

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ НЕІНВАЗИВНИХ МЕТОДІВ ДІАГНОСТИКИ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ ПРИ ІНФЕКЦІЙНОМУ ЗАХВОРЮВАННІ

Показано, що процеси при інфекційних захворюваннях супроводжуються реологічними переходами і описуються нелінійними інтегро-диференціальними рівняннями масо- тепло- і енергоперенесення. Кожний реологічний перехід має відповідну зону перетворення, яка являє собою інтегральну імпульсну дельта-функцію Дірака. Описуються принципи перетворення вірусного середовища в інші форми масоперенесення за рахунок біохімічних реакційних процесів. Показано, що такі процеси в біологічному організмі супроводжуються тепло- та енергоперенесенням, а також перенесенням кількості руху.

Ключові слова: інфекція, захворювання, реологія, перетворення, перехід, математична модель, фізична модель, функція, біохімічна реакція.

I.I. STENCEL, K.A. LITVINOV, A.V. RJABITCHENKO, L.I. PETROSJAN
Technological Institute of East-Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl

MATHEMATICAL MODELS NONINVASIVE METHODS OF DIAGNOSTICS HUMAN HEALTH IN INFECTIOUS DISEASES

It is shown that the processes in infectious diseases are subject rheological transitions and can be described by nonlinear integro-differential equations of mass and heat and energy transfer. Each transition has a corresponding zone rheological transformations which is an integral impulse Dirac delta function. Describe the principles conversion of viral protection in other forms of mass transfer due to biochemical reaction processes. It is shown that such processes in biological organisms accompanied by heat and energy transfer, and the transfer of momentum in the basis of tissue system.

Keywords: infection, disease, rheology, conversion, mass and heat-energy transfer, mathematical model, physical model, function, biochemical reaction.

Постановка задачі. Вивчення процесів перенесення енергії, маси та кількості руху в біологічному організмі, зокрема людини, привело до подальшого, більш чіткого розуміння багатьох фундаментальних аспектів явищ, котрі виникають при різноманітних процесах їх захворювання. Але детальні причини зміни руху матеріальних, теплових, а особливо енергетичних потоків у таких організмах, котрі впливають на процес захворювання, та одужування до цього часу ще досконально не вивчені як теоретично так й експериментально. Явища перенесення кількості руху, маси, тепла та енергії в людському організмі відносяться до складних і можуть проявлятися в різних зовнішніх і внутрішніх аспектах, наприклад, підвищенні температури, зміна кольорового забарвлення шкіри, набрякання, біохімічних процесів тощо.

З часу свого народження біологічний організм у тому числі й людський знаходиться в біологічному середовищі, яке складається з повітряної та водної атмосфери, різноманітних бактеріальних потоків, зовнішніх електромагнітних, ультразвукових, світлових, ультрафіолетових та інших подразників. Бактеріальні потоки є складовими повітряних, водних середовищ і поверхневих шарів земної кори. Вони проникають в біологічний організм при механічному контакті з фітофлорою землі та її поверхневою частиною, а також з водним середовищем та в процесі дихання. Таким чином бактеріальні фактори у більшій чи меншій мірі завжди знаходяться в біологічному організмі. При пониженому імунному стані біологічного організму або великій кількості «спожитої» бактеріальної речовини й відповідних зовнішніх факторах як температура повітря, вологість, тиск та електромагнітних полів у найбільш незахищених елементах організму, наприклад, верхні дихальні шляхи, бронхіальна система, шкіряна поверхня накопичуються зони бактеріальних середовищ (БС), котрі починають активно розмножуватися, проходить виділення токсичних речовин, які розносяться рідинними потоками, а за рахунок швидкого розмноження БС розширюється, що призводить до підвищення температури не тільки в активній бактеріальній зоні, але й організму в цілому. Підвищення температури та збільшення токсинів в організмі викликає зміну кольорового забарвлення поверхні враженого елемента. Для установлення характеру захворювання виконуються різноманітні діагностичні заходи, котрі базуються як на зовнішніх, так і на внутрішніх ефектах. До зовнішніх ефектів відноситься: контроль температури біологічного організму, кольорового забарвлення, форми враженої ділянки (набухання, створення фурункула тощо). До внутрішніх методів діагностики відносяться різноманітні аналітичні методи (аналіз крові, лімфатичної речовини, епітелію шкірного покриву тощо). Для контролю температури біологічного організму, як правило, використовуються термометричні методи, серед яких найбільш поширеним є метод розширення рідини (ртуті) в капілярі. Зміна кольорового забарвлення у більшості випадків оцінюється візуально. Ці методи є надто недосконалими і не дають навіть наближеної діагностичної оцінки стану здоров'я біологічного організму. Аналіз неінвазивних методів діагностики стану здоров'я людини показує, що визначення факторів, котрі викликають захворювання людини, здійснюється, як правило, за станом параметрів, котрі є наслідком захворювання, а фактично за їх швидкістю стоку (зміни) у часі. Такі методи не дозволяють об'єктивно оцінювати стан здоров'я людини, що в багатьох випадках призводить до неефективного використання лікарських заходів та ускладнення процесу протікання захворювання.

