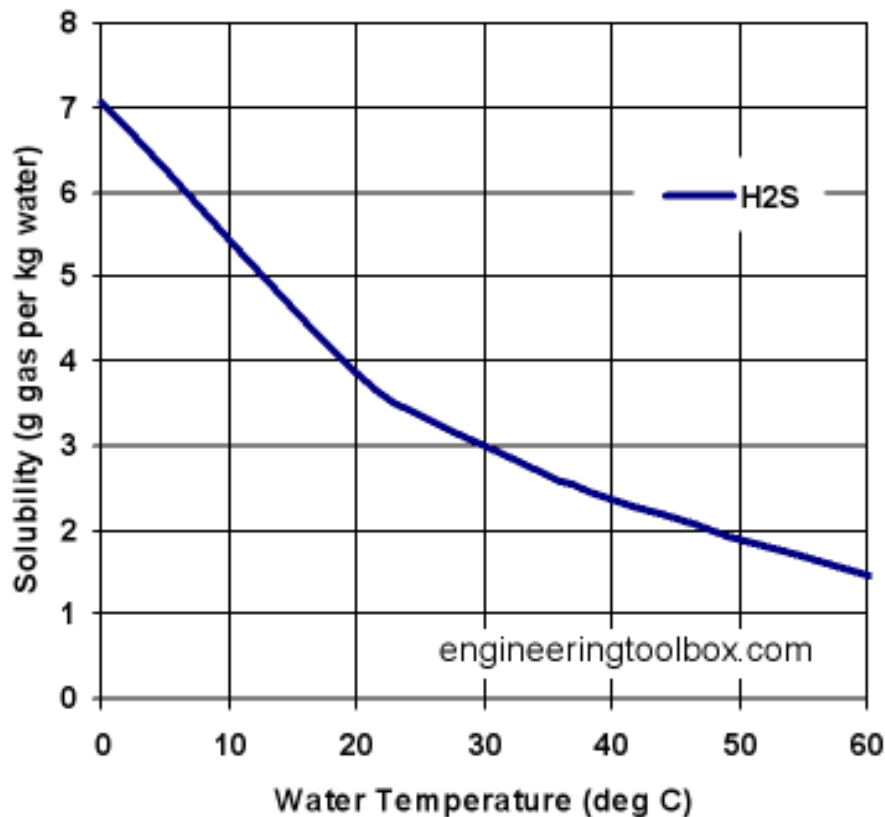
3. აალებისათვის საწირო ენერჯია 15-ჯერ ნაკლებია ბუნებრივ აირთან შედარებით.

4. ეკოლოგიურად სრულიად უსაფრთხოა მავნე ნივთიერებების გამოყოფის თვალსაზრისით.

ამრიგად, წყალბადი შეიძლება ეკოლოგიურად სუფთა უნივერსალურ საწვავად ჩაითვალოს, რომელსაც შეუძლია წარმატებით შეცვალოს ნახშირწყლებით მდიდარი საწვავი როგორც ტრანსპორტში, ისე სითბურ დანადგარებში.

დღეს ეკონომიკურად განვითარებული 48 ქვეყანა საკუთარი კანონმდებლობით მხარს უჭერს ენერჯის აღდგენად წყაროებს. ინვესტიციებმა ამ დარგში მხოლოდ 2005 წლის განმავლობაში 30 მლრდ დოლარს მიაღწია. ყველა ენერგობიექტის ჯამურმა სიმძლავრემ კი 200 000 მგვტ-ს, ანუ მსოფლიო ენერგეტიკული სექტორის 4,5%-ს მიაღწია. ამდენად, გოგირდწყალბადთან დაკავშირებულ ენერგეტიკას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს აღდგენადი, არატრადიციული ენერგეტიკის შემდგომი განვითარებისათვის.

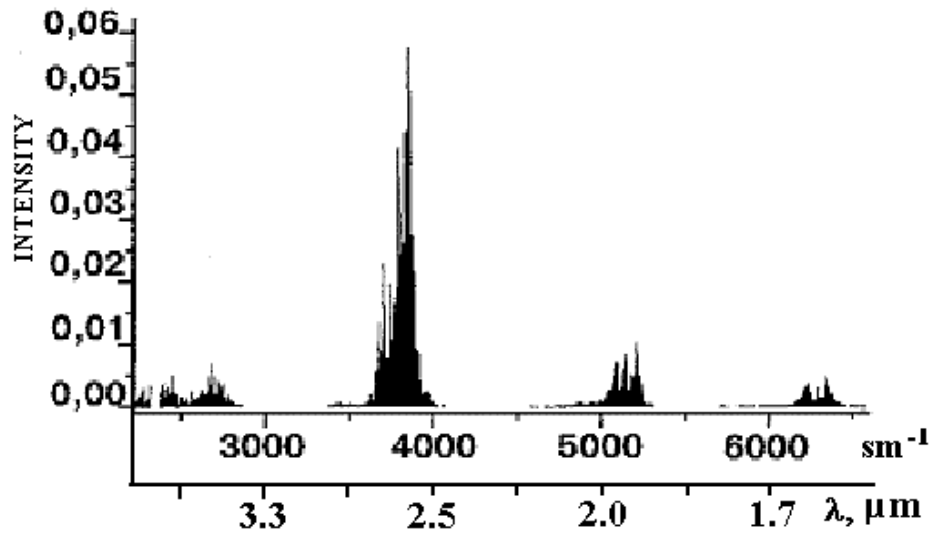
მნიშვნელოვანია, რომ გოგირდწყალბადის ხსნადობა წყალში მკვეთრად მცირდება წყლის ტემპერატურის გაზრდით (სურ.1). მაგალითად, თუ 10°C ტემპერატურაზე ხსნადობა დაახლოებით 55 გ/ლ-ზე, 20°C-ზე ხსნადობა კი 38 გ/ლ-ია, რაც იმას ნიშნავს, რომ სიღრმიდან ზედაპირამდე ამოღებული ყოველი ლიტრი გოგირდწყალბადიანი წყალი გზაში გათბობის შედეგად 17 გ გოგირდწყალბადს აირის სახით გამოჰყოფს.



სურ. 2. გოგირდწყალბადის წყალში ხსნადობის დამოკიდებულება წყლის ტემპერატურაზე.

სურათზე მოცემული გრაფიკის თანახმად, ყოველი ტონა წყლიდან მისი 10 °C-დან 20 °C-მდე გათბობისას აირის სახით გამოიყოფა დახლოებით 1.6 კილოგრამი გოგირდწყალბადი, რომლის დისოციაციის შედეგად მიიღება დაახლოებით 1.5 კილოგრამი გოგირდი და თითქმის 0.1 კგ წყალბადი. ამ რაოდენობის წყალბადის დაწვით კი მიიღება 2860 კკალ სითბოს რაოდენობა.

