

РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ОБОГАЩЕНИЕ

Ш. И. ОНИАНИ, О. А. ЛАНЧАВА

К ВОПРОСУ ТЕРМОВЛАГОПЕРЕНОСА В ГОРНОМ МАССИВЕ

(Представлено академиком А. А. Дзидзигури 7.6.1984)

В неизотермических условиях влагопереноса в горном массиве возникает дополнительный поток массы, который обусловлен наличием температурного градиента. Интенсивность термовлагопереноса характеризуется термоградиентным коэффициентом, который определяется при отсутствии потока массы. Во многих работах, посвященных сушке капиллярно-пористых материалов, плотность потока массы выражается через суммы двух потоков, вызванных градиентами влагосодержания и температуры:

$$j_m = -\lambda_m (\nabla U + \delta \nabla T), \quad (1)$$

Где j_m —плотность потока массы; λ_m —коэффициент влагопроводности; ∇ —оператор Лапласа; U —влагосодержание капиллярно-пористого тела; δ — термоградиентный коэффициент, отнесенный к разности влагосодержания; T —абсолютная температура.

Массоперенос внутри капиллярно-пористого тела является весьма сложным процессом, о чем свидетельствует то обстоятельство, что потенциал массопереноса до настоящего времени не имеет достаточного обоснования. В большинстве случаев интерпретации и анализа данных по переносу вещества пользуются термодинамической аналогией массообмена с теплообменом, поскольку потенциал переноса теплоты (температура) имеет строгое обоснование и существует богатый опыт в области исследования процесса переноса теплоты. Основываясь на указанной аналогии, А. В. Лыков доказал [1], что влагосодержание является аналогом энтальпии в тепловых процессах и не может служить потенциалом массопереноса. При этом А. В. Лыков свои соображения аргументировал фактами: два капиллярно-пористых тела с разными влагосодержаниями при соприкосновении остаются в равновесии, т. е. не наблюдается перераспределение влаги между этими телами. Отсюда вывод, что у этих тел одинаковое значение потенциала влагопереноса и тело с большим влагосодержанием характеризуется высоким значением коэффициента изотермической массоемкости. Более того, тело с меньшим влагосодержанием (например, песок) может передать влагу телу с большим значением влагосодержания (например, торфу).

Таким образом, наличие градиента влагосодержания между двумя соприкасающимися телами отнюдь не говорит о существовании потока массы между ними. Следовательно, уравнение (1) не отражает сущность процесса и такое определение плотности потока массы является ошибочным.

Плотность потока массы достоверно определяется согласно выражению

$$j_m = -\lambda_m (\nabla\theta + \delta_\theta \nabla T), \quad (2)$$

где θ —потенциал массопереноса в капиллярно-пористых телах; δ_θ —термоградиентный коэффициент, отнесенный к разности потенциалов массопереноса.

При $j_m=0$ из выражения (2) следует

$$\delta_\theta = \left(\frac{\nabla\theta}{\nabla T} \right)_{j_m=0} \approx \left(\frac{\Delta\theta}{\Delta T} \right)_{j_m=0} \quad (3)$$

В лабораторных условиях на измельченных образцах исследован процесс сорбции водяного пара горными породами и построены кривые зависимости $\theta = f(T)_{j_m=0}$ [2]. Значения термоградиентного коэффициента δ_θ для разных θ определены путем графического дифференцирования этих кривых и приведены на рис. 1.

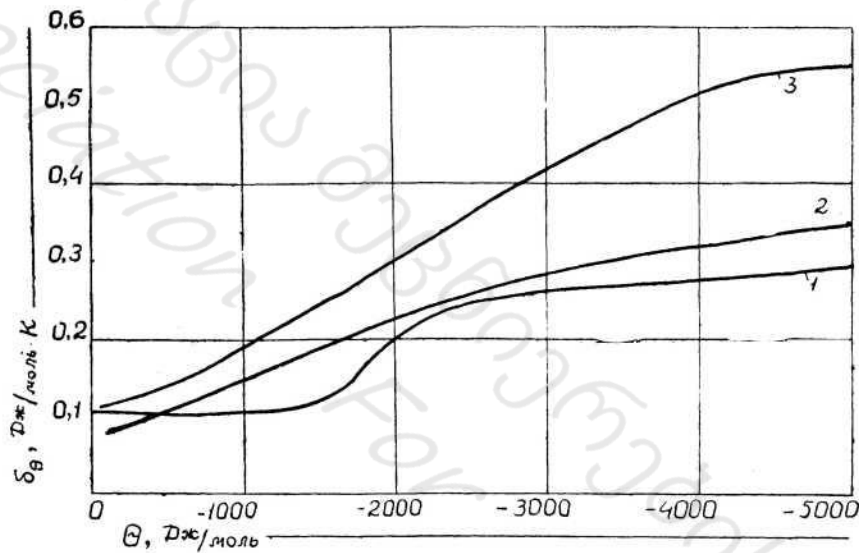


Рис. 1. Зависимость $\delta_\theta=f(\theta)$ при температуре 293 К для горных пород: 1—глинистый алевролит ($\gamma_0=2800$ кг/м³); 2 — известковый песчаник (2700 кг/м³); 3 — сидеритизированный алевролит (2680 кг/м³)

Несмотря на то что влагосодержание не является потенциалом массопереноса, все же в практических расчетах сушки строительных материалов оно еще нередко применяется в качестве потенциала. Поэтому имеет смысл более точное определение термоградиентного коэффициента δ_θ , отнесенного к разности влагосодержаний.

