

ВЛИЯНИЕ ПОРИСТОСТИ И ВЯЗКОСТИ НА ФИЛЬТРАЦИЮ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ ЧЕРЕЗ ДВУХСЛОЙНУЮ СТЕНКУ КАПИЛЛЯРА*

Н.Н. Назаренко, А.Г. Князева

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, Россия

Представлена модель течения биологической жидкости в капилляре с двухслойными пористыми стенками. Проведено исследование влияния пористости и параметров вязкости для двух режимов течения: диффузионного и конвективного. Вязкость биологической жидкости влияет сильнее при увеличении пористости внутреннего слоя капилляра. Скорость в области границ раздела возрастает, когда слои стенки капилляра имеют разную пористость, что связано с возрастанием градиента концентрации, который увеличивается на границе областей.

Ключевые слова: *фильтрация, диффузия, пористость, капилляр, вязкость.*

Введение

Процессы течения жидкости через пористые среды широко распространены в различных сферах жизнедеятельности человека: в промышленности, строительстве, сельском хозяйстве, медицине и др. Структура биологических пористых сред многоуровневая. Наряду с макроскопическими порами имеется много капилляров. Стенки пор, в свою очередь, состоят из нескольких слоев, каждый из которых имеет свою структуру. Свойства поверхностей пор и капилляров также влияют на течение биологических жидкостей. К основным биологическим жидкостям человека относятся кровь, тканевая жидкость и лимфа. Помимо моделирования течения крови в крупных сосудах [1–4] в литературе имеется ряд работ, в которых моделируется течение в капиллярах. Например, в работе [5] проанализированы три варианта математических моделей, описывающих течение вязкой несжимаемой жидкости в длинном цилиндрическом капилляре, внутренняя поверхность которого покрыта проницаемым пористым слоем. Моделированию кровотока в капиллярах посвящено много работ. Авторы исследуют влияние на движение жидкости в капиллярах для различных параметров: радиуса и формы капилляров [6], динамики транспорта кислорода [7], гемодинамики сосудистых протезов и имплантатов [8, 9], разветвленности капилляра [10] и др.

Сердечно-сосудистая система предназначена для доставки обогащенной кислородом крови к тканям организма. Непосредственный обмен веществ между кровью и тканями осуществляется через стенки капилляров. Особенностью кровотока в капиллярах является частичное изменение состава и объема движущейся жидкости. Различные органы имеют разную ультраструктуру капилляров. Проницаемость изменяется вдоль капилляра, возрастая от артериального конца к венозному. Патологические изменения реологических свойств крови лежат в основе возникновения и развития широкого круга заболеваний, особенно это касается заболеваний сердца и сосудов на фоне атеросклероза. Основными факторами, определяющими реологические свойства крови, являются вязкость и гематокрит. Основные причины сгущения крови – недостаток воды и ряд заболеваний. Так, например, при диабете вязкость крови повышается примерно в 5 раз, а при туберкулезе наоборот вязкость снижается в 4 раза. Поэтому является актуальным и важным исследовать процесс фильтрации биологической жидкости через пористые стенки капилляра при варьировании вязкостных свойств жидкости.

В настоящей работе для исследования влияния пористости стенок капилляра и вязкости биологической жидкости предложена модель течения в капилляре с двухслойными стенками.

Постановка задачи

Представим капилляр цилиндром с двухслойными стенками. По всей длине цилиндра параметры течения одинаковы, что позволяет ограничиться одномерной моделью (рис. 1).

Стенка капилляра состоит из двух слоев с толщинами $R_3 - R_2$ и $R_2 - R_1$, где R_1 – радиус макропоры, R_2 и R_3 – радиусы внутреннего и внешнего слоев капилляра. Один из слоев стенки капил-

* Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2021-0007.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>