Аналіз досліджень та публікацій. Процеси, котрі рахувалися в класичній біохімічній кінетиці збуреннями та викривляли хід реакції біоструктури на механічні, теплові та енергетичні подразники, набули зацікавленість якраз в комбінації з біохімічними процесами. Таке суміщення біохімічної кінетики з теорією дифузії [1-6], теплопередачі [7-11], гідродинамікою [12-16] дозволило отримати низку теоретично важливих результатів, розробити нові методи діагностики стану здоров'я людини та підвести науковий фундамент під теорію важливих біохімічних технологій при діагностуванні та лікуванні захворювань. Класична біохімічна кінетика [1, 3, 5] вивчає протікання біохімічних процесів в ідеалізованих умовах: за сталою (як в часі, так і в просторі) температурою тіла та сталих у біоструктурі концентраціях речовин. Найважливішими з фізичних процесів є дифузія початкових речовин, котрі уводяться в організм людини, і продуктів біохімічних реакцій, а також виділення та розповсюдження їх результату за рахунок перенесення теплових потоків, енергетичних полів та кількості маси, наприклад, потоком крові. На такі процеси сильно впливає характер руху потоків і полів, котрі приводять до конвекційного перенесення кількості маси, енергії (наприклад, теплової) та руху [10-13]. У науковій літературі процеси масо-тепло- та енергоперенесення описуються спрощеними нелінійними диференціальними рівняннями, в основу котрих покладені основні закони масоперенесення Фіка, теплоперенесення Фур'є та кількості руху Ньютона [3, 5, 10]. Загальними рівняннями перенесення для течій, викликаних виштовхуючою силою, служать звичайні рівняння гідромеханіки. Відмінність полягає в тому, що рухомою силою є виштовхуюча сила ρg , яка віднесена до одиниці об'єму. Рухомим механізмом у вимушених течіях є градієнт тиску або початкова швидкість. Рівняння руху, викликаного перенесенням енергії (аналогічно маси), мають вигляд [3-5]:

$$\frac{D\rho}{Dt} = -\rho \nabla v \text{ або } \frac{\partial \rho}{\partial t} = -(\rho \nabla v + v \cdot \nabla \rho); \quad (1)$$

$$\rho \frac{Dv}{Dt} = \rho g - \nabla p + \mu \nabla^2 v + \frac{1}{3} \mu \nabla (\nabla v); \quad (2)$$

$$\rho c_p \frac{DE}{Dt} = \nabla \cdot k \nabla E + \beta E \frac{Dp}{Dt} + \mu \Phi + q''', \quad (3)$$

де ρ - густина (або щільність) потоку перенесення; t - час перенесення; $v = (u, v, w)$ - швидкість; g - прискорення земного тяжіння; $\bar{\rho}$ - визначальний параметр процесу перенесення (наприклад, густина потоку); ∇v - градієнт зміни швидкості; $\nabla \rho$ - градієнт зміни визначального параметра; ∇p - градієнт статичного тиску; μ - динамічна в'язкість речовини; c_p - питома теплоємність; β - коефіцієнт об'ємного розширення; Φ - дисипативна функція; ∇E - градієнт зміни енергії; k - коефіцієнт енергопровідності; q''' - питома потужність об'ємних джерел енергії.