გოგირდწყალბადის ფოტოდისოციაციის მეთოდი დამყარებულია მის სპექტრში არსებულ შთანთქმის საზებზე, რომელიც მოთავსებულია 1.5-4 მკმ ტალღის სიგრძის დიაპაზონში. განსაკუთრებით გამოირჩევა შთანთქმის ზოლი მაქსიმუმით 2,6 მკმ ტალღის სიგრძეზე (სურ.2), რაც თერმულ დანადგარებში ადვილი მისაღებია.



სურ. 3. გოგირდწყალბადის შთანთქმის სპექტრი.

გოგირდწყალბადის ფოტოდისოციაციის მეთოდი გაცილებით ეფექტური იქნება ელექტროლიზის მეთოდთან შედარებით. ეს დაკავშირებულია ელექტროლიზის დანადგარების შექმნის დიდ სირთულეებთან და ძვირადღირებული ელექტროენერჯის გამოყენებასთან. სპეციალურ თერმულ რეაქტორში, რომელიც აღწერილია საპატენტო განაცხადში. თერმული რეაქტორი წარმოადგენს ინფრაწითელი სხივების წყაროს, რომლის ინტენსიობა იზრდება სპეციალური ამრეკლებით და ზრდის ფოტოდისოციაციის ეფექტურობას. მართალია, კონსტრუქციის გამოქვეყნება არ იქნება მიზანშეწონილი (ის დაცულია შესაბამისი პატენტით), თუმცა მეცნიერული ნაშრომების გამოქვეყნება გოგირდწყალბადის ფოტოდისოციაციის კვლევაზე საჭიროა.

ჩატარებული კვლევების შედეგად შეიქმნება საწარმოო დანადგარის მოდელი, განხორციელდება მისი ოპტიმიზაცია და დადგინდება წყალბადიდან ელექტრული ენერჯის მიღების ეკონომიური ეფექტურობა. ამასთანავე, მნიშვნელოვანია სუფთა გოგირდის მიღება და სიღრმულ წყლებში გახსნილი მძიმე მეტალების გამოყოფის შესაძლებლობა.

მეთოდის ეფექტურობა მკვეთრად გაიზრდება, თუ წყლის ამოღება ისეთ სიღრმეებიდან მოხდება, სადაც გოგირდწყალბადი თხევად მდგომარეობაში იმყოფება და წყალთან ნარევეს ქმნის.

რადგან ზღვის სიღრმეებში წყლის ტემპერატურა ზამთარსა და ზაფხულში დაახლოებით 8–9 °C-ია, გოგირდწყალბადიანი წყლის ამოღებით და 60 °C-მდე გათბობით ყოველი ლიტრი წყლიდან დაახლოებით 3 ლ აირივანი გოგირდწყალბადი გამოიყოფა.

მოსალოდნელია, რომ შავი ზღვის სიღრმეებში მაღალი წნევების გამო გოგირდწყალბადი თხევად მდგომარეობაშია და წყალთან ნარევეს ქმნის. შესაძლოა ფსკერის მახლობლობაში გოგირდწყალბადის ტბებიც კი იყოს, რაც მნიშვნელოვნად გაზრდიდა გოგირდწყალბადის მოპოვების ეფექტიანობას..

შავი ზღვის სიღრმეებიდან გოგირდწყალბადით მდიდარი წყლის ამოღების პრობლემის გადაწყვეტით დაინტერესებულია შავი ზღვისპირა ყველა ქვეყანა. წყლის ამოღების პროცესი გართულებულია ამოღებისას წყლიდან გოგირდწყალბადის ნაწილის გამოყოფის გამო (წარმოიქმნება აირის ბუშტები, რაც წყლის ტუმბოების მუშაობას აფერხებს). მაქსიმალური სიღრმე, საიდანაც 2003 წელს ამერიკელებმა სპეციალური ჭურჭლით წყალი ამოიღეს, შეადგენს 1350 მეტრს. ჩვენი პროექტის მიზანია ნებისმიერი სიღრმიდან შავი ზღვის წყლის ამოღების მარტივი მეთოდის შექმნა და აპრობაცია.

ცნობილია შავი ზღვის სიღრმული წყლების ამოღების რამდენიმე მეთოდი გოგირდწყალბადის შემდგომი დაწვის მიზნით. შედეგად მიიღება გოგირდწყალბადის მჟავა და სითბური ენერჯია.

აღნიშნული მეთოდების ნაკლია გოგირდწყალბადის წყლიდან გამოყოფის დანადგარის სირთულე და არაეკონომიურობა, რაც მაღალ-ვოლტიანი ელექტრონიკის გამოყენების აუცილებლობასთანაა დაკავშირებული. ამასთანავე, ამოღების პროცესში გოგირდწყალბადის შემცველი წყალი ატმოსფეროსთან უშუალო შეხებაშია, ხოლო გოგირდწყალბადის დაწვით მიიღება გოგირდის მჟავა, რაც ეკოლოგიურ პრობლემასთანაა დაკავშირებული.

სიღრმული წყლის ამღების მეთოდებიდან ყურადღებას იმსახურებს ი.ვარსავესკის მეთოდი [2] რომელიც შეიცავს ზედაპირზე გოგირდწყალბადის შემცველ წყლის ამოღებას, მისგან გოგირდწყალბადის გამოყოფას და მის შემდგომ ელემენტებად დაყოფას.

მეთოდის ნაკლია გოგირდწყალბადით მდიდარი წყლის უშუალო შეხება ატმოსფეროს ჰაერთან და დაშლისთვის ელექტროლიზერის გამოყენების აუცილებლობა, რაც ელექტროენერჯის დიდ დანახარჯებს იწვევს.

**ამრიგად, სამუშაოს მიზანია ბუნებრივი წყალსაცავებიდან გოგირდწყალბადით მდიდარი წყლის ჰაერთან კონტაქტის გარეშე ამოღება და მისი წყლიდან გამოყოფა და მისი შემდგომი დაშლა მზის ენერჯის გამოყენებით, წყალბადის, სუფთა გოგირდისა და მძიმე მეტალებისა და მინერალებით მდიდარი წყლის მისაღებად.**

დამუშავებულია რამდენიმე მეთოდი, რომელიც უზრუნველყოფს სიღრმული წყლის ეფექტურ ამოღებას ნებისმიერი სიღრმიდან.

სურ.3-ზე ნახვენებია სიღრმული წყლის ამოღების უმარტივესი სქემა, რომელიც გამოყენებული იყო ჩვენს მიერ 2010 წელს ბათუმის აკვატორიაში 200 მ სიღრმიდან წყლის ამოსაღებად. ჩატარებულმა ექსპერიმენტებმა დაადგინეს მეთოდის ეფექტურობა, რომლის უპირატესობები დადასტურებულია საქართველოს პატენტით [3].

