

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВОЛЬТЕРРА К ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ АГРОРЭКОСИСТЕМЫ

Ю.В. ЧИГАРЕВ, д.ф.-м.н., профессор (БГАТУ)

**Ф**изико-математическое моделирование агробиологических процессов можно рассматривать в рамках процесса "хищник-жертва" [1] предложенной Вольтера (1930). Рассмотрим поле, размеры которого ограничены. Считаем, что дождевые черви (ДЧ) живут, размножаются и умирают на этом ограниченном пространстве. Гибель червей может быть возрастной, а может зависеть от искусственно созданных биологических условий, например, от переуплотнения почвы или чрезмерных доз химических удобрений.

В свою очередь уплотнение почвы зависит от количества проходов трактора или другого сельскохозяйственного агрегата по полю [2]. Будем считать, что число жертв (ДЧ) зависит от числа проходов с/х деформатора (СД) т.е. (ДЧ) = f(СД)

Обозначим через X - число жертв (ДЧ), а через Y - число проходов (СД).

В общем случае число проходов (СД) зависит от технологии возделывания и вида выращиваемой культуры, климатических условий, культуры земледелия и т.д., и поэтому является функцией времени. Согласно модели Вольтерра, можно записать

$$\frac{dX}{dt} = k_1 X - kXY, \quad (1)$$

$$\frac{dY}{dt} = k^1 XY - k_2 Y, \quad (2)$$

где  $k_1$  - коэффициент, характеризующий размножение (ДЧ)

$k_2$  - коэффициент характеризующий снижение проходов (СД)

за счет совершенствования технологии.

$k$  - коэффициент, характеризующий убыль (ДЧ) вследствие проходов (СД)

$k^1$  - параметр, характеризующий увеличение проходов (СД), в результате которых погибают дождевые черви.

Если X и Y не зависят от времени, то

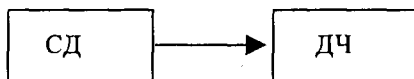
$$\frac{dX}{dt} = 0 \quad \text{и} \quad \frac{dY}{dt} = 0,$$

и из уравнений (1) и (2) получается

$$X^0 = \frac{k_2}{k^1}$$

$$Y^0 = \frac{k_1}{k}$$

Уравнения описывают стационарное состояние механобиологической модели:



Решение нестационарных уравнений (1) и (2) представим следующим образом. Пусть решение уравнения (1) и (2) есть

$$X = X^0 + xe^{\lambda t}, \quad (3)$$

$$Y = Y^0 + ye^{\lambda t}, \quad (4)$$

где

$$|X| < X^0$$

$$|Y| < Y^0$$

Подставляя (3) и (4) в (1) и (2) соответственно получим уравнения

$$\lambda X + \frac{kk_2}{k^1} Y = 0 \quad (5)$$

$$-\frac{k^1 k_1}{k} X + \lambda Y = 0 \quad (6)$$

Условие их совместности имеет вид

$$\begin{vmatrix} \lambda & \frac{kk_2}{k^1} \\ \frac{k^1 k_1}{k} & \lambda \end{vmatrix} = 0$$

$$\lambda^2 - k_1 k_2 = 0 \quad (7)$$

В характеристическом уравнении (7)

$$\lambda = i\omega, \quad \text{а} \quad \omega = \sqrt{k_1 k_2};$$

Величина  $\omega$  - называется круговой частотой, а  $\lambda$  - частотой

$$\lambda = \frac{\omega}{2\Pi} = \frac{1}{2\Pi} \sqrt{k_1 k_2} \quad (8)$$

Как следует из (8)  $\lambda$  не зависит от постоянных  $k$  и  $k^1$ , т.е. частота колебаний рассматриваемого биологического процесса не зависит от параметров убыли (ДЧ) в результате проходов (СД) и увеличения проходов (СД) в результате которых погибают дождевые черви.

