

**С.В. БАРАНОВСЬКИЙ**

Навчально-науковий інститут автоматичної, кібернетики і обчислювальної техніки  
Національного університету водного господарства та природокористування,  
Рівне, Україна, e-mail: *svbaranovsky@gmail.com*.

**А.Я. БОМБА**

Навчально-науковий інститут автоматичної, кібернетики і обчислювальної техніки  
Національного університету водного господарства та природокористування,  
Рівне, Україна, e-mail: *abomba@ukr.net*.

**УЗАГАЛЬНЕННЯ МОДЕЛІ ІНФЕКЦІЙНОГО ЗАХВОРЮВАННЯ  
З УРАХУВАННЯМ ДИФУЗІЙНИХ ЗБУРЕНЬ, ЛОГІСТИЧНОЇ  
ДИНАМІКИ ТА БІОСТИМУЛЯЦІЇ**

**Анотація.** Узагальнено математичну модель біінфекції для умов зосередженого автоматизованого керування з урахуванням дифузійних збурень, біостимуляції та логістичної динаміки вірусних елементів і антитіл. Розв'язання вихідної сингулярно збуреної задачі із запізненнями представлено у вигляді адаптованої у відповідний спосіб покрокової чисельно-асимптотичної процедури наближення. Представлено результати комп'ютерних експериментів, які демонструють особливості впливу біостимуляції та імунотерапії на розвиток хронічного захворювання у разі врахування дифузійного «розсіювання» та логістичної популяційної динаміки вірусів і антитіл. Також показано, що в умовах дифузійного «розсіювання» застосування лише біостимуляції є недостатнім для отримання бажаного лікувального ефекту у стаціонарному стані. Наголошено, що у практичних ситуаціях під час прийняття рішень щодо лікування хронічних захворювань доцільним є застосування дискретної процедури адаптивного автоматичного керування імунною реакцією з комплексним використанням біостимуляції та імунотерапії.

**Ключові слова:** модель інфекційного захворювання, біостимуляція, динамічні системи із запізненням, асимптотичні методи, сингулярно збурені задачі, зосереджені впливи, логістична динаміка.

**ВСТУП**

Створення спеціалізованих експертних систем прийняття рішень та їхнє ефективне застосування під час лікування вірусних та бактеріальних інфекцій зумовлює потребу в розробленні відповідного банку моделей для надійного прогнозування розвитку захворювання в різних ситуаційних станах та за різних умов, в тому числі, з урахуванням різних керованих зовнішніх лікувальних впливів. На основі найпростішої моделі інфекційного захворювання [1], для якої отримані стаціонарні розв'язки та обґрунтовано її адекватність реальному процесу, можна здійснити прогнозування загальної тенденції перебігу захворювання залежно від імунного статусу організму щодо даного типу вірусів, а саме від ідентифікованих за даними медичних спостережень параметрів моделі та початкових умов. Зокрема, відповідно до встановлених за допомогою базової моделі типів розв'язків, що визначаються імунним статусом організму і не залежать від дози зараження, можна з'ясувати, якою є форма перебігу захворювання: субклінічною, гострою, хронічною чи летальною [1]. У разі субклінічної форми захворювання кількість антигенів не перевищує імунологічного бар'єра, а імунна система забезпечує їхнє швидке виведення з організму. У разі гострої форми захворювання відбувається швидке зростання кількості антигенів та відповідне потужне реагування на них імунної системи, що забезпечує різке зниження кількості збудників захворювання практично до нуля. На відміну від цих форм у разі хронічного захворювання імунна система не здатна знешкодити усі вірусні частинки. Певна кількість вірусів протягом тривалого часу залишається в організмі.

© С.В. Барановський, А.Я. Бомба, 2023