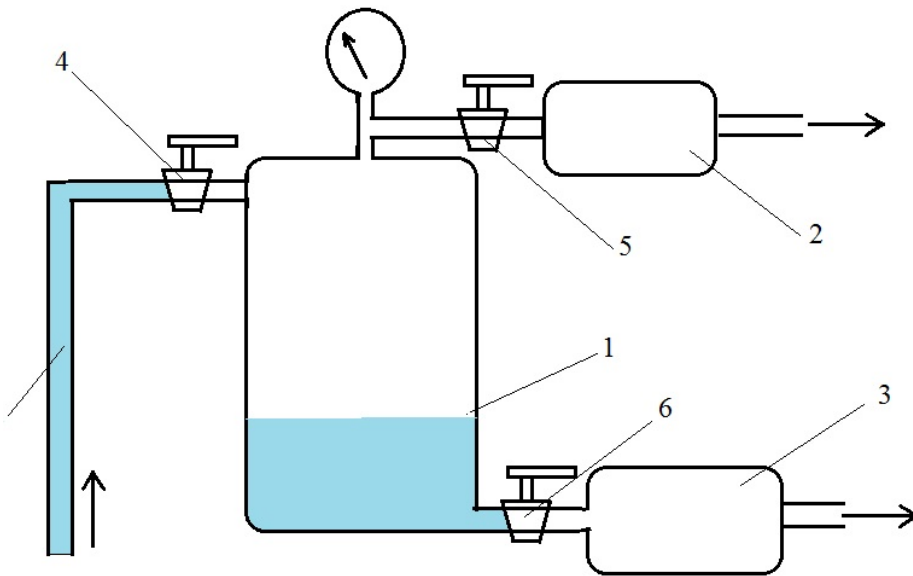
აღნიშნულ მეთოდში სიღრმული წყლის ამოღება განხორციელდა წყლის ტუმბოს გამოყენების გარეშე ჭურჭელში არსებული წყლისა და ზღვის დონეთა შორის სხვაობის მიღწევით, რაც საჭირო წნევათა სხვაობას ქმნის, რათა ნებისმიერი სიღრმიდან ამოღებულ იქნას გოგირდწყალბადის შემცველი წყალი. მნიშვნელოვანია, რომ ამ მეთოდით შესაძლებელია, რომ დანადგარი მდებარეობდეს ზღვის ნაპირთან უშუალო სიახლოვეს, ხოლო ზღვის სიღრმეებისკენ წყლის გამტარი ნებისმიერი დრეკადი მილსადენი ჩაშვებული იყოს იმ სიღრმემდე, საიდანაც საჭიროა წყლის ამოღება. აღსანიშნავია, რომ ნებისმიერ სიღრმეზე, მიუხედავად იქ არსებული ძალზე მაღალი წნევებისა, წნევა მილსადენის შიდა და გარე ნაწილში გაწონასწორებული იქნება და ის მხოლოდ მილსადენის კედლის დაპრესვას გამოიწვევს. ამდენად, წყლის ამოსაღებად ნებისმიერი ნივთიერების დრეკადი მილი შეიძლება გამოვიყენოთ.

შემდგომ აღნიშნული მეთოდი გაუმჯობესდა და მიღწეული იქნა სიდრმული წყლის სრული იზოლაცია ატმოსფეროს ჰაერთან. ამ მიზნით გამოყენებული იქნა დანადგარი, რომელიც მოცემულია სურ. 3-ზე.



სურ.3. სიდრმული წყლის ამოღების დანადგარი.

დანადგარის მუშაობის პრინციპული სქემა მოცემულია ნახ.4-ზე



ნახ. 4. სიდრმული წყლის ამოღების დანადგარის სქემა.

დანადგარი შესდგება მანომეტრიანი ჭურჭელისაგან (1), ჰაერის ვაკუუმური ტუმბოსგან (2), წყლის ტუმბოსგან (3) და ონკანიანი მილებისგან. დანადგარი მუშაობს შემდეგნაირად:

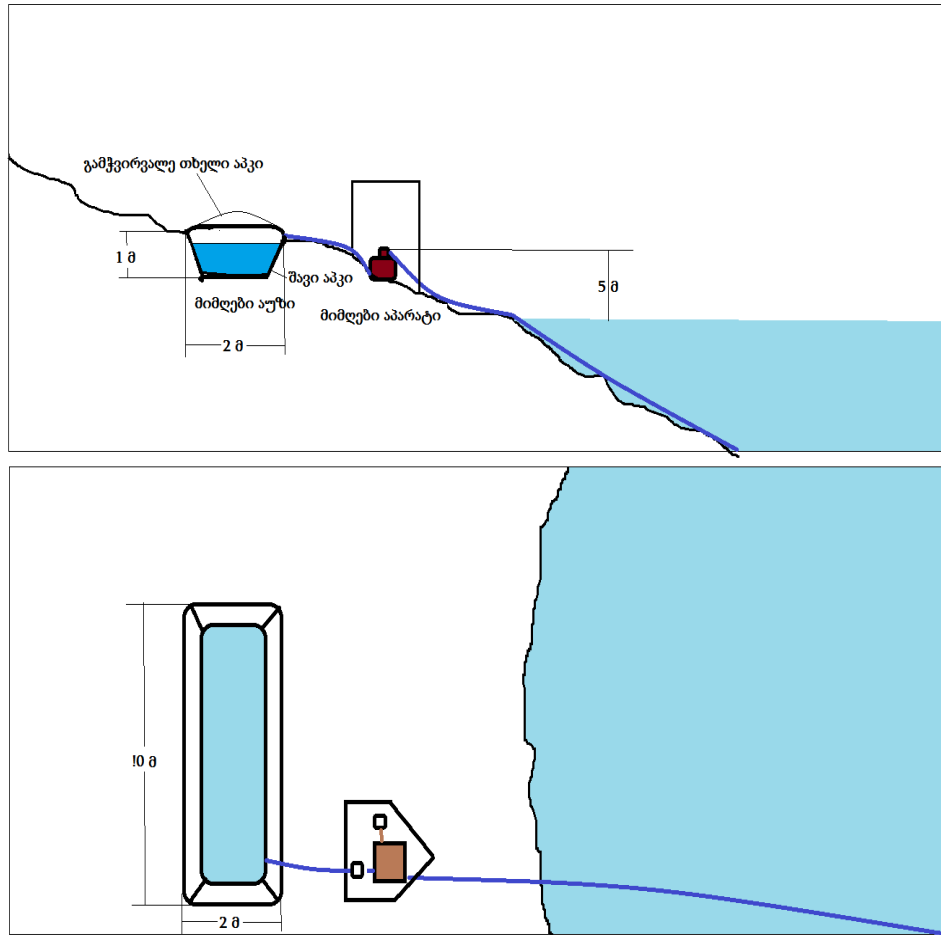
დასაწყისში წყლის ონკანები (4) და (6) დაკეტილია, იხსნება ჰაერის ონკანი (5) და ჰაერის ტუმბოს (2) დახმარებით ჭურჭელი (1)-დან მაქსიმალურად ამოიტუმბება ჭურჭელში არსებული ჰაერი. მოტუმბვის შემდეგ იკეტება ჰაერის ონკანი (5) და იხსნება სიღრმულ წყლებთან დამაკავშირებელი ონკანი (4). შედეგად, ზღვიდან ამოსული სიღრმული წყალი მილი (7)-დან გადადის მიმღებ ჭურჭელში (1) ისე, რომ მას ჰაერთან შეხება არა აქვს. ჭყლის ამოსვლას განაპირობებს წნევათა სხვაობა ზღვის ზედაპირსა და ჭურჭელს შორის.