Преобразовав уравнения (5) - (7)

$$\lambda^2 X^2 = \frac{k^2 k_2^2}{k} Y^2 +$$

$$\frac{k^1 k_1^2}{k^2} X^2 = \lambda^2 Y^2$$

$$\lambda^2 X^2 + \frac{k^2 k_2^2}{k} X^2 = \frac{k^2 k_2^2}{k^{12}} Y^2 + \lambda^2 Y^2;$$

$$X^2 \left( \frac{\lambda^2 k^2 + k'^2 k_1^2}{k^2} \right) = Y^2 \left( \lambda^2 + \frac{k^2 k_2^2}{k^{12}} \right).$$

Можно получить выражение аналогичное [1]

$$\frac{|X|}{|Y|} = \frac{k}{k'} \sqrt{\frac{k_2}{k_1}} \quad (9)$$

где  $|X|$  и  $|Y|$  - соответствующие амплитуды колебательных процессов популяции дождевых чер-

вей и количества проходов с/х деформаторов по полю, связанных с технологией и видом выращиваемой культуры.

Так как корни  $\lambda_1 = -\lambda_2$  мнимые, то в системе происходят незатухающие колебания с особой точкой типа центра.

Фазовые траектории колебаний представляют собой концентрические эллипсы. Согласно теории колебаний, рассматриваемая система относится к "негрубым" т.е. малые изменения параметров системы могут изменить ее общее поведение. В этом случае особые точки изменяют

свой характер: неустойчивый фокус  $\rightarrow$  центр  $\rightarrow$  устойчивый фокус.

Таким образом, данный подход позволяет проанализировать процесс воздействия сельскохозяйственных деформаторов на почву и развитие популяции дождевых червей.

### Литература

1. Волькенштейн М.В. Биофизика. М., 1988
2. Чигарев Ю.В. Термодинамический подход к исследованию критических уровней агроэкологических систем. Вести А.Н.Б., сер. физ.-техн. н. N 3, 1995.

## Новое у наших коллег

# ВЛИЯНИЕ ПОДСЕВА БОБОВЫХ ТРАВ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ТРАВЯНЫХ КОРМОВ НА ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ ЗАПАДА БЕЛАРУСИ

А.С. МЕЕРОВСКИЙ, д.с.-х.н.; Е.В. КАЛЕНСКАЯ (БелНИИМиЛ)

**В** последние годы [1, 2, 3, 4, 5, 6] установлено, что подсев бобового компонента в дернину злакового травостоя позволяет повысить урожайность и улучшить биохимический состав и качество кормов, а также снизить экономические и энергетические затраты их производства. В связи с этим нами проведена оценка эффективности подсева бобовых трав в дернину злаковых трав, возделываемых на торфяных почвах. Как известно, сохранение продуктивного долголетия многолетних трав на этих землях, помимо решения проблемы кормов, способствует также сохранению органического вещества.

Полевые опыты проводились

на мелиорированных землях Западной Беларуси в колхозе «Приеманский» Гродненского района, на осушенных среднемощных торфяных почвах развитых на тростниково-осоковом торфе. Агрохимические показатели: рН(в КС1) = 6,0 – 6,5, содержание общего азота – 2,8 – 3,0%, подвижных –  $P_2O_5$  – 305 – 317,  $K_2O$  – 235 – 245 мг/кг сухой почвы. В режиме трёхкратной косыбы изучались трёх- и четырёхкомпонентные злаковые и бобово-злаковые травосмеси с участием в качестве ведущих компонентов ежи сборной, лисохвоста лугового, костреца безостого и тимopheевки луговой. В качестве бобового компонента в соответствующие травосмеси вводился клевер гиб-

ридный сорта Красавик. В связи с его выпадением из травостоя, к моменту начала ведения исследований, встал вопрос о дальнейшем использовании травостоев. Следует отметить, что злаковые травостои сохранили исходный состав и могли обеспечивать высокую продуктивность при внесении азотных удобрений. С целью их экономии было принято решение посеять в дернину клевер гибридный. Подсев осуществлён в начале апреля 1997 года фрезерной сеялкой МД-3,6, при норме высева семян 3 кг/га (100% - ной годности). Сеялка МД-3,6 фрезерует бороздки шириной 25-30 мм и на глубине 30-40 мм, высевая и заделывая семена слоем рыхлой почвы примерно 10 мм. Распре-