

ტექნ. მეცნ. დოქტ. ო. ლანჩავა

### სორბციული ფარდობითი მასაშემცველობის შესახებ<sup>1</sup>

თავისუფალი და სორბირებული ტენის თვისებების განსხვავებულობის გამო ნაჩვენებია სითბოსა და მასის გადატანის დიფერენცირებული განხილვის აუცილებლობა სამთო მასივისათვის. სხვადასხვა ქანებისათვის მოცემულია მაქსიმალური ჰიგროსკოპული მასაშემცველობის ცვალებადობის ხასიათი ტემპერატურის მიხედვით. შემოტანილია ცნება ქანის ფარდობითი სორბციული მასაშემცველობის შესახებ, მისი ცალსახა კავშირი ჰაერის ფარდობით ტენიანობასთან და მოსახერხებლობა ქანთა მასივის მასაგადატანის პოტენციალის განსასაზღვრავად.

პირველი წყალგაუმტარი შრის ქვემოთ განლაგებულ მიწისქვეშა ნაგებობებში სავენტილაციო ნაკადსა და სამთო მასივს შორის მიმდინარეობს ჰიგროსკოპული მასაგაცვლა ისეთ მასივში, რომელიც ძირითადად წარმოდგენილია მიკროფორებით რომელთა კაპილარების რადიუსი  $r_3 < 10^{-7}$  მ, მასაგადატანა ხდება ეფუზიის ხარჯზე. ამის მიზეზი ისაა, რომ წყლის მოლეკულების თავისუფალი გარბენის მანძილი იმყოფება ამ სიდიდის მახლობლობაში. მაკროფორებში კი გადატანა ხდება დიფუზიის გზით. გაანგარიშებისათვის არსებითი მნიშვნელობა ენიჭება დიფუზიისა და ეფუზიის დიფერენცირებულ განხილვას, რომლებსაც, ჩვენი აზრით, უნდა მივუსადაგოთ ტენგადატანისა და მასაგადატანის პროცესები.

მამასადამე, სავენტილაციო ნაკადის ტენშემცველობისა და ფარდობითი ტენიანობის ცვალებადობა ხდება ტენის ან მასის მიმოცვლით. ტენის გაცვლა შეიძლება მოხდეს სამთო მასივის მაკროფორებიდან, ან სითხის თავისუფალი ზედაპირიდან, ხოლო მასის გაცვლა ხდება მხოლოდ და მხოლოდ მიკროფორებიდან ეფუზიით, რაც ახლოსაა სორბციულ პროცესებთან. სიმარტივის მიზნით ვისარგებლებთ შესაბამისი ტერმინებით — სამთო მასივის სინონიმია სორბენტი, ხოლო სორბირებული ტენისა - სორბტივი.

აღსანიშნავია, რომ სორბირებული მასა წყლის თვისებებით არ ხასიათდება (არ ხსნის ნივთიერებებს და ამის გამო დენს არ ატარებს, იყინება -78 გრადუსზე აქვს წყალზე მეტი სიმკვრივე და გაცილებით ნაკლები, ყინულთან მიახლოებული თბოტევადობა), ხოლო მაკროკაპილარებში არსებული ტენი წყლის თვისებებით ხასიათდება, ოღონდ აქვს წყალთან შედარებით შემცირებული სიმკვრივე [1,2]. დაბოლოს, კიდევ ერთი განსხვავებაც: მასის ორთქლადქცევის კუთრი ენთალპია, წყლის ფაზური გარდაქმნის კუთრი ენთალპიის ანალოგიურად, მაქსიმალურ

<sup>1</sup> იბეჭდება საკითხის დასმის წესით.

მნიშვნელობას აღწევს სამმაგ წერტილში, ტემპერატურის ზრდით განუხრელად მცირდება და წყლის კრიტიკული ტემპერატურის მახლობლობაში უტოლდება ნულს, მაგრამ მასთან შედარებით ანომალიურად შემცირებულია ყოველთვის თუ კრიტიკულ ტემპერატურას გამონაკლისად მივიჩნევთ [3].

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, მასას ვუწოდებთ ტენის იმ ნაწილს, რომელიც სორბციულ ძალთა ველში სორბენტთან დაკავშირებულია ვანდერვაალსის ძალებით და მოლეკულური დაწნევით. სორბენტის და წყლის თავისუფალი ზედაპირიდან, ისევე როგორც სორბენტის მაკროფორიბიდან, აორთქლება ერთნაირი კანონზომიერებით მიმდინარეობს, ხოლო მასაგადაცემა იმავე ჩარჩოში ვერ თავსდება.