ჭურჭელში წყლის შესვლასთან ერთად, წყლის ნაწილობრივი აორთქლების გამო, თანდათან მცირდება წნევათა სხვაობა და შესაბამისად მცირდება წყლის ნაკადი მილიდან (7). შემცირების პროცესს ვაკეირდებით მანომეტრით. წყლის ნაკადის გაზრდის მიზნით იხსნება წყლის (6) ან ჰაერის (5) ონკანები. ამ ონკანებით მიიღწევა ჰაერის საჭირო წნევა ჭურჭელში (დაახლოებით 0,4-0,5 ატმ). დანადგარზე მიღებულია შესაბამისი პატენტი [3].

მნიშვნელოვანია, რომ ჭურჭელში წყლს აორთქლება ამცირებს მასშტის არსებული წყლის ტემპერატურას, რაც ხელს უშლის გოგირდწყალბადის წყლიდან გამოყოფას. შასურველია, რომ ჭურჭელში წყლის ტემპერატურა არ აღემატებოდეს ზღვის სიღრმეში არსებულ ტემპერატურას. საჭიროების შემთხვევაში ჭურჭელი (1) გარედან უნდა გაცივდეს.

ჭურჭელიდან ტუმბო (3)-ით გამოდევნილი წყალი ინახება სპეციალურ ცვლადი მოცულობის ჭურჭელში, რომელზეც მიღებულია პატენტი [4]. ჭურჭლის შიდა მოვულობა ცვლადია და დასაწყისში მისგან ჰაერია ამოტუმბული. მდენად, ამ ცვლად მოცულობას მხოლოდ სიღრმული წყალი ავსებს.

დანადგარი გოგირდწყალბადით მდიდარი წყლის ზღვის ნაპირიდან ამოღების შესაძლებლობას გვაძლევს სურ. 5-ზე მოცემული სქემით. ამ შემთხვევაში მიმღები დანადგარი განთავსდება ზღვის ნაპირზე და გრზელი მილით დაუკავშირდება ზღვის იმ ადგილს, სადაც გოგირდწყალბადით მდიდარი ზღვის წყალია. ამ შემთხვევაშიც დანადგარის მუშაობის პრინციპი იგივეა, თუმცა ცვლადი მოცულობის ჭურჭელი წარმოადგენს სპეციალურად მოწყობილ ავზს, რომლის ცვლად ნაწილში სიღრმული წყლის არდა გროვდება გოგირდწყალბადის აირი და წყლის ორთქლი. მათ ჰაერთან შეხება არა აქვთ



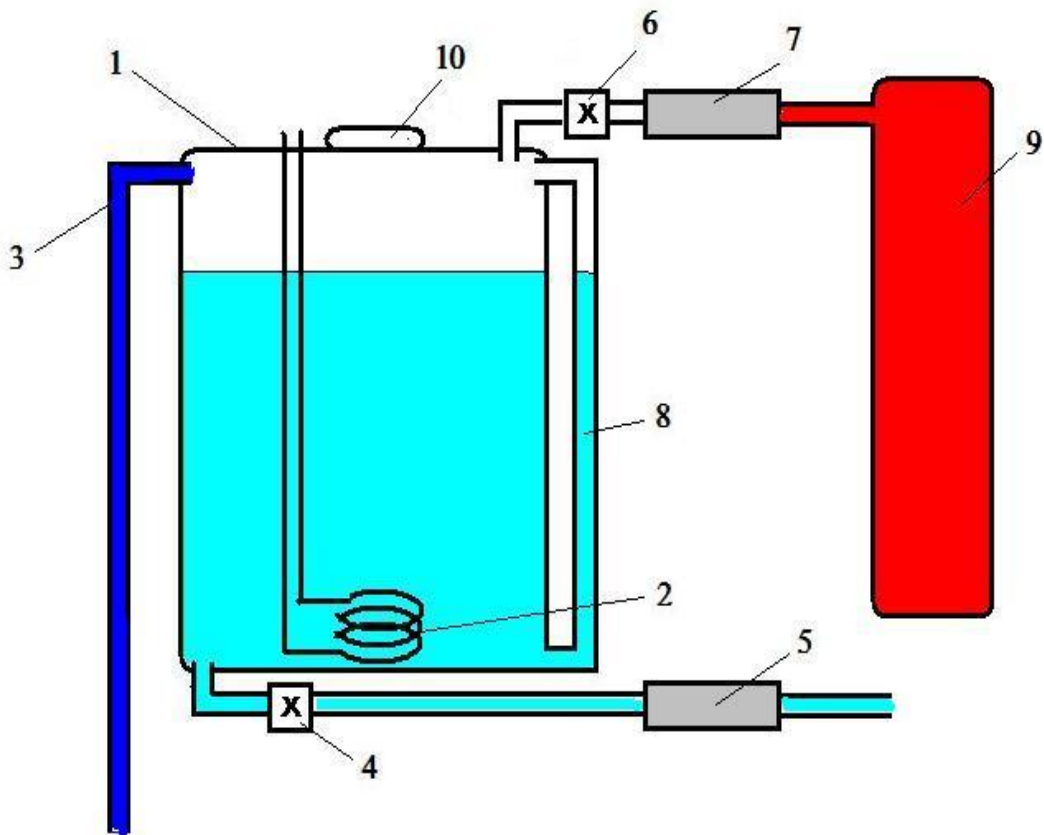
სურ. 5. სიღრმული გოგირდწყალბადის შემცველი წყლის ამოღების, მისგან გოგირდწყალბადის გამოყოფისა და შემდგომი დაშლის დანადგარის სქემა.

ცნობილია, რომ შავი ზღვის წყლის მასას ყოველწლიურად ემატება გოგირდწყალბადის რაოდენობა, რომელიც 9,5 მილიონ ტონას აღწევს. რადგან საუკუნის განმავლობაში გოგირდწყალბადიანი წყლისა და გოგირდწყალბადისაგან სუფთა წყლის გამოფი ფენა მნიშვნელოვნად არ იცვლება, უნდა არსებობდეს მექანიზმი, რომელიც გოგირდწყალბადის წლიურ ნამატს აკომპენსირებს. თუ მხედველობაში მივიღებთ იმ ექსპერიმენტულ ფაქტს, რომ გოგირდწყალბადის ფენა მაქსიმალურ სიმაღლეზე გაზაფხულზე ამოდის, ხოლო შემოდგომაზე ფენა მაქსიმალურად დაბლა ეშვება, უნდა ვივარაუდოთ, რომ დონის მდებარეობის ცვლილება მზის სხივების ინტენსივობით და დღის ხანგრძლივობით განისაზღვრება



ამრიგად სავარაუდოა, რომ შავ ზღვაში საუკუნოვანი წონასწორობა გოგირდწყალბადიან წყალსა და გოგირდწყალბადისაგან თავისუფალ ზედა ფენის წყალს შორის გადამწყვეტ როლს ასრულებს მზის სხივებით გამოწვეული გოგირდწყალბადის ფოტოლისოციაცია წყალში.