Рівняння (1), рівняння нерозривності, виражає умову зберігання імпульсу маси; це скалярне рівняння зв'язує миттєву швидкість зміни щільності субстанції в деякій точці поля, виражену через повну похідну D/Dt , з місцевою швидкістю розширення або стискування ∇V , обумовленим полем швидкості. Рівняння (2), векторне, виражає рівність сили, обумовленої місцевим прискоренням, сумі місцевої об'ємної сили, сили, яка обумовлена градієнтом тиску, та сил в'язкості. Рівняння (3), скалярне, виражає закон зберігання енергії. Аналізуючи рівняння (1) – (3), можна відмітити, що вони описують швидкість зміни того чи іншого інформативного параметра ρ, v, E в деякому замкненому об'ємі в залежності від інших впливових параметрів. Об'єм, в якому проходить тільки перенесення маси, енергії та кількості руху у подальшому називатимемо зоною реологічного переходу (ЗРП). Як вказується в [1] і [12] такі процеси супроводжуються відповідними перетвореннями, у результаті котрих утворюється нова маса, виділяється тепла та інші види енергії, змінюються швидкості матеріальних та енергетичних потоків. Створені в результаті нові масові та енергетичні потоки виводяться з цієї зони з відповідною швидкістю й накопичуються (стікають) в інших об'ємах чи середовищах. Уперше процеси реологічних полів для перенесення імпульсу кількості руху описав проф.. Т.Я. Гораздовський [19], для хімічних технологій, котрі супроводжуються масо- і теплоперенесенням, - проф.. А.М.Вайнберг [12], а для фотокolorиметрії - проф.. Й.І.Стенцель [20].

Задача полягає у використанні теорії реологічних перетворень для математичного описання процесів захворювань з метою розробки неінвазивних методів їх діагностики. У даній роботі досліджуються процеси захворювань, котрі викликані вірусними збудниками.

Математичні моделі процесу захворювання при вірусній інтенсифікації біологічного організму. Фізичну модель процесу захворювання біологічного організму можна розділити на такі складові: накопичення (інтегрування) бактеріальної речовини (БР) за рахунок дихальних або контактних процесів, які створюють відповідне джерело інфекції в організмі; розвиток біохімічних процесів у місцях накопичення БР, що приводить до появи швидкості наростання інфекційної зони, збільшення швидкості підвищення місцевої температури та появи нових речовин (токсинів), котрі розповсюджуються потоком крові та лімфорідини, створюючи стік теплової енергії та маси цих речовин. Структурно процес накопичення БР в організмі можна зобразити фізичною моделлю, показаною на рис. 1.