მასაფიზიკური თვისებებიც, რომელთა განსაზღვრისათვის აუცილებელია ქანის ნიმუშის დაფხვნა  $r_{\text{ფ}}=0,20-0,25$  მმ ზომის ფრაქციამდე ახასიათებს მხოლოდ ისეთ მიკროფოროვან სორბენტებს რომელთა კაპილარების რადიუსი  $r_{\text{კ}} < 10^{-7}$  მ. ამასთანავე, ეს თვისებები აჩვენებენ სორბენტისა და სორბტივის ურთიერთქმედებას მხოლოდ და მხოლოდ სორბციულ ძალთა ველში.

ამ ველის მახასიათებელი სიდიდეა მასაგადატანის პოტენციალი, რომელიც გამოითვლება ფორმულით [4]

$$\theta = RT \ln \phi, \quad (1)$$

სადაც  $\theta$  არის მასაგადატანის პოტენციალი, კჯ/კმოლი; R — აირის უნივერსალური მუდმივა, კჯ/(კმოლი.გრად); T - აბსოლუტური ტემპერატურა, K;  $\phi$  — სორბენტთან წონასწორობაში მყოფი ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა, ერთის ნაწილებში.

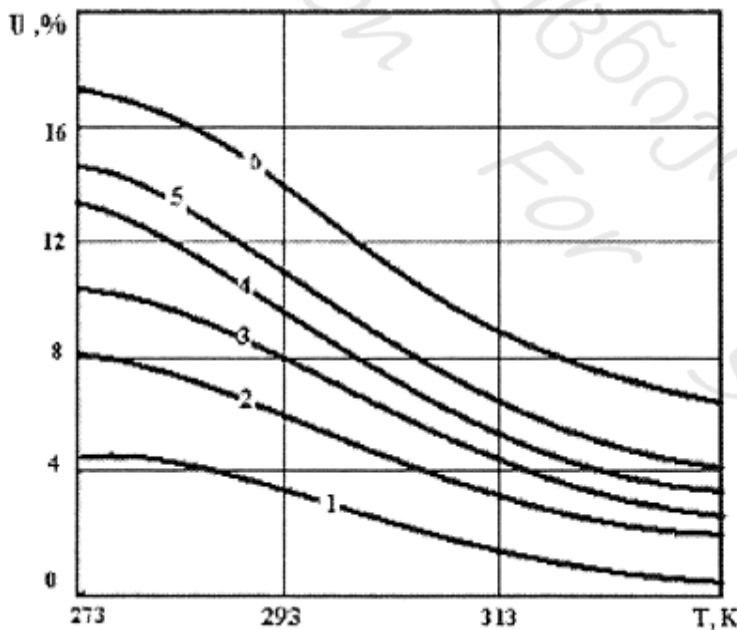
რადგანაც ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა იცვლება 0-1 დიაპაზონში, ამიტომ პოტენციალის რიცხვითი სიდიდე მიიღება უარყოფითი ნიშნით ჰაერისა და წყლის თავისუფალი ზედაპირისათვის ნული მისი მაქსიმუმია არსებითადაც და ფორმალურადაც, რაც იმას ნიშნავს, რომ ამ ორი გარემოსათვის ნამდვილად ნულია მაქსიმალური სიდიდე და ფორმულაც იმავეს ასახავს.

სულ სხვაგვარადაა საქმე სორბციულ ძალთა ველში. სორბირებული მასისათვის პოტენციალმა, ჩვენი ვარაუდით, შეიძლება მიიღოს დადებითი რიცხვითი მნიშვნელობაც, ანუ კუთრმა მასაგაცემამ სორბენტის ზედაპირიდან გადააჭარბოს აორთქლებას სითხის თავისუფალი ზედაპირიდან, რასაც ასეთი სახით წარმოდგენილი ფორმულა ვერ ასახავს. სირთულე არის არა იმდენად ამ დებულების გაზიარება, არამედ თვით პოტენციალის გაზომვისა და გამოთვლის პრობლემები. რადგანაც არ არსებობს საიმედო, თერმომეტრის მსგავსი სათანადო ხელსაწყოები, ამიტომ სორბენტის პოტენციალი კი არ იზომება, არამედ გამოითვლება (1) ფორმულით მასთან წონასწორობაში მყოფი ჰაერის ფარდობითი ტენიანობის (ე.წ. წონასწორული ფარდობითი ტენიანობის) მიხედვით. ასეთი გზით გამოთვლილი პოტენციალის მაქსიმუმიც ერთს არ აჭარბებს სხვა რამ,

მაგალითად, ერთზე გადაჭარბება სორბციული ძალთა ველისათვის, პოტენციალს არც მოეთხოვება, რადგან ასეთია ჩვენი წარმოდგენა სა კითხზე.

