

ON RELATIVE SORBTIONAL MASS CONTENT

Author Lanchava O.

Publication date 2003

Journal Mining Journal

Description Summary. The necessity of differentiated consideration of mass and moisture transfer in porous massif is shown on the basis of the difference in free and sorbet moisture properties. The curves of variation of maximum hygroscopic moist content of different rocks in relation to temperature are given. The content of relative sorption 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 massif are shown.

Volume 10-11

Issue 1-2

Pages 26-28

Publisher GEORGIAN MINING SOCIETY, GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY, LEPL G. TSULUKIDZE MINING INSTITUTE

REFERENCES

1. Лыков А.В. Тепломассообмен. М., Энергия, 1978. 480 с.
2. Никитина Л.М. Таблицы равновесного удельного влагосодержания и энергия связи влаги с материалом. М., Госэнергоиздат, 1963. 176 с.
3. Lanchava O.A. Hygroscopic heat and mass transfer in underground structures. Tbilissi, GTU, 1998, 272 p.
4. Цимерманис Л.Б. Термодинамические и переносные свойства капиллярно-пористых тел. Челябинск, ЮУКИ, 1971. 202 с.

საბთო

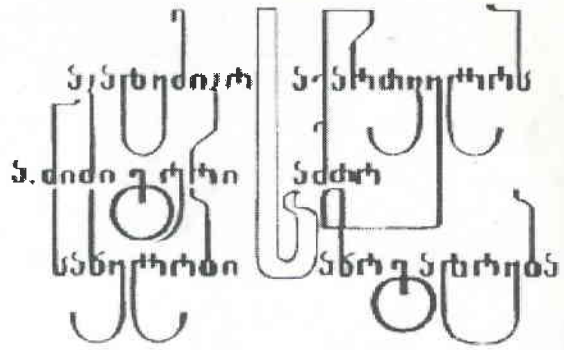
საინჟინრო-გამაგრილო
სამეცნიერო
საინჟინრო
ანალიზური

კონსტრუქციები

1-2(10-11)

Mining Journal
Горный Журнал

2003



ИЗДАТЕЛЬ:
ГОРНОЕ ОБЩЕСТВО ГРУЗИИ ИМ. АКАД. А.А. ДЗИДЗИГУРИ

PUBLISHER:
A. DZIDZIGURI GEORGIAN MINING SOCIETY

მთავარი რედაქტორი პროფ. ლ. მახარაძე
ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР ПРОФ. Л. И. МАХАРАДZE
EDITOR-IN-CHIEF PROF. L. MAKHARADZE

სარედაქციო კოლეგია

პროფ. კ. ბეთანელი, პროფ. ა. ბეჟანიშვილი, პროფ. ბ. ბუცხრიკიძე, პროფ. ი. გუჯაბიძე,
პროფ. ე. ჯ. ვოსკი (აშშ), პროფ. უ. ზვიადაძე, პროფ. ა. თევზაძე, პროფ. ნ. ილიაში (რუმინეთი),
პროფ. ა. კურლენია (რუმინეთის ფედერაცია), პროფ. უ. ლ. მარკუისი (აშშ), ტამარ მუცხ. კანდ. ე. მათარაძე,
პროფ. ა. მიქელაძე, პროფ. ვ. მუსხელიშვილი, პროფ. ნ. ნადირაშვილი, პროფ. ი. შორღანიძე,
დოც. ლ. როგავა (მთ. რედაქტორის მოადგილე), პროფ. ა. საგინოვი (ყაზახეთი), პროფ. რ. სტურუა,
პროფ. დ. ტალახაძე, პროფ. ა. ჯვანვიანიძე, პროფ. ა. ქუთათელაძე, ვ. ღვინჯილია, პროფ. დ. ჩომახიძე,
პროფ. ი. ცინცაძე (მთ. რედაქტორის მოადგილე), დოც. თ. ჯავახიშვილი (კავშირისგეგმვითი მდივანი),
პროფ. ლ. ჯავახიძე