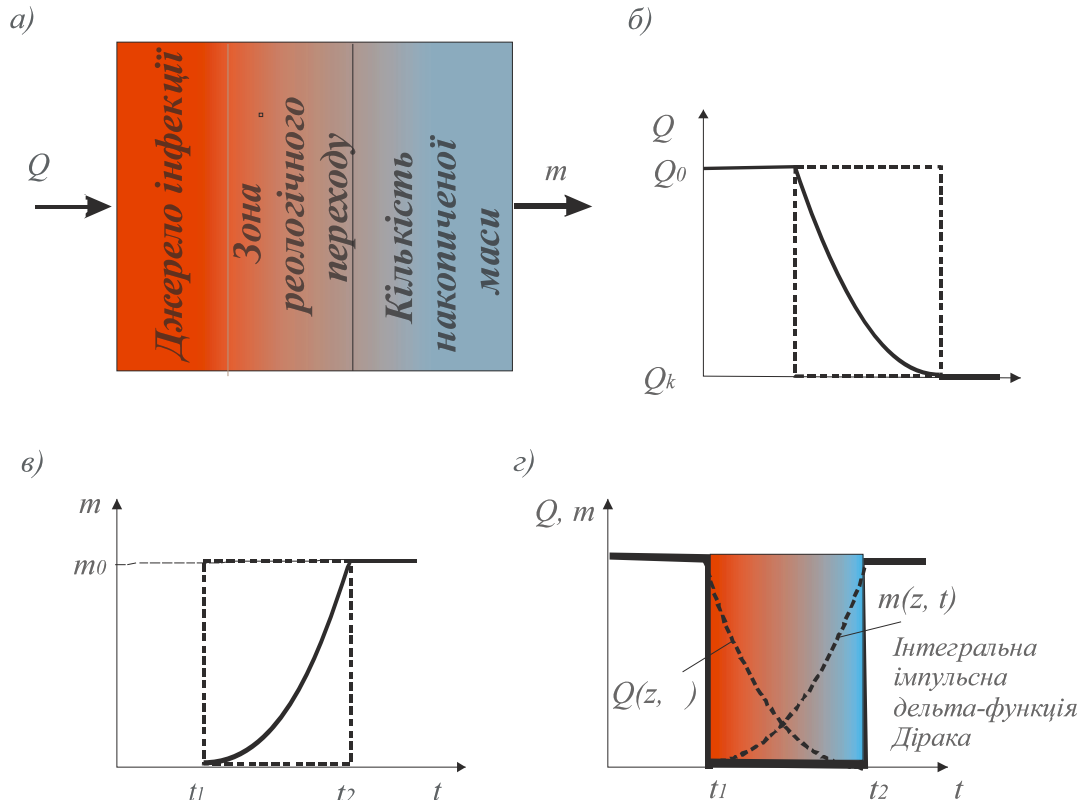


Рис. 1 – Фізична модель (а) і графіки незворотних реологічних перетворень: б) – зміни концентрацій БР при диханні; в) – зміни накопиченої маси БР в біологічному організмі; г) – графік інтегральної імпульсної дельта-функції Дірака.

Стоком процесу перенесення БР концентрацією $Q_I(\theta)$ за час перенесення $\theta \in \mathbb{R}$ її накопичення в деякому об'ємі V_r БО. Так як у цьому об'ємі конвекційного перенесення БР практично немає, то такий реологічний перехід можна описати наступним нелінійним диференціальним рівнянням

$$\tau_{БМ} \frac{\partial^2 Q_{БР}(\theta)}{\partial \theta^2} + \frac{\partial Q_{БР}(\theta)}{\partial \theta} = \frac{\partial m_{БР}(\vartheta, V_r)}{\partial \vartheta} + D_{БР} S_r \frac{\partial^2 m_{БР}(\vartheta, V_r)}{\partial V_r^2}, \quad (4)$$

де $\tau_{БР} = V_O / F_{БР}$ - стала часу притоку БР; $Q_{БР}(\theta)$ - масова концентрація БР в потоці витратою $F_{БР}$ за час масоперенесення θ ; $m_{БР}(\vartheta, V_r)$ - маса БР, яка накопичується за час ϑ в об'ємі V_r біологічного організму; $D_{БР}$ - ефективний коефіцієнт дифузії БР в об'ємі V_r , котрий має площу S_r .

При наявності сприятливих умов БР, котра перевищила критично захисний рівень біологічного організму, починає створювати біохімічний процес, котрий полягає у виділенні БР відповідних речовин, котрі вступають в біохімічну реакцію з продуктами БО, створюючи речовини для розмноження бактерій та розширення БС в біологічному матеріалі як за площею S_r , так і за глибиною L_r . У даному випадку можна рахувати, що стоком такого процесу масоперенесення є швидкість розповсюдження створюваного бактеріями живильного середовища. Деяка частина бактеріального живильного середовища (БЖС) використовується для відтворення нових бактерій, а інша – для розширення ЗРП за рахунок нових біохімічних реакцій. Можна рахувати, що такий процес масоперенесення відноситься до двостадійного. Приймаючи до уваги, що в процесі біохімічного перетворення БР в біологічному організмі створюється тільки БЖС, яке накопичується за одностадійним принципом, то таке реологічне перетворення можна описати наступним нелінійним інтегро-диференціальним рівнянням

$$\frac{\partial m_{БР}(\zeta, V_r)}{\partial \zeta} + D_{БР} S_r \frac{\partial^2 m_{БР}(\zeta, V_r)}{\partial V_r^2} + v_P m_{БР}(\zeta, V_r) = \tau_{21} \frac{d^2 m_{ЖС}(t)}{dt^2} + \frac{dm_{ЖС}(t)}{dt}, \quad (5)$$