ჩვენს მიერ დამუშავებული სიდრმული წყლის ამოღების მეორე მეთოდი ეყრდნობა ჰერმეტიკულად დახშულ ჭურჭელში ატმოსფერულ წნევასთან შედარებით უფრო დაბალი წნევის მიღებაზე, რაც ასევე უზრუნველყოფს წყლის ნებისმიერი სიდრმიდან ამოღების შესაძლებლობას (სურ. 6).



სურ. 6. სიდრმული წყლის ამოღების მე-2-ე მეთოდი.

აღნიშნულ მეთოდში ჰერმეტიკულ ჭურჭელში (1) დაბალი წნევა მიიღება კომპრესორით (7), რაც აიძულებს სიდრმულ წყალს მილსადენი (3)-ით შევიდეს ჭურჭელში. წურჭელში მოთავსებულია გამახურებელი (2), რაც აცხელებს გოგირდწყალბადის შემცველ წყალს, რის შედეგადაც წყლიდან გოგირდწყალბადის აირი გამოიყოფა. გოგირდწყალბადისაგან გამონთავისუფლებული

წყალი ჭურჭლიდან წყლის ტუმბო (5)-ით სპეციალურ შემკრებ ავზში გადადის. რადგან გოგირდწყალბადი 10 ატმოსფეროს ზევით თხევად მდგომარეობაში გადადის, გოგირდწყალბადის მიმღებ ჭურჭელში (9) გოგირდწყალბადის აირის საჭირო წნევა კომპესორის (7) დახმარებით მიიღება.

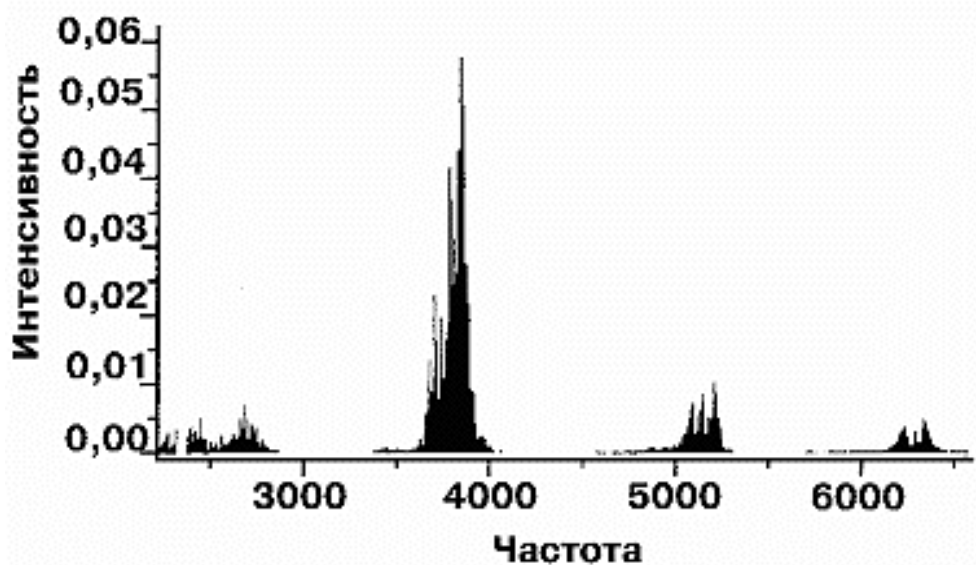
აღნიშნული მეთოდის უპირატესობა იმაში მდგომარეობს, რომ წყლის ამოღება და მისგან გოგირდწყალბადის გამოყოფა ერთი დანადგარით ხდება. აღნიშნული დანადგარი მოცემულია ნახ. 6-ზე.

როგორც აღნიშნეთ, ჩვენს მიერ წარმოდგენილი წყალბადისა და გოგირდის მიღების მეთოდი ემყარება მზის სინათლით გოგირდწყალბადის ფოტოლისოციაციას, რაც განსაკუთრებით ეფექტურია ზაფხულის პერიოდში და განაპირობებს წყალბადისა სუფთა გოგირდის მიღების მაღალ ეკონომიკურ ეფექტურობას.

ამასთანავე, წარმოდგენილ მეთოდში გამოყენებულია წყალსაცავის სიღრმეებიდან გოგირდწყალბადისა და წყლის ნარევის ამოტუმბვის მეთოდი, დაფუძნებული ჰერმეტიკულ ჭურჭელში აირთა ნარევის წნევის შემცირებით.

ჩვენს მიერ დამუშავებულია გოგირდწყალბადიანი წყლის ამოღების ახალი მეთოდი, რომელიც ჩვენს მიერ დაპატენტებულია [3] აღნიშნული მეთოდით ამოღება შესაძლებელია ნებისმიერი სიღრმიდან და არ საჭიროებს წყლის ტუმბოს გამოყენებას. წყლის ტუმბო გამოიყენება მხოლოდ გოგირდწყალბადისაგან განთავისუფლებული წყლის ზღვაში დასაბრუნებლად ან სახვა წყალსაცავის შესაქმნელად.

აღსანიშნავია, რომ მაქსიმალური სიღრმეებიდან წყლის ამოღება და მისი ქიმიური ანალიზი შესაძლებლობას იძლევა დადგინდეს გოგირდწყალბადის კონცენტრაციის ცვლილება სიღრმის მიხედვით, რაც ჯერ-ჯერობით სათანადო სიზუსტით არ არის დადგენილი. აღნიშნული სამუშაოები ჩატარდება ფირმა „გამმაში“ და შედეგად დადგინდება ოპტიმალური სიღრმე, საიდანაც უნდა იქნას ამოღებული გოგირდწყალბადი მისი შემდგომი დისოციაციისა და ენერგეტიკაში წყალბადის გამოყენების მიზნით. გოგირდწყალბადის მოლეკულის შთანთქმის სპექტრი გვიჩვენებს ინტენსიურ შთანთქმას ინფრაწითელ უბანში, განსაკუთრებით  $4000 \text{ სმ}^{-1}$  სიხშირეზე (სურ. 7). ამდენად, გოგირდწყალბადის ფოტოლისოციაციის მეთოდი შეიძლება გამოყენებულ იქნას სუფთა გოგირდისა და წყალბადის მისაღებად.



სურ. 7. გოგირდწყალბადის მოლეკულის შთანთქმის სპექტრი.

