

О. А. ЛАНЧАВА

К АНАЛИЗУ ЧАСТНЫХ РЕШЕНИЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО
 УРАВНЕНИЯ МАССОПЕРЕНОСА В ГОРНОМ МАССИВЕ

(Представлено академиком А.А. Дзидзигури 8.6. 1981)

Для любого физического поля, формирующегося вследствие протекания взаимосвязанных необратимых процессов и проявляющего себя в виде потоков энергии или субстанции, справедлива линейная система уравнений Онзагера [1].

$$J_i = \sum_{k=1}^n L_{ik} X_{k(i=1,2,3,\dots,n)} \quad (1)$$

где J_i — скорость протекания процесса, или же вектор соответствующего потока; L_{ik} — кинетические параметры изменения (характеристики проводящей среды); X_k — движущие силы, обуславливающие возникновение потоков.

Естественно, что в качестве X_k могут быть представлены градиенты всех природных сил взаимодействия (температуры, потенциала массопереноса и т.д.). В любом случае X_k поддерживает возникновение соответствующих одноименных и дополнительных (неодноименных) потоков и протекание процесса.

В капиллярно-пористых средах градиент температуры может вызвать потоки тепла и массы. В этом случае основной поток тепла возникает из-за теплопроводности и поддерживается прямой движущей силой — градиентом температуры. Т.е., передача термической энергии в основном обусловлена одноименным градиентом. Одновременно, этот же градиент порождает перенос субстанции в виде термоградиентного массопереноса, или же, дополнительного эффекта Соре, который суммируется с основным потоком массы.

Причиной же появления основного потока массы является градиент потенциала массопереноса. Очевидно, что и этот градиент, вызывающий и поддерживающий основной процесс массопереноса, т.е., прямая движущая сила для массопереноса, способствует также передаче энергии термическим путем в виде дополнительного эффекта Дюффюра. Безусловно, что этот эффект усиливает основной тепловой поток.

Таким образом, в капиллярно-пористых средах, при наличии соответствующих градиентов, возникает процесс тепло-массопереноса, в котором суммарные потоки тепла и массы обусловлены обеими движущими силами. При этом, превалирующая доля в одноименных потоках принадлежат од-ноименным градиентам.

Заметим, что следствием отмеченного отличия и являются понятия тепло- и массофизических характеристик (L_{ik}) капиллярно-пористых материалов. Отличить процесс



“чистого” теплопереноса в этих средах можно только теоретически, путем сравнения с переносом в сплошных средах.

Обозначая индексами 1 и 2, соответственно, потоки тепла и массы и основные силы, поддерживающие одноименные потоки, на основе (1) можно представить систему уравнений для онзагеровских потоков переноса энергии и массы в капиллярно-пористых средах.

$$J_1 = L_{11}X_1 + L_{12}X_2, \quad (2)$$

$$J_2 = L_{21}X_1 + L_{22}X_2 \quad (3)$$

Очевидно, что для случая теплопроводности в сплошной среде, движущей силой является только градиент температуры (X_1), отсутствует эффект Дюффюра ($L_{12} = 0$) и уравнение (2) превращается в основное уравнение теплопроводности Фурье

$$q = -\lambda \text{ grad } T, \quad (4)$$

где q — плотность теплового потока; λ — коэффициент теплопроводности; $\text{grad } T$ - градиент термодинамической температуры.

В зависимости от выбора градиента преобладающей движущей силы в случае изотермического массопереноса из (3) получается либо уравнение диффузии Фика, либо уравнение массопроводности Лыкова и соответствующее содержание приобретают кинетические параметры L_{ik} . Следует иметь в виду, что эти параметры хотя и характеризуют проводящую среду, но все же зависят от выбора потенциала массопереноса.

По причинам, которые будут очевидны ниже, мы останавливаем свой выбор на градиенте потенциала массопереноса. Следовательно, из (3) получается уравнение Лыкова

$$q_m = -\lambda_m \text{ grad } \Theta, \quad (5)$$

где q_m — плотность потока массы; λ_m — коэффициент массопроводности; $\text{grad } \Theta$ - градиент потенциала массопереноса.

Из вышеизложенного следует, что феноменологические уравнения (1) - (3) более общие, чем основные законы тепло- и массопроводности. Поэтому для адекватной оценки совместно протекающего тепломассопереноса в капиллярно-пористых средах необходим учет полных потоков переноса термической энергии и массы на основе этих зависимостей.