де ζ - час перенесення БР в зону біохімічного перетворення; v_P - швидкість біохімічного перетворення; $\tau_{21} = 1/v_{ЖС} S_r \rho_{ЖС}$ - стала часу стоку БЖС; $m_{ЖС}(t)$ - маса БЖС, яка стікає з зони біохімічного перетворення за час t .

За аналогією з хімічними реакціями прийемо, що швидкість біохімічного перетворення підпорядковується закону Арреніуса

$$v_P = K_0 \exp(-E / RT_P), \quad (6)$$

де K_0 - множник, який має розмірність 1/сек; E - енергія активації біохімічного перетворення; R - універсальна газова стала; T_P - температура в реакційній зоні, $^{\circ}K$.

З урахуванням рівняння (6) процес цього реологічного переходу прийме таку форму

$$\frac{\partial m_{BP}(\zeta, V_r)}{\partial \zeta} + D_{BP} S_r \frac{\partial^2 m_{BP}(\zeta, V_r)}{\partial V_r^2} + K_0 m_{BP}(\zeta, V_r) \exp\left(-\frac{E}{RT_P}\right) =$$

$$= \tau_{21} \frac{d^2 m_{ЖС}(t)}{dt^2} + \frac{dm_{ЖС}(t)}{dt}. \quad (7)$$

БЖС, яке створюється в результаті біохімічного перетворення, накопичується в певному об'ємі біологічного організму та використовується для відновлення БР і розширення зони бактеріологічного середовища. Процес масоперенесення в ЗРП супроводжується біохімічним перетворенням і конвекційною складовою. Враховуючи обумовлене, такий реологічний перехід описується наступним нелінійним інтегродиференціальним рівнянням

$$\frac{1}{\rho_{ЖС} S_r} \frac{\partial m_{ЖС}(\zeta, V_r)}{\partial \zeta} + \frac{D_{ЖС}}{\rho_{ЖС}} \frac{\partial^2 m_{ЖС}(\zeta, V_r)}{\partial V_r^2} + v_{ЖС} m_{ЖС}(\zeta, V_r) = \tau_{32}^2 \frac{d^3 r(t)}{dt^3} + \tau_{31} \frac{d^2 r(t)}{dt^2} + \frac{dr(t)}{dt}, \quad (5)$$

де $D_{ЖС}$ - коефіцієнт ефективної дифузії БЖС в ЗРП; ζ - час масоперенесення; $v_{ЖС}$ - швидкість перенесення БЖС в ЗРП; $\rho_{ЖС}$ - густина БЖС; $m_{ЖС}$ - маса БЖС в ЗРП, яка переноситься конвекційним шляхом за час t ; $\tau_{31} = \tau'_3 + \tau''_3$; $\tau_{32}^2 = \tau'^2_3 \tau''_3$; $\tau'_3 = 1/v_{ЖС} S_r \rho_{ЖС}$ - стала часу масоперенесення; $\tau''_3 = 1/v_P$; v_P - швидкість біохімічного перетворення; $r(t)$ - поточна зміна умовного радіуса радіального перенесення БЖС.