გოგირდწყალბადის წყლიდან გამოყოფის შემდეგ დაიწყო ექსპერიმენტებო გოგირდწყალბადის ფოტოდისოციაციის შესაწავლად ფირმა „გამმას“ ქიმიურ ლაბორატორიაში. ამასთანავე მოსალოდნელია, რომ წყალი შეიცავს არა მარტო ბიოლოგებისთვის საინტერესო ბაქტერიებს, არამედ მრავალ მძიმე მეტალს, რომელიც დიდ სიღრმეებზე იღეკება და შესაძლოა დადგეს მათი წყლიდან გამოყოფის აუცილებლობა

უნდა აღინიშნოს, რომ ჩვენს მიერ მიღებულ პატენტში [4] შემოთავაზებულია დისოციაციის ფოტონური დაშლის მექანიზმი სპეციალური თერმული ღუმელის გამოყენებით, სადაც რეალიზებული იქნება ვერტიკალური ტემპერატურული გრადიენტი და გამახურებლის მიერ გამოსხივებული ინფრაწითელი გამოსხივების შემკრები. მოსალოდნელია ნაწილობრივ მზის ენერჯის გამოყენება.

აღსანიშნავია გოგირდწყალბადის მოლეკულის დისოციაციის ენერჯის მცირე სიდიდე (წყლის მოლეკულისგან განსხვავებით), რაც მზის სხივებით ფოტოდისოციაციის შესაძლებლობას განაპირობებს. გასათვალისწინებელია გოგირდწყალბადის დაბალი ხსნადობა წყალში მაღალ ტემპერატურებზე.

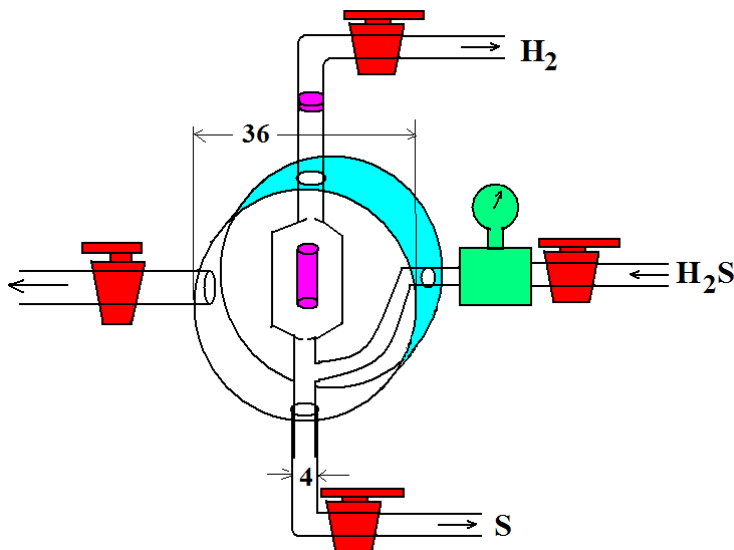
გოგირდი ჩვეულებრივ ტემპერატურებზე მყარი კრისტალური ყვითელი ფერის ნივთიერებაა, რომელიც 400°C-ზე თხევადია, ხოლო 444,6°C დუღს. გოგირდი წყალში ცუდად იხსნება.

2010 წლის სექტემბერში ბათუმის აკვატორიაში აღნიშნული დანადგარით ამოღებული იქნა ზღვის წყალი 200 მ სიღრმიდან. ყოველ ლიტრ წყალში 0.15 მკ გოგირდწყალბადი აღმოჩნდა. ეს პირველი შედეგია, რომელიც მომავალი ექსპერიმენტებით უნდა შეივსოს. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია გოგირდწყალბადის რაოდენობის დადგენა სხვადასხვა სიღრმეებზე.

ხელმოწერილია მემორანდუმი ბათუმის საზღვაო აკადემიასთან ერთობლივი სამუშაოების ჩატარების მიზნით.

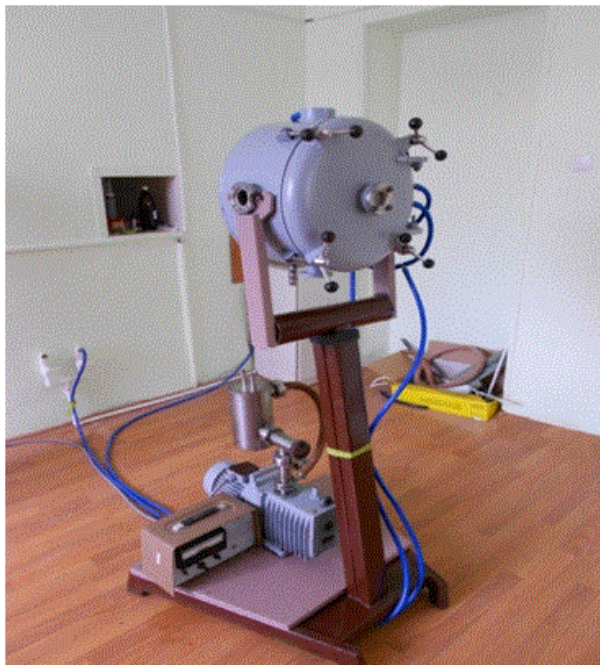
როგორც მეცნიერული, ისე პრაქტიკული გამოყენების თვალსაზრისით დიდი მნიშვნელობა აქვს სპეციალური ჰერმეტიული კამერის შექმნას გოგირდწყალბადის მაღალეფექტური ფოტოიონიზაციის მიზნით. ფოტოლისოციაციის ეფექტურობის გაზრდა შეიძლება მიღწეულ იქნას ინფრაწითელი გამოსხივების რეზონატორის შექმნით და გოგირდწყალბადის აირის წნევის მნიშვნელოვანი გაზრდით. რადგან გოგირდწყალბადის აირი 10 ატმოსფერულზე მეტ წნევაზე თხევად მდგომარეობაში გადადის, საჭიროა შეიქმნას სპეციალური საკანი, სადაც უზრუნველყოფილი იქნება 10 ატმოსფერომდე აირის წნევა აბსოლუტურად ჰერმეტიულ ჭურჭელში (რადგან გოგირდწყალბადის აირი უაღრესად მომწამლავი ნივთიერებაა).

ამჟამად მიმდინარეობს ასეთი საკანის შექმნა და მისი გამოცდა. დანადგარის პრინციპიალური სქემა მოცემულია ნახ.8-ზე



ნახ. 8. გოგირდწყალბადის ფოტოლისოციაციის დანადგარის პრინციპიალური სქემა.