ჩვენი ამოცანა ის კი არ იყო, რომ ეს არსებითი ხარვეზი მოგვეხსნა, არამედ მოგვეჩვენა (1) გამოსახულების ისეთი ფორმა, რომლითაც შესაძლებელი იქნებოდა სორბენტის პოტენციალის გაანგარიშება სორბციის წირების მინიმალური რაოდენობით. ცხადია, რომ ამ ფორმულით სარგებლობისას წონასწორული ფარდობითი ტენიანობის რიცხვითი სიდიდე სორბენტ-სორბტივის სახეობის მიხედვით უნდა განისაზღვროს სორბციის წირების მიხედვით, რომელთა აგებაც უნდა მოხდეს თბოფიზიკური გაანგარიშების ყველა კონკრეტული საჭიროებისათვის. სწორედ გამოთვლების პროცესის გამარტივების მიზნით დამუშავდა სორბციის წირები, მათ მიეცათ განზოგადებული სახე ტემპერატურაზე მაქსიმალური ჰიგროსკოპული მასაშემცველობის დამოკიდებულებისა წყებების მიხედვით, რომელიც წარმოდგენილია 1-ლ ნახაზზე და შემოტანილი იქნა სორბციული ფარდობითი მასაშემცველობის ცნება, რომელიც საშუალებას იძლევა, პოტენციალი განისაზღვროს დამატებითი სორბციის წირების აგების გარეშე.

ბუნებრივია, რომ ამ ცნების შემოსატანად უნდა მოძებნილიყო ცალსახა დამოკიდებულება ჰაერის ფარდობით ტენიანობასა და სორბენტის რაღაცნაირ



ნახ. 1 მაქსიმალური ჰიგროსკოპული მასაშემცველობის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე ქანების სახეობათა მიხედვით:  
 1 - სიდეროლიტი,  
 2 - თიხიანი ალევროლიტი  
 3-წვრილმარცლოვანი კირქვიანი ქვიშაქვა,  
 4-საშუალომარცლოვანი ქვიშაქვა,  
 5-სიდერიზებული ალევროლიტი,  
 6-არგილიტი

განზოგადებულ ტენშემცველობას შორის, რომელიც დასმული ამოცანის მარტივად გადაწყვეტის საშუალებას მოგვცემდა. გასაგებია, რომ ამ მიზნით წონასწორული ფარდობითი ტენიანობის გამოყენება შეუძლებელია, რადგან საჭიროებს სორბციის წირების აგებას ყოველი ანგარიშისათვის, რის შესახებაც უკვე აღინიშნა- ამ მიზნით აგრეთვე არ გამოდგება სორბენტის ფარდობითი



ტენშემცველობა, რომელიც ამ თვალსაზრისით ზოგადობის ნიშანს მოკლებულია, რაც ქვემოთ ნათლად გამოჩნდება.

განმარტების თანახმად, ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა შეიძლება წარმოვადგინოთ ჰაერში არსებული ტენის მასების საშუალებით

$$\varphi = m/m_0, \quad (2)$$

სადაც  $m$  არის გაუჯერებელი წყლის ორთქლის მასა, რომელსაც მოცემული ტემპერატურისა და წნევისას აქვს  $p$  პარციალური წნევა;  $m_0$  - იგივე გაჯერებული ორთქლისათვის, რომელსაც შეესაბამება სათანადო პარციალური წნევა.

სორბენტის ფარდობითი ტენშემცველობა ეწოდება სიდიდეს, რომელიც გამოითვლება ფორმულით

$$U = 100(M_0 - M)/M, \quad \%, \quad (3)$$

სადაც რიცხვი 100 არის პროცენტის მაჩვენებელი;  $M_0$  და  $M$  - ტენიანი და აბსოლუტურად მშრალი სორბენტის მასები, გკ.

ცხადია, რომ ჰაერის ფარდობით ტენიანობასა და სორბენტის ფარდობით ტენშემცველობას მხოლოდ სახელები აქვთ მსგავსი, ხოლო შინაარსი სხვადასხვა.

სორბენტი, რომელიც დინამიკურ წონასწორობაშია (2) ფორმულით განსაზღვრული ფარდობითი ტენიანობის მქონე ჰაერთან, მიიღებს რაღაც  $U$  სიდიდის მქონე მასაშემცველობას, რომელიც მით მეტია, რაც უფრო ახლოა  $m$ -ის მნიშვნელობა  $m_0$ -თან, ხოლო თუ  $m = m_0$ , მაშინ ის მიიღებს მაქსიმალურ ჰიგროსკოპულ მასაშემცველობას  $U_{a.3.}$ , რომლის ცვალებადობის გრაფიკები ტემპერატურისა და ქანის სახეობის მიხედვით მოცემულია 1-ლ ნახაზზე. სორბენტის სორბციული ფარდობითი მასაშემცველობა განისაზღვრება ფორმულით