Ураховуючи рівняння (3), вирази для сталих часу стоку приймають вигляд:

$$\tau_{31} = \frac{1}{v_{ЖС} S_r \rho_{ЖС}} \left[1 + \frac{v_{ЖС} S_r \rho_{ЖС}}{K_0} \exp\left(\frac{E}{RT_P}\right) \right]; \quad (5)$$

$$\tau_{32}^2 = \frac{1}{v_{ЖС} S_r \rho_{ЖС} K_0} \exp\left(\frac{E}{RT_P}\right). \quad (6)$$

Як показано в [21], для хімічних реакцій важливу роль відіграє енергія активації, яка характеризує можливість двох різнорідних речовин вступати в реакцію при мінімумі енергетичного потенціалу між цими речовинами. У хімічній технології для зменшення цього потенціалу використовуються відповідні каталізатори. Для біологічного організму можна стверджувати, що низькому енергетичному потенціалу відповідає низька захищеність такого організму від впливу різного роду інфекційних подразників. Для високого рівня енергетичного потенціалу ($E \rightarrow \infty$) сталі часу $\tau_{31} \approx \tau_{32} \rightarrow \infty$, що свідчить про практичну неможливість вірусного захворювання біологічним організмом. Для біологічного організму такий стан може спостерігатися після його успішної вакцинації, яка відіграє своєрідну каталітичну роль.

Висновки

На основі теорії реологічних переходів досліджені процеси інфекційного захворювання біологічного організму. Показано, що процес інфекційного захворювання проходить в декілька етапів і супроводжується масо перенесенням, теплоперенесенням та накопиченням бактеріальної речовини, біохімічними перетвореннями, в результаті котрих створюється реакційно-активна речовина для відновлення бактеріального середовища. Такий процес є екзотермічним, що призводить до виділення великої кількості теплової енергії, котра накопичується в інфекційному об'ємі та розноситься потоками крові. Як видно з рівнянь (5) і (6), збільшення температури біохімічного перетворення рівнозначне зменшенню енергетичного потенціалу організму, а значить призводить до зменшення ступеня його захищеності від інфекційного захворювання. Окрім того дослідження показують, що на тривалість інфекційного захворювання сильний вплив чинить площа зараження S_r та густина $\rho_{ЖС}$ бактеріального живильного середовища. У першому наближенні зі сказаного випливає, що окрім зменшення температури біологічного організму як місцевого так і загального характеру, потрібно локалізувати площу зараження, а також зменшувати густину бактеріального живильного середовища, наприклад, за рахунок споживання великої кількості рідини, (підігрітої води, чаю, соку тощо). З метою оцінки ступеня протікання захворювання в часі потрібно дослідити процеси, котрі протікають в біологічному організмі, особливо в зонах реологічних переходів.

Література

1. Франк-Каменецкий Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. – М.: Наука, 1987. – 502.
2. Рамм В.М. Абсорбционные процессы в химической промышленности. – М.: Госхимиздат, 1951. – 386 с.
3. Берд Р., Стьюарт В., Лайтфут Е. Явления переноса. – М.: Химия, 1974. – 688 с.
4. Баррер Р. Диффузия в твердых телах. – М.: Издательство, 1948. – 504 с.
5. Таганов И.Н. Моделирование процессов массо- и энергопереноса. – Л.: Химия, 1979. – 203 с.
6. Темпел Б. Хемосорбция. – М.: ИЛ, 1958. – 382 С.

7. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. – М.: Машгиз, 1962. – 368 с.
8. Лыков А.В. Теория теплопроводности. – М.: Высш. шк., 1967. – 599 с.
9. Лыков А.В. и Михайлов Ю.А. Теория тепло-и массопереноса. – М.: Госэнергоиздат, 1963. – 389с.
10. Эккерт Э.Р., Дрейк Р.М. Теория тепло-и массообмена. – М.: Госэнергоиздат, 1962. – 562 с.
11. Де Гроот С., Мазур П. Неравновесная термодинамика. Пер. с франц. – М.: Мир, 1964, - 456 с.
12. Вайнберг А.М. Математическое моделирование процессов переноса. Решение нелинейных краевых задач. – Москва-Иерусалим, 2009. – 210 с.
13. Бояджиев Х, Бешков В. Массоперенос в движущихся пленках жидкости /Пер. с англ.- М. : Механика. – Вып. 43. – 1988. – 136 с.
14. Кафаров В.В. Основы массопередачи. – М.: Высш.шк., 1962. – 416 с.
15. Гиршфельдер Дж., Кертис Ч., Берд Р. Молекулярная теория газов и жидкостей. Пер. С англ.- М.: Издат инлит, 1961. – 929 с.
16. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. Пер. с нем. – М.: Наука, 1969. – 742 с.
17. Маделунг Э. Математический аппарат физики. Пер. с англ.. – М.: Физматгиз, 1968. – 618 с.
18. Самарский А.А., Михайлов В.П. Математическое моделирование. Нелинейные дифференциальные уравнения математической физики. – М.: «Наука», 1987. - 280 с.
19. Гораздовский Т.Я. Домены реологических полей. – ДАН СССР, 1986, т. 287, №5. – С.1118-1122.
20. Стенцель Й.И. Фотоколориметричні газоаналізатори. Монографія. – К.: ІСДО. 1995. – 126 с.
21. Астарида Дж. Массоперенос с химической реакцией. – М.: Химия, 1971. – 493 с.

