

МЕХАНИЗМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Кандидаты техн. наук, доценты ЗАЙЦЕВА Н. К., ГАРКУША К. Э.

Белорусский государственный аграрный технический университет

Анализ экосистем животноводческих комплексов связан с построением статистической модели энергетических потоков, позволяющих определять основные показатели, находить общие закономерности и различия в их функционировании.

Специфика сельскохозяйственной отрасли животноводства состоит в том, что составление модели и энергобаланса должно не только содержать значения технологических систем, но и учитывать наличие биологических систем, отличающихся большей сложностью протекания энергетических процессов [1]. Это особенно важно сегодня, когда из-за дефицита оборотных средств, высоких цен на энергоносители многие хозяйства частично или полностью стали отказываться от обогрева животноводческих помещений, нарушая тем самым микроклимат. Отсюда – перераспределение потоков энергии, вызывающее увеличение потока энергии, которая поступает в организм животных с кормами.

Как показали результаты исследований, содержание животных в сырых и плохо вентилируемых помещениях приводит к снижению привесов на 20...30 %, уменьшению удоев на 10...20 %, снижению яйценоскости птицы на 30...35 % и увеличению заболеваемости молодняка в 2...3 раза. Отсутствие надлежащего микроклимата окружающей среды – одна из причин увеличения расходов кормов на 20...30 % и сроков выращивания и откорма в 1,6...1,8 раза по сравнению с зоотехническими нормами.

Экосистема животноводческого комплекса может быть представлена компартментальной моделью [2, 3]. Одним из важнейших показателей экосистемы является модифицированный индекс цикличности, который устанавливает меру близости рассматриваемой системы к состоянию равновесия. Модифицированный индекс цикличности представляет собой отношение циркулирующего потока энергии в экосистеме T_c к прямому потоку энергии через экосистему T_s . При этом суммарный поток T состоит из прямого и циркулирующего потоков [4]

$$T = T_c + T_s.$$

Нахождение одновременно T_c и T_s на основе единой потоковой диаграммы в сложной экосистеме затруднено.

Для решения указанной выше проблемы используется матрица вида [5]

$$Q = (I - P)^{-1},$$

где I – единичная матрица; P – матрица, элементы которой есть отношение потока из j -го компартмента в i -й к суммарному потоку через i -й компартмент.

Для рассматриваемой модели матрица P будет иметь вид:

$$P = \begin{pmatrix} \frac{f_{11}}{f_{11} + f_{12} + f_{13}} & \frac{f_{12}}{f_{11} + f_{12} + f_{13}} & \frac{f_{13}}{f_{11} + f_{12} + f_{13}} \\ \frac{f_{21}}{f_{21} + f_{22} + z_2} & \frac{f_{22}}{f_{21} + f_{22} + z_2} & 0 \\ \frac{f_{31}}{f_{31} + f_{32} + z_3} & 0 & \frac{f_{33}}{f_{31} + f_{32} + z_3} \end{pmatrix};$$

$$(I - P) = \begin{pmatrix} \frac{f_{12} + f_{13}}{f_{11} + f_{12} + f_{13}} & \frac{-f_{12}}{f_{11} + f_{12} + f_{13}} & \frac{-f_{13}}{f_{11} + f_{12} + f_{13}} \\ \frac{-f_{21}}{f_{21} + f_{22} + z_2} & \frac{f_{21} + z_2}{f_{21} + f_{22} + z_2} & 0 \\ \frac{-f_{31}}{f_{31} + f_{32} + z_3} & 0 & \frac{f_{31} + z_3}{f_{31} + f_{32} + z_3} \end{pmatrix}.$$

Модифицированным индексом цикличности по Финну [4] является отношение циркулирующего потока в экосистеме к прямому потоку через нее

$$CI = \frac{T_C}{T_S} = \frac{\sum_{i=1}^n (q_{ii} - 1) y_i}{T - \sum_{i=1}^n (q_{ii} - 1) y_i},$$

где q_{ii} – диагональные элементы матрицы Q ; y_i – внешний выходной поток из i -го компартмента; n – число компартментов; T – суммарный поток через систему; $\sum_{i=1}^n (q_{ii} - 1) y_i$ – циркулирующая порция энергии в экосистеме.