დანადგარი წარმოადგენს მკერავ კორპუსს (1), რომელშიც მოთავსებულია ინფრაწითელი გამოსხივების წყარო (4), ოპტიკურ რეზონატორს (2) და დამცავ კორპუსს (6). დანადგარში შედის მილით (11) აიროვანი გოგირდწყალბადი (წყლის ორთქლთან ერთად), ხვდება რეზონატორის არეში და იშლება გოგირდად და წყალბადად. ჭყალბადი სპეციალური ფილტრის (5) გავლით გადადის გარე საკანში (6) და ტუმბო (8)-ს დახმარებით გადადის წყალბადის შემკრებში. დისოციაციის შედეგად მიღებული გოგირდი მილით (17) გამოდის გოგირდის შემკრებ ავზში. მნიშვნელოვანია, რომ ფოტოდისოციაციის საკანში არსებული ტემპერატურული გრადიენტის გამო, გოგირდი აიროვანი მდგომარეობიდან გადადის თხევად მდგომარეობაში. ანადგარზე მიღებულია „საკპატენტის“ დადებითი დასკვნა. ამჟამად მიმდინარეობს ექსპერიმენტული დანადგარის შექმნა, რომელიც ნაჩვენებია ნახ.9-ზე:



სურ. 9. გოგირდწყალბადის ფოტოდისოციაციის დანადგარი

გოგირდწყალბადით მდიდარი წყლის ამომღები დანადგარი არის ბათუმის სახელმწიფო საზღვაო აკადემიაში, ხოლო გოგირდწყალბადის ფოტოდისოციაციის დანადგარი იმყოფება სოხუმის ფიზიკო-ტექნიკურ ინსტიტუტში.

მიმდინარე წლის აგვისტოში ბათუმში ჩატარდა ორი ექსპედიცია გოგირდწყალბადით მდიდარი სიღრმული წყლის ამოსაღებად. 18 აგვისტოს ზღვაში გასვლა წარუმატებელი იყო (თევზსაჭერი სეინერის ძრავა გადახურდა დაუკან საბუქსირი გემით დაებრუნდით), 21 აგვისტოს კი ექსპედიცია წარმატებით დამთავრდა.

სიღრმული წყლის ამოღების რეგიონი ავირჩიეთ მწვანე კონცხი-ქობულეთი-ჩაქვი, რადგან შპმდგომ ნაპირიდან გოგირდწყალბადის ამოღებისთვის სწორედ ამ რეგიონშია ნაპირთან ახლოს 10-16კმ-ის ფარგლებში) დიდი სიღრმეები (400-600 მ). ექსპედიცია მიმდინარეობდა 8 საათის განმავლობაში

სეინერის საწყისი მდებარეობა სიღრმული წყლის ამოსაღებად იყო:

41°46'100" W; 41°32'620" (მწვანე კონცხის გასწვრივ).

შავ ზღვაში არსებული ძლიერი დინებების გამო წყლის ამტუმბვის დასაწყისისთვის გემის კოორდინატები გახდა:

41°46'100" W; 41°32'620".

ამოტუმბვის დამთავრებისას:

41°48'568" W; 41°36'334".

ამრიგად, წყლის ამოღების პროცესში გემი 4-5 კმ-ით კილომეტრით გადაადგილდა. იუხედავად ამისა, წყლის შემადგენლობის ცვლილება არ მომხდარა, რადგან ჩაშვებულ მილში წყლის განაწილება სიღრმეების მიხედვით განპირობებულია სიღრმული წყლით, რომელიც მილის ჩაშვების დროს იყო და მილის შემდგომი გადაადგილება მილში უკვე შესულ წყალზე გავლენას არ მოახდენდა. აღსანიშნავია, რომ წყლის შემადგენლობაზე გავლენას არც ჰორიზონტისადმი მილის დახრილობის კუთხეც ზეგავლენას არ ახდენს.

ზღვაში ჩავუშვით 1 დუიმის დიამეტრისა და 600 მ სიგრძის მქონე მილი. ექსპედიციამ შემდეგი საყურადღებო შედეგი მოგვცა:

1. ზღვის წყლის ამოღების სიჩქარემ 600 ვ მილის შემთხვევაში შეადგინა 0,3-0,4 ლიტ./წთ. მაშინ, როდესაც ნაპირზე ჩატარებული ცდების მონაცემებით 10 მ სიგრძის მილით წყლის ამოღების სიჩქარე იყო 4-5 ლიტ./წთ. ეს მიუთითებს მილში წყლის გავლის წინააღმდეგობას და უფრო დიდი დიამეტრის (2-5 დუიმი) გამოყენების აუცილებლობას, განსაკუთრებით სიღრმის გაზრდისას.
2. წყლის ამოღების პროცესში სიღრმულ წყალს არა აქვს ატმოსფეროს ჰაერთან შეხება და საჭიროა ტურტლებში გადასხმისას და წყლის

შენახვის დროს წყალი ჰაერის ჟანგბადის ზემოქმედებისაგან მაქსიმალურად დავიცვათ, რათა ჟანგბადი რეაქციაში არ შევიდეს წყალში არსებულ გოგირდწყალბადთან.

ძალზე მნიშვნელოვანია, რომ გარდა გოგირდწყალბადისა, შავი ზღვის ფსკერზე აღმოჩენდა მეთანი, რომელიც ორგანული მატერიის დაშლის შედეგია. ზღვის სიღრმეებიდან ამოღებული გაზოჰიდრატები ყინულის ნატეხებს გვაგონებს, რომლის შიგნით 98 %-მდე მეთანია.

გაზოჰიდრატი თავისებური ყინულია, რომლის შესაქმნელად ყინვა არაა აუცილებელი. ისინი იქმნება გარკვეული წნევისა და ტემპერატურის პირობებში, სწორედ ისეთი, როგორც შავი ზღვის ფსკერზეა 700 მეტრ სიღრმეზე. მის შემადგენლობაში შედის ყინულში ჩაჭერილი მეთანი. ისი გამონთავისების გზით ერთი კუბომეტრი „თბილი ყინულიდან“ 200 კუბომეტრი მეთანი გამოიყოფა. ის, რომ ბუნებრივმა გაზმა შეიძლება წყალში შექმნას მყარი შენაერთები – ჰიდრატები, კარგად არის ცნობილი. გარეგნულად და ფიზიკური თვისებებით ისინი ძალზე ჩამოჰგავს ყინულს. აღმოჩნდა, რომ გაზოჰიდრატების ელემენტარული უჯრედების კრისტალური მესერები წარმოადგენს გეომეტრიულ ფიგურებს – დოდეკაედრებს და პოლიედრებს. მათი ჩონჩხი შედგენილია წყლის მოლეკულებისაგან. ამ 6 წყლის მოლეკულისაგან შედგენილი ჩონჩხის შიგნით მოთავსებულია გაზის ერთი მოლეკულა.

დადგენილია, რომ მეთანის ჰიდრატი, როგორც წესი, დიდი რაოდენობით შეიცავს ნახშირბადს. კვლევებმა აჩვენეს, რომ მეთანის ჰიდრატი, რომელიც არის ზღვის დონის პირველ 600 მეტრიან შრეში, მოიცავს 10 მილიონი წლის გეოლოგიურ პერიოდს. ამ შრეში ორჯერ მეტი ნახშირბადია, ვიდრე 6000 მეტრ სიღრმეზე მდებარე ტრადიციულ წყაროებშია, რომელის გეოლოგიური ასაკი 500 მილიონ წელს შეადგენს.