$$U_v = U / U_{a.3.} \quad (4)$$

ჰაერის ფარდობით ტენიანობას და ამ ფორმულით განსაზღვრულ ფარდობით მასაშემცველობას აქვთ მსგავსი ფიზიკური შინაარსი და ურთიერთკავშირი. აბსოლუტურად მშრალი ჰაერისა და სორბენტისათვის შესაბამისად  $\varphi = 0$  და  $U_v = 0$ , ხოლო თუ  $m = m_0$ , მაშინ  $\varphi = 1$  და  $U_v = 1$ . ამ შემთხვევაშიც  $U_{a.3.}$  არის  $m_0$ -ს ანალოგია, ხოლო  $U$  -  $m$ -სა, რაც ჩანს (2) და (4) ფორმულების შედარებიდანაც.

(4) ფორმულის აუცილებლობა კი იქიდან ჩანს, რომ მოცემული ტემპერატურისა და ფარდობითი ტენიანობის მქონე ჰაერთან წონასწორობაში მყოფ სხვადასხვა სორბენტს წონასწორობის პირობიდან გამომდინარე, ექნებათ ერთმანეთის ტოლი მასაგადატანის პოტენციალი და სხვადასხვა  $U$ . რაც გამოწვეულია მათი მასატევადობის კოეფიციენტის განსხვავებულობით. აღნიშნული ვითარება 1-ლი ნახაზიდანაც ჩანს  $U_{a.3.}$ -ს მაგალითზე. ამიტომ  $U$  ან  $U_{a.3.}$





სიდიდეები სორბენტის პოტენციალის შესახებ ცალ-სახა ინფორმაციის მოცემის შესაძლებლობას მოკლებულნი არიან, რადგან ისინი იცვლებიან არა მხოლოდ ტემპერატურის, არამედ სორბენტის სახეობის მიხედვითაც. აღნიშნული შეუძლია მათ თანაფარდობას (4) ფორმულის სახით და ყველა შემთხვევაში წონასწორობაში მყოფ სხვადასხვა სორბენტებს ექნებათ ერთმანეთის ტოლი  $U_v$ , რაც აგრეთვე უტოლდება ჰაერის წონასწორობულ ფარდობით ტენიანობას, ხოლო  $U_v$  ზოგადად არის ფარდობითი ტენიანობის ანალოგი.

ამგვარად, სორბენტის მოცემული ტემპერატურისა და ბუნებრივი მასაშემცველობისათვის, რომელიც ახასიათებს სამთო მასივს, სორბენტის სახეობის მიხედვით ნახაზიდან განისაზღვრება  $U_{ა3}$  ისე, რომ საჭირო არ გახდება სორბენტის იზოთერმების აგება. მასაგადატანის პოტენციალი კი იანგარიშება (1) ფორმულით, რომელშიდაც  $\varphi$ -ს მაგივრად ჩაისმება (4)-თი განსაზღვრული  $U_v$ -ს მნიშვნელობა.

ლიტერატურა:

1. Лыков АВ Теплообмен. М., Энергия, 1978. 480 с.
2. Никитина Л.М. Таблицы равновесного удельного влагосодержания и энергии связи влаги с материалом. М., Госэнергоиздат, 1963. 176 с.
3. თ. ლანჩავა. ჰიგროსკოპული თბომასაგაცვლა მიწისქვეშა ნაგებობებში. თბილისი, სტუ, 1998. 272 გვ.
4. Цимерманис Л.Б. Термодинамические и переносные свойства капиллярно-пористых тел. Челябинск, ЮУКИ 1971. 202 с.

**O.A. LANCHAVA**

## **O SORPTIONAL RELATIVE MASS CONTENT**

Устанавливается необходимость дифференцированного рассмотрения массо- и влагопереноса в поровом пространстве горного массива на основе отличия свойств свободной и сорбированной влаги. Приведены кривые изменения максимального гигроскопического влагосодержания различных юрских пород в зависимости от температуры. Введено понятие относительного сорбционного массосодержания, показана его взаимосвязь с относительной влажностью воздуха, а также возможность его применения при определении потенциала массопереноса для горного массива.

**O.LANCHAVA**

## **ON RELATIVE SORPTIONAL MASS CONTENT**



The necessity of differentiated consideration of mass and moisture transfer in porous massif is shown on the basis of the difference in free and sorbed moisture properties. The curves of variation of maximum hygroscopic moist content of different rocks in relation to temperature are given. The concept of relative sorptional mass content is introduced, its relation to relative moisture content of air and also the possibility of its application in determination of mass transfer potential for mountain mass are shown.

სსიპ-ის მკვლევართა ასოციაციის  
Association  
For  
Science