Заметим также, что для горного массива, расположенного ниже первого водонепроницаемого слоя, характерно гигроскопическое массосодержание и процессы гигроскопического массопереноса. Эти процессы и проявляют себя при формировании микроклимата в подземных сооружениях, расположенных в этой зоне. Для расчетного определения микроклиматических параметров, необходимы значения феноменологических коэффициентов L_{ik} и движущих сил X_k .



Для экспериментального определения феноменологических коэффициентов массопереноса, мы отдаем предпочтение энергетическому потенциалу, который рассчитывается по формуле [2]

$$\Theta = RT \ln \phi \quad (6)$$

где R — универсальная газовая постоянная; ϕ - относительная влажность равновесного с горным массивом воздуха

Прямой движущей силой массопереноса в горной среде, по нашему мнению является градиент этого потенциала. Как известно, для теплопереноса аналогичной силой является градиент термодинамической температуры. Для отмеченных движущих сил совместного теплообмена на основе уравнений (2) - (5) в любом случае получается, что $L_{11} = \lambda$, $L_{22} = \lambda_m$,

$L_{12} = \frac{rc_m}{c}$, $L_{21} = \delta_\theta$, где g — удельная энтальпия фазового превращения; c_m, c — коэффициенты удельной изотермической массоемкости и теплоемкости, соответственно; δ_θ — термоградиентный коэффициент, отнесенный к потенциалу массопереноса.

Исходя из вышеизложенного, решения дифференциального уравнения массопереноса, должны учитывать влияние теплопереноса для тех же условий и наоборот. Однако, в практике возможны случаи, когда этим влиянием можно пренебречь.

В работе [3] утверждается, что отмеченное влияние не является существенным, если соблюдается равенство $a/a_m = 1$, где a, a_m — соответственно, коэффициенты температуропроводности и потенциалопроводности массопереноса. Наши исследования по определению массофизических коэффициентов для горных пород Ткибули-Шаорского каменноугольного месторождения показывают, что отмеченные коэффициенты минимум на два порядка отличаются друг от друга для одних и тех же пород. Поэтому указанное допущение не является строгим для анализа частных решений дифференциального уравнения массопереноса.

Следовательно, корректное решение вопроса требует учета дополнительных членов $L_{12} X_2$ и $L_{21} X_1$ из формул (2) и (3) в любом случае теплообмена. По характеру взаимного изменения коэффициентов rc_m/c и δ_θ в практике можно выделить случаи, когда на самом деле будет возможным неучет взаимного влияния, но для этого необходимо отыскание корреляционной зависимости между отмеченными коэффициентами.

Академия наук Грузинской ССР
Институт горной механики
им. Г.А. Цулукидзе

Поступило (15,9,1981)

საბადოთა დამუშავება და გამდიდრება

ო. ლანჩავა

სამთო მასივში მასაგადატანის დიფერენციალური
განტოლების კერძო ამონახსნების ანალიზისათვის
რ ე ზ ი უ მ ე



ონზაგერის წრფივ განტოლებათა სისტემის ანალიზით დადგენილია, რომ მასაგადატანის ლიკოვის განტოლებათა კერძო შემთხვევა. აღნიშნულის გამო სამთო მასივში მასაგადატანის დიფერენციალური განტოლების კერძო ამონახსნები უნდა გაანალიზდეს და განზოგადდეს rc_m/c , δ_θ კოეფიციენტების მიხედვით.

EXPLOATATION OF DEPOSITS AND CONCENTRACION

O.A. LANCHAVA

TOWARDS ANALYSIS OF PRIVATE DECISIONS OF DIFFERENTIAL EQUATION OF MASS TRANSFER IN THE MASSIF

Summary

On the basis of the analysis of linear system of the equations Onzager is shown, that the equation Luikov is a special case. Therefore private decisions of the differential equation of mass transfer should be analysed on meanings of factors rc_m/c and δ_θ .

ლიტერატურა- ЛИТЕРАТУРА - REFERENCES

1. С. Р. де Гроот. Термодинамика необратимых процессов. М. 1976.
2. Л. Б. Ц и м е р м а н и с. Термодинамические и переносные свойства капиллярно-пористых тел. Челябинск, 1971.
3. А. В. Лыко в. Тепломассообмен. М, 1978.