## დასკვნა.

შავი ზღვის გოგირდწყალბადიდან წყალბადის მიღების იაფი მეთოდი მნიშვნელოვნად გააუმჯობესებს არა მარტო ქვეყნის ეკოლოგიურ გარემოს, არამედ შექმნის ენერგეტიკის ახალ წყაროს, რაც ეკონომიკის აღმავლობისთვის ძალზე საჭიროა. ეკონომიური ეფექტი მიიღება აგრეთვე სუფთა გოგირდის

რეალიზაციის შედეგად და მიიმე მეტალებით მდიდარი სიდრმული წყლებიდან გამოყოფილი მეტალების მსოფლიო ბაზარზე რეალიზაციის შედეგად. მხოლოდ სუფთა გოგირდის ფასი მსოფლიო ბაზარზე აღწევს 50 აშშ დოლარს, ხოლო წყალბადის, როგორც საწვავის ფასი მნიშვნელოვნად გადააჭარბებს შესაბამისი თბოუნარიანობის მქონე მოცულობის ნავთობის ღირებულებას.

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია, რომ წყალბადის დაწვის შედეგად მიიღება წყლის ორთქლი. ამრიგად, წყალბადის საწვავად გამოყენებისას გამორიცხულია ატმოსფეროს დაბინძურება მომწამვლელი ნივთიერებებით (ავტომობილის ძრავა გამოჰყოფს 45 ტოქსიკურ ნივთიერებას (მათ შორის კანცეროგენულსაც), გამორიცხულია წყალბადის დაგროვება ატმოსფეროში და სხვა. წყალბადის წონითი თბოუნარიანობა (28630 კკალ/კგ) 2.8-ჯერ აღემატება ბენზინის ანალოგიურ მაჩვენებელს. ყველაფერი ეს წყალბადს შეუძლია შეცვალოს ბენზინი, ნავთობი, ბუნებრივი გაზი, ქვანახშირი და გახდეს მომავალი ენერგეტიკის საფუძველი.

მნიშვნელოვანია, რომ სიდრმული წყლის ამოღებისა და მისი გადამუშავებისა და შენახვის მთელი პროცესის განმავლობაში სიდრმული წყალი მთლიანად იზოლირებულია ატმოსფეროს ჰაერთან შეხებასთან და ჟანგბადთან რეაქცია გამორიცხულია. მდენად, ამოღებული სიდრმული წყალი იმ მდგომარეობაშია, რაშიც ის ზღვაში იმყოფებოდა (მაღალი წნევის გარდა). ს ფაქტი ძალზე მნიშვნელოვანია წყლის ქიმიური და ბიოლოგიური ანალიზების ჩატარების დროს, რაც ადრე მიუღწეველი იყო.

პროექტის დასრულების შედეგად მიიღება დანადგარი, რომელიც მთლიანად განლაგებული იქნება ზღვის ნაპირზე, სადაც მოხდება წყლის დეგაზაცია და მიღებული გოგირდწყალბადის დისოციაცია (განსხვავებით მსოფლიო პრაქტიკაში მიღებული მეთოდებისა, სადაც წყლის ამოღება მცურავ საშუალებებზე დადგმული ტუმბოების საშუალებით ხდება).

ახალი ტექნოლოგიური დანადგარების შექმნა სავსებით რეალურია და ის სავსებით დაცული იქნება ზღვის შტორმებისგან. წყლის დეგაზაციისა და ნაწილობრივ ფოტოდისოციაციის პროცესში გამოყენებული იქნება მზის სხივების ენერჯია. მნიშვნელოვანია, რომ დანადგარდა მთელი სისტემა განლაგდება ზღვის ნაპირას, ხმელეთზე, ხოლო ზღვის სიდრმეში ჩაეშვება დრეკადი მილსადენი.

მოსალოდნელია, რომ წარმოდგენილი პროექტის მაღალეფექტურობა დააინტერესებს მრავალ ფირმასა და კონცერნს, რომელიც ენერგეტიკული



პრობლემებითაა დაკავებული და ამასთანავე, ექნება ფართო მხარდაჭერა გარემოს ეკოლოგიის გაუმჯობესებით დაინტერესებულ ორგანიზაციებს მთელს მსოფლიოში მითუმეტეს იაპონიაში მომხდარი ატომური ელექტროსადგურების კატასტროფების ფონზე.

ლიტერატურა:

1. Сероводород черного моря. <http://school316.spb.ru/chemistry/amp/page4.html/>.
2. ი.ვარშავსკი, ა.მაქსიმენკო, ვ.ტერეშჩუკი. რუსეთის ფედერაციის პატენტი. განაცხადი 5063095/25, 1998.
3. მ.ჯიბლაძე, ვ.გვახარია, ზ.რაზმაძე, გ.თალაკვაძე, თ.ბერიძე. ბუნებრივი წყალსაცავებიდან წყალბადისა და გოგირდის მიღების ხერხი. საქართველოს პატენტი, AP 2011 1534B, 2011.
4. მ.ჯიბლაძე, თ.ბაციკაძე, გ.ცინცაძე, გ.დგებუაძე, ა.მიქაბერიძე, ზ.რაზმაძე, გ.ვარშალომიძე, გ.ხარაიძე. დანადგარი გოგირდწყალბადის დასაშლელად. საქართველს პატენტი, AP 2011 012212 (22) 2011 04 29.
5. მ.ჯიბლაძე, ვ.გვახარია, ა.მიქაბერიძე, ზ.რაზმაძე, ბ.ჟორჯოლიანი, კ.მადლაშვილი, თ.ბერიძე, ჯ.ბერიძე. შავი ზღვის გოგირდწყალბადის ენერგეტიკის პრობლემა. „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, №1-13 გვ. 14-17, 2010.
6. M.I.Jibladze, V.G.Gvakharia, A.A.Mikaberidze, Z.G.Razmadze, B.T.Jorjoliani, P.V.Magalashvili, V.A.Arzumanov. Problems of Black Sea Connected to the Hydrogen Sulfide. the International Scientific Conference "Problems of Geology of the Caucasus". Abstracts, Georgia, Tbilisi, November 25-27, p.51, 2010.
7. მ. ჯიბლაძე, გ. ვარშალომიძე, გ. ონიაშვილი, ნ. წიკლაური. შავი ზღვის გოგირდწყალბადის პრობლემა. „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, № 10-12, გვ.52-55, 2011.
8. მ.ჯიბლაძე, გ.ვარშალომიძე. შავი ზღვის გოგირდწყალბადის პრობლემები. გამომცემლობა „საზოგადოება ცოდნა“, თბილისი, 22 გვ., 2012.

პროფესორი

მერაბ ჯიბლაძე