

ПОЛУФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ
В БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ, ОСНОВАННЫЕ НА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ
УРАВНЕНИЯХ ВТОРОГО ПОРЯДКА

Н.И. Чопчиц, Т.Д. Зыкова

Полуфеноменологические модели транспорта радионуклидов в биологических системах, основанные на дифференциальных уравнениях первого порядка [1], независимо от их конкретных особенностей имеют ряд существенных недостатков, важнейшим из которых является искусственное введение характерного времени запаздывания τ биологических процессов транспорта и нарушение гладкости функции, определяющей временную зависимость удельной активности органов биологической особи при скачкообразных изменениях активности потребляемой пищи, что представляется неудовлетворительным по физическим соображениям.

Указанные недостатки могут быть устранены в моделях, основанных на дифференциальных уравнениях второго порядка (коротко моделях второго порядка). В модели, описывающей загрязненность тканевой системы, используется представление об организме как о двухступенчатой открытой системе, в которой ступень I может ассоциироваться с желудочно-кишечным трактом, а ступень II - с собственно тканевой системой.

Рассматривая процессы обмена при малых концентрациях радионуклидов (линейное приближение) в духе перколяционных представлений о использовании классической размерности системы транспорта, можно получить следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dm_{i,1}}{dt} = \beta \frac{m_o A_o}{h_1} - m_{i,2} \\ \frac{dm_{i,2}}{dt} = -\alpha m_{i,2} + m_{i,1} \\ m_{i,2} = f_1 m_{i,1} - f_2 m_{i,2} \end{cases} \quad (1)$$

где $m_{i,1}$ ($i=1, \bar{n}$) — масса радионуклида в соответствующих ступенях, A_o — удельная активность радионуклида, m_o — масса пищи, потребляемая особью в единицу времени, h_o — удельная активность пищи, α, β, f_1 и f_2 — феноэкологические константы, определяемые при верификации модели.

Процедура верификации существенно упрощается тем, что постоянные β, f_1 и f_2 выражаются через α и экспериментальные данные, описывающие стационарный режим жизнедеятельности особи. Так что единственным свободным подгоночным коэффициентом является параметр α .

В нестационарном режиме, реализуемом, например, когда начиная с некоторого момента особь начинает получать наряду с пищей, имеющей активность A_o и пищу с удельной активностью A_o^* . В данном случае система (I) тоже реализуется. Если предположить, что масса особи остается постоянной можно перейти к следующему дифференциальному уравнению относительно удельной активности A тканевой системы

$$\frac{d^2 A}{dt^2} + (f_1 + f_2 + \alpha) \frac{dA}{dt} + f_2 \alpha A = \frac{\alpha \beta}{m} (m_o' + m_o^* A_o^*) \quad (2)$$

где m — масса особи, m_o' и m_o^* — массы пищи, имеющей активность A_o и A_o^* соответственно и потребляемой в единицу времени в нестационарном режиме. Массы m_o' и m_o^* связаны

с m , соотношением, вытекающим из энергетического баланса, обеспечивающего постоянство m .

Данная модель легко обобщается на случай зависимости массы от времени. Известно, что живой организм можно представить как термодинамическую систему с не очень высоким механическим КПД ($\sim 0,1$). Тогда к системе (1) добавляется соотношение (3) с учетом режима питания пиццей, имеющей удельную активность

$$A_0.$$
$$\frac{d^2 A}{dt^2} + \left[\frac{2}{m} \frac{dm}{dt} + (\sigma_1 + \sigma_2 + d) \right] \frac{dA}{dt} + \left[\frac{1}{m} \frac{d^2 m}{dt^2} + (\sigma_1 + \sigma_2 + d) \right] \cdot$$
$$\cdot \left[\frac{1}{m} \frac{dm}{dt} + \sigma \cdot d \right] A = \frac{\sigma_1 \beta A_0}{\chi m c_0} \left(\frac{1}{r} \frac{dm}{dt} - \kappa m v_0 \right) \quad (3)$$

где χ - отношение массы тканевой системы к массе особи,

Γ - коэффициент определяющий эффективность трансформации поступающей с пиццей в массу особи энергии. Этот коэффициент легко определяется экспериментально.

Решение уравнения (3) можно получить, используя кусочно-линейную аппроксимацию экспериментальной зависимости массы особи от времени.

В данной модели также разумными представляются предположения о фрактальном механизме обмена радионуклидами между желудочно-кишечным трактом и мышечной системой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н.И.Чопчиц, И.А.Сатиков. Фрактальные механизмы транспорта радионуклидов в биологических системах. -Тезисы докладов международного семинара "Открытые системы - избранные вопросы теории и эксперимента". - Брестский политехнический институт. Брест, 1992.