References

1. Frank-Kamenetchkij D.A. Dyffuzija i teploperedatcha v chimicheskoj kinetike.. – М.: Nauka, 1987. -502 s.
2. Ramm V.M. Absorbchionnye prochessy v chimicheskoj promyshlennosti. – М.: Goschimizdat, 1951. – 386 s.
3. Berd R., Stjuart V., Lajftut E. Javlenija perenosa. – М.: Chimija 1974. – 688 s.
4. Barrer R. Diffuzija v tvjerdych telach. – М.:Izdatinlit., 1948. – 504 s.
5. Taganov I.N. Modelirovanije prochessov masso-i energoperenosa. – L.: Chimija, 1979. - 203 s
6. Tempel B. Chemosorbchija. – М.: IL, 1958. – 382 s.
7. Kutateladze S.S.. Osnovy teoriji teploobmena. – М.: Mashgiz, 1962. – 368 s
8. Lykov A.V. Teorija teploprovodnosti. – М.: Vyssh. shk., 1967. – 599 s.
9. Lykov A.V. i Mychajlov Ju.A. Teorija tepmo- i massoperenosa. – М.: Gosenergoizdat, 1963. – 389 s
10. Ekkert E.R., Drejk R.M. Teorija teplo- i massoperenosa. – М.: Gosenergoizdat, 1962. – 562 s.
11. De Groot C., Mazur P. Neravnovesnaja termodinamika. Per. s frans. – М.: Mir, 1964, - 456 s.
12. Vajnberg A.M. Matematicheskoe modelirovanije proscssov perenosa. Reshenije nelinejnyh krajevych zadatch. – Moskva-Ijerusalim, 2009. – 210 s.
13. Bojadjiev Ch., Beshkov V. Massoperenos v dvijustichsja pljonkach jidkostjach. /Per. s angl.- М. : Mechanika. – Vyp. 43. – 1988. – 136 s.
14. Kafarov V.V. Osnovy massoperedachi. – М.: Vyssh. shk., 1962. – 416 s.
15. Girshfelder Dj, Kertis Ch., Berd R. Molekuljarnaja teorija gazov i jidkostey. Per. s angl...- М.: Izdat. inlit., 1961. – 929 s.
16. Shlichting H.. Teorija pograničnogo sloja. Per. s nem. – М.: Nauka, 1969. – 742 s.
17. Madelung E. Matematicheskij apparat fiziki.. Per. c angl.. – М.: Fixmatgiz, 1968. – 618 s.
18. Samarskiy A.A., Michajlov V.P. Matematicheskoe modelirovanije. Nelineynyje differenczialnye uravnenija matematicheskoy fiziki. – М.: «Наука», 1987. - 280 s.
19. Gorazdovsrij T. Ja. Domeny reologiticheskich polej. – DAN SSSR, 1986, t. 287, №5. – S.1118-1122.
20. Stentsel I.I. Fotokolorymetrychni gazoanalizatory. Monografija.. – К.: ISDO. 1995. – 126 s.
21. Astarida Dj. Massoperenos s chimicheskoj reakcijey.. – М.: Chimija, 1971. – 493 s.

Рецензія/Peer review : 6.7.2013 р. Надрукована/Printed :21.12.2013 р.