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ПРОФ. К.П. БЕТАНЕЛИ, ПРОФ. А.Г. БЕЖАНИШВИЛИ, ПРОФ. Г.Д. БУЦХРИКИДZE, ПРОФ. Э.Д. ВОСП (США),
В.Ф. ГВИНДЖИЛИЯ, ПРОФ. И.К. ГУДЖАБИДZE, ДОЦ. Т.Л. ДЖАВАХИШВИЛИ (ОТВ. СЕКРЕТАРЬ),
ПРОФ. Л.А. ДЖАПАРИДZE, ПРОФ. И.С. ЖОРДАНИЯ, ПРОФ. У. И. ЗВИАДАДZE, ПРОФ. Н. ИЛЬЯШ (РУМИНИЯ),
ПРОФ. М.В. КУРЛЕНЯ (РФ), ПРОФ. А.А. КУТАТЕЛАДZE, ПРОФ. А.С. МИКЕЛАДZE, ПРОФ. Д.С. МАРКУИС (США),
КАНД. ТЕХН. НАУК Э.Д. МАТАРАДZE, ПРОФ. В.Л. МУСКЕЛИШВИЛИ, ПРОФ. Н.Р. НАДИРАШВИЛИ,
ПРОФ. А.В. ПЕСВИАНИДZE, ДОЦ. Д.В. РОГАВА (ЗАМ. ГЛ. РЕДАКТОРА), ПРОФ. А.С. САГИНОВ (КАЗАХСТАН),
ПРОФ. Р.И. СТУРУА, ПРОФ. Д.Г. ТАЛАХАДZE, ПРОФ. М.Н. ТЕВЗАДZE, ПРОФ. Ю.Д. ЦИНЦАДZE (ЗАМ. ГЛ. РЕДАКТОРА),
ПРОФ. Д.И. ЧОМАХИДZE,

EDITORIAL BOARD

PROF. K. BETANELI, PROF. A. BEZHANISHVILI, PROF. G. BUTSKHRIKIDZE, PROF. D. CHOMAKHIDZE,
PROF. I. GUJABIDZE, V. GVINJILIA, PROF. N. ILIAS (ROMANIA), PROF. L. JAPARIDZE, DOC. T. JAVAKHISHVILI
(RESPONSIBLE SECRETARY), PROF. M. KURLENYA (RF), PROF. A. KUTATELADZE, PROF. D. MARQUIC (USA),
CAND. TECH. SC. E. MATARADZE, PROF. A. MIKELADZE, PROF. V. MUSKHELISHVILI, PROF. N. NADIRASHVILI,
DOC. D. ROGAVA (DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF), PROF. A. PESVIANIDZE, PROF. A. SAGINOV (KAZAKHSTAN),
PROF. R. STURUA, PROF. D. TALAKHADZE, PROF. M. TEVZADZE, PROF. I. TSINTSADZE (DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF),
PROF. E. WASP (USA), PROF. I. ZHORDANIA, PROF. U. ZVIADADZE

რედაქციის მისამართი: 380075, თბილისი, კოსტავას 77, სტუ-ს III კორპუსი, ოთახი 234.
ტელ. 899-17-32-18, ფაქსი: (99532) 94-20-33

АДРЕС РЕДАКЦИИ: 380075, Грузия, Тбилиси, ул. Костава, 77. Грузинский Технический
Университет, III корпус, ком. 234, тел. 899-17-32-18, факс: (99532) 94-20-33,
E-mail: mining_journal@posta.ge

EDITORIAL OFFICE: Georgian Technical University, 77, Kostava str., Tbilisi, 380075 Georgia. Fax: (99532) 94-20-33,
E-mail: mining_journal@posta.ge

ჟურნალი გამოდის 1998 წლიდან. Журнал издается с 1998 года. Published since 1998
რეფერირდება ВИНТИ-ს რეფერატიულ ჟურნალსა და მონაცემთა ბაზებში
Реферируется в реферативном журнале и в базах данных ВИНТИ
Abstracted/Indexed in VINITI (Russia)

ტაძე. მიცხ. დოქტ. ო. ლანჩავა

სორბციული ფარდობითი მასაშემცველობის შესახებ*

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

პირველი წყალგაუმტარი შრის ქვემოთ განლაგებულ მიწისქვეშა ნაგებობებში სავენტილაციო ნაკადსა და სამთო მასივს შორის მიმდინარეობს პიგროსკოპული მასაგაცვლა. ისეთ მასივში, რომელიც ძირითადად წარმოდგენილია მიკროფორებით, რომელთა კაპილარების რადიუსი $r_p < 10^{-7}$ 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.

მაშასადამე, 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 სინონიმი 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 მნიშვნელობას აღწევს სამმა ვერტიკალში, ტემპერატურის ზრდით განუხრელად მცირდება და წყლის კრიტიკული ტემპერატურის მახლობლობაში უტოლდება ნულს, მაგრამ მასთან შედარებით ანომალურად შემცირებულია ყოველთვის, თუ კრიტიკულ ტემპერატურას გამოწკლისად მივიჩნევთ [3].