Как известно, в гигроскопической области массопереноса потенциал массопереноса

$$\theta = RT \ln \varphi, \quad (4)$$

где R —универсальная газовая постоянная; φ —равновесная относительная влажность воздуха, которой соответствует определенное влагосодержание капиллярно-пористого тела. Таким образом, $\theta = f(T, U)$.

С учетом изложенного и понятия о полном дифференциале формула (2) принимает следующий вид:

$$j_m = -\lambda_m \left[\left(\frac{\partial \theta}{\partial U} \right)_T \nabla U + \left(\frac{\partial \theta}{\partial T} \right)_u \nabla T + \delta_\theta \nabla T \right] \quad (5)$$

Известно, что

$$c_m = \left(\frac{\partial \theta}{\partial U} \right)_T, \quad \alpha_m = \frac{\lambda_m}{\gamma_0 c_m} \quad (6)$$

где c_m —коэффициент изотермической массоемкости; α_m —коэффициент потенциало-проводности массопереноса; γ_0 —плотность горной породы.

С учетом формул (6) выражение (5) принимает вид

$$j_m = -\alpha_m \gamma_0 \nabla U - \alpha_m \gamma_0 c_m \left[\left(\frac{\partial \theta}{\partial T} \right)_u + \delta_\theta \right] \nabla T \quad (7)$$

Отсюда видно, что из-за неізотермичности массообменного процесса возникает дополнительный поток массы, который пропорционален величине $c_m \left[\left(\frac{\partial \theta}{\partial T} \right)_u + \delta_\theta \right]$. Следовательно, указанная величина является термоградиентным коэффициентом, отнесенным к разности влагосодержания.

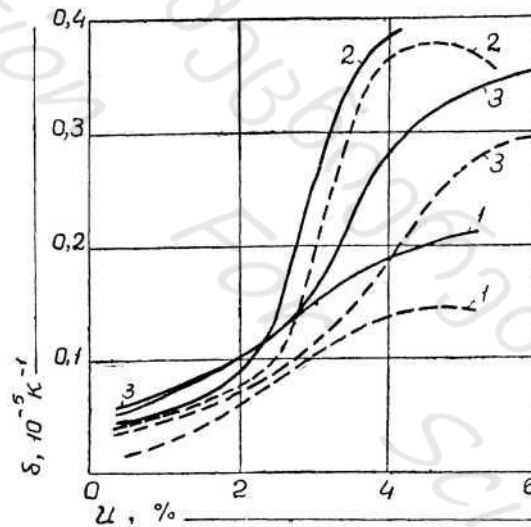


Рис. 2. Зависимость $\delta=f(U)$ при температуре 293 К для тех же горных пород

Величины термоградиентного коэффициента, определенные из выражения (7) при $j_m = 0$ (рис. 2, сплошные линии), существенно отличаются от таковых, определенных из выражения (1) (см. рис. 2, пунктирные линии), и это положение необходимо учитывать при расчете термовлагопереноса в горном массиве.

Академия наук Грузинской ССР

Институт горной механики

им. Г. А. Цулукидзе

(Поступило 8.6.1984)



შ.ონიანი, ო. ლანჩავა

სამთო მასივში თერმოტენგადატანის საკითხისათვის

რ ე ზ ი უ მ ე

სამთო მასივში თერმოტენგადატანის პროცესის ანალიზის საფუძველზე შემოთავაზებულია ქანის თერმოგრადიენტული კოეფიციენტების განსაზღვრის წესი. ზოგიერთი ქანისათვის მოცემულია ამ კოეფიციენტების მნიშვნელობები.

EXPLOITATION OF DEPOSITS AND CONCENTRATION S

h. I. ONIANI, O. A. LANCHAVA

CONCERNING THE THERMO-MOISTURE TRANSFER IN A MASSIF

Summary

A technique is proposed for determining the thermo-gradient coefficients on the basis of an analysis of the thermo-moisture transfer in rocks. The values of these coefficients are presented for some rocks.

ლიტერატურა- ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. В. Лыков. Тепломассообмен. М, 1978.
2. Ш. И. Он и а н и, О. А. Ланчава, Ю. Р. Ксоврели. Сообщения АН ГССР, 105, № 3, 1982.