

УДК 517.925

В. В. ВОЙТОВИЧ, И. Н. МЕЛЬНИКОВА

Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТА МАТЕМАТИСА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ КОНКУРИРУЮЩИХ ВИДОВ

Методы искусственного биосинтеза популяций микроорганизмов находят широкое применение в современной биологии и медицинской промышленности. При этом выращивание полезной биомассы микроорганизмов бактерий производится в специальных приборах – хемостатах и био-реакторах.

Термин «хемостат» (впервые был предложен Новиком и Сцилардом), обозначает лабораторное устройство микробиологии, в котором изучают динамику развития популяций микроорганизмов. Хемостат предназначен для непрерывного культивирования микроорганизмов и состоит из трех основных частей: герметичного резервуара, заполненного специальным раствором (субстратом), устройства подачи питающего субстрата и выходного отверстия для выхода приростшей биомассы.

В данной статье также рассмотрим систему Mathematica. Mathematica – *система компьютерной алгебры* (программный пакет «Математика»), широко используемая в научных, инженерных, математических и компьютерных областях. Изначально система была разработана Стивеном Вольфрамом, впоследствии – компанией WolframResearch.

Основные аналитические возможности следующие: решение систем полиномиальных и тригонометрических уравнений и неравенств, а также трансцендентных уравнений, сводящихся к ним; решение рекуррентных уравнений; упрощение выражений; нахождение пределов; интегрирование

и дифференцирование функций; нахождение конечных и бесконечных сумм и произведений; решение дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных; преобразования Фурье и Лапласа, а также Z-преобразование; преобразование функции в ряд Тейлора, операции с рядами Тейлора: сложение, умножение, композиция, получение обратной функции; вейвлетный анализ.

Управление скоростью роста биомассы в хемостате осуществляется путем изменения концентрации питательного субстрата, которая регулируется либо скоростью подачи субстрата, либо скоростью вымывания (удаления) продуктов жизнедеятельности на выходе хемостата.

В микробиологии общепринят эмпирический подход к построению моделей. Из всех факторов, влияющих на рост клетки, выбирают лимитирующий и опытным путем находят зависимость скорости роста от его концентрации. В общем виде кинетика концентрации клеток в непрерывной культуре описывается уравнением:

$$\frac{dx}{dt} = x(\mu - \nu).$$

Здесь x – концентрация клеток в культиваторе; μ – функция, описывающая размножение популяции. Она может зависеть от концентрации клеток x , концентрации субстрата (обычно обозначается S), температуры, pH среды и прочих факторов; ν – скорость вымывания.

Для поддержания культуры в области нелимитированного роста требуются внешние регуляторы. В случае лимитирования роста внешним фактором, например недостатком субстрата, стационарный режим работы культиватора устанавливается путем саморегуляции. Это имеет место в природных проточных системах и в наиболее распространенном типе непрерывных культиваторов – хемостате, где задается скорость разбавления культуры или скорость протока. Теория хемостата впервые была разработана Моно (1950) и Гербертом (1956) и с той поры постоянно совершенствуется. В современных моделях учитывается структурная неоднородность биомассы, возрастная неоднородность культуры (распределение численностей особей по возрастам в популяции), применяется дискретное и непрерывное представление возрастной структуры и другие детали культивирования.

Изменением параметров колебаний входного потока субстрата можно осуществлять управление процессами выживания и вымирания различных популяций, находящихся внутри хемостата. В частности, для случая двух популяций популяция вымирающая при постоянной концентрации входного потока субстрата при периодическом входном воздействии может иметь плотность большую, чем стационарная плотность популяции, выживаю-

щей при постоянной концентрации. Данный факт может иметь большое практическое значение, поскольку он дает возможность управлять процессами производства полезной биомассы и получать различные выходные продукты, не строя специализированные биореакторы, а просто меняя амплитуду и частоту колебаний концентрации субстрата на входе хемостата.