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, მასას ვუწოდებთ ტენის იმ ნაწილს, რომელიც სორბციულ ძალთა ველში სორბენტთან დაკავშირებულია ვან-დერ-ვაალსის ძალებით და მოლეკულური დაწნევით. სორბენტის და წყლის თავისუფალი ზედაპირიდან, ისევე როგორც სორბენტის მაკროფორებიდან, 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 $r_p < 10^{-7}$ 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]

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

სადაც θ არის მასაგადატანის პოტენციალი, კვ/კმოლი; R – აირის უნივერსალური მუდმივა, კვ/(კმოლი·გრად); T – აბსოლუტური ტემპერატურა, K ; φ – 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 მაქსიმუმი არსებითად და ფორმალურადაც, რაც იმას ნიშნავს, რომ ამ ორი გარემოსათვის ნამდვილად ნულია მაქსიმალური სიდ-

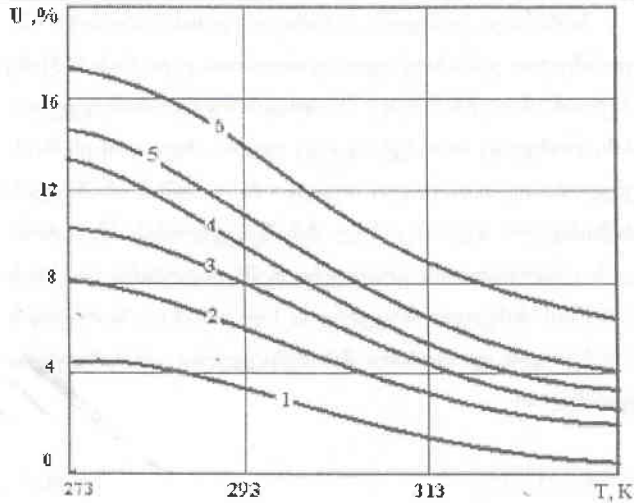
* იბეჭდება საკითხის დასმის წესით.

იდე 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 გადააჭარბება სორბციული ძალთა ველისათვის, პოტენციალს არც მოეთხოვება, რადგან ასეთია ჩვენი წარმოდგენა საკითხზე.

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-სორბციის 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 წყების 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 რალაცნაირ განზოგადებულ ტენშემცველობას შორის, რომელიც დასმული ამოცანის მარტივად გადაწყვეტის საშუალებას მოგვცემდა. გასაგებია, რომ ამ მიზნით წონასწორული ფარდობითი ტენიანობის გამოყენება შეუძლებელია, რადგან საჭიროებს სორბციის



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

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

$$\varphi = m/m_0 \tag{2}$$

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

სორბენტის ფარდობითი ტენშემცველობა ეწოდება სიდიდეს, რომელიც გამოითვლება ფორმულით

$$U = 100 (M_0 - M) / M, \% \tag{3}$$

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

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

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

$$U_v = U / U_{აა} \quad (4)$$

ჰაერის ფარდობით ტენიანობას და ამ ფორმულით განსაზღვრულ ფარდობით მასა-შემცველობას აქვთ მსგავსი ფიზიკური შინაარსი და ურთიერთკავშირი. აბსოლუტურად მშრალი ჰაერისა და სორბენტისათვის შესაბამისად $\varphi = 0$ და $U_v = 0$, ხოლო თუ $m = m_g$, მაშინ $\varphi = 1$ და $U_v = 1$. ამ შემთხვევაში $U_{აა}$ არის m_g -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 $U_{აა}$ -ს მაგალითზე. ამიტომ U ან $U_{აა}$ 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 წონასწორულ 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 $U_{აა}$ ისე, რომ საჭირო არ გახდება სორბციის იზოთერმების აგება. მასაგადატანის პოტენციალი კი იანგარიშება (1) ფორმულით, რომელშიდაც φ -ს მაგივრად ჩაისმება (4)-თი განსაზღვრული U_v -ს მნიშვნელობა.

ლიტერატურა:

1. Лыков А.В. 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. ო. ლანჩავა. ჰიგროსკოპული თბომასაგაცვლა მიწისქვეშა ნაგებობებში. თბილისი, სტუ, 1998. 272 გვ.
4. Цицерманис Л.Б. Термодинамические и переносные свойства капиллярно-пористых тел. Челябинск, ЮУКИ, 1971. 202с.

О.А.ЛАНЧАВА О СОРБЦИОННОМ ОТНОСИТЕЛЬНОМ МАССОСОДЕРЖАНИИ

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 горных 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.