Суммарный поток энергии через экосистему может быть определен по выражению

$$T = T_S + T_C = T_S + \sum_{i=1}^n (q_{ii} - 1) y_i.$$

После ряда преобразований матрицы $(I - P)$ получим матрицу $Q = (I - P)^{-1}$

$$Q = \begin{pmatrix} q_{11} & q_{12} & q_{13} \\ q_{21} & q_{22} & q_{23} \\ q_{31} & q_{32} & q_{33} \end{pmatrix},$$

где

$$q_{11} = \frac{(f_{11} + f_{12} + f_{13})(f_{21} + z_2)(f_{31} + z_3)}{(f_{12} + f_{13})(f_{21} + z_2)(f_{31} + z_3) - f_{13}f_{31}(f_{21} + z_2) - f_{12}f_{21}(f_{31} + z_3)}$$

Ввиду громоздкости получаемых выражений введем обозначения:

$$a = f_{12} + f_{13}; \quad b = f_{21} + z_2; \quad c = f_{31} + z_3; \quad d = f_{13}f_{31}; \quad k = f_{12}f_{21}.$$

Тогда:

$$q_{11} = \frac{(f_{11} + a)bc}{abc - db - kc}; \quad q_{12} = \frac{f_{12}(f_{22} + b)c}{abc - db - kc}; \quad q_{13} = \frac{f_{13}(f_{33} + c)b}{abc - db - kc};$$

$$q_{21} = \frac{f_{21}(f_{11} + a)c}{abc - db - kc}; \quad q_{22} = \frac{(f_{22} + b)ac - d}{b(ac - d) - kc}; \quad q_{23} = \frac{f_{12}f_{31}(f_{22} + b)}{abc - db - kc};$$

$$q_{31} = \frac{f_{31}b(f_{11} + a)}{b(ac - d) - kc}; \quad q_{32} = \frac{f_{13}f_{21}(f_{33} + c)}{abc - db - kc}; \quad q_{33} = \frac{(f_{33} + c)(ab - k)}{(ab - k)c - db};$$

$$f_{22} = b - f_{12} - y_2; \quad f_{11} = a - f_{21} + y_2; \quad f_{33} = c - f_{13}.$$

Выбранные зависимости потоков f_{ij} , z_i , y_i связаны с особенностями функционирования экосистемы. Модифицированный индекс цикличности показывает, во сколько раз обменные процессы внутри экосистемы интенсивнее обмена со средой, и гипотетически может изменяться в пределах $[0; +\infty]$.

Потоки f_{11} , f_{22} , f_{33} являются внутренними в компартментах экосистемы и зависят только от запасов соответствующих компартментов. Потоки f_{12} и f_{13} намного меньше максимальных, которые влияют на продуктивность животных и принадлежат к донорскому типу. Недостаток интенсивности внешних потоков экосистемы частично или полностью компенсируется внешними реципиентными потоками z_2 и z_3 . Выходные потоки y_1 и y_2 принадлежат к донорскому типу, так как зависят от запасов посылающих компартментов [4, 5].

ВЫВОДЫ

1. Если модифицированный индекс цикличности $CI=1$; $T_c = T_s$, то $T = T_c + T_s = 2T_c$. Наступает равновесие экосистемы.

2. Если CI изменяется в пределах $]0; +1[$, то $T_c < T_s$. Происходит интенсивный процесс обмена с внешней средой и наблюдается слабовыраженный внутренний поток.

3. Если CI изменяется в пределах $]0; +\infty)$, то $T_c > T_s$. Возможно пренебрежение процессами обмена с внешней средой, так как внутренние процессы являются преобладающими.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимович Л. С., Гургенидзе И. И. Энергоемкость производства сельскохозяйственной продукции // Вопросы агроэнергетики: Сб. науч. трудов / Под ред. Е. М. Зайца. – Мн.: УП «Технопринт», 2001. – 239 с.

2. Зайцева Н. К., Гаркуша К. Э. Модель энергетических потоков в животноводческих комплексах // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2002. – № 2. – С. 85–89.

3. Фельдман О. В. Поточные модели агроэкосистем // Математическое моделирование. – 1999. – Т. 11. – № 10. – С. 31–48.

4. Finn J. T. Measures of ecosystem structure and function derived from analysis of flows // J. Theor. Biol. – 1976. – V. 56. – P. 363–380.

5. Денисенко Е. А. Механизмы функционирования и структурной организации агроэкосистем. – М.: Ин-т геол. АН РФ, 1990.

Представлена кафедрой
энергетики

Поступила 1.07.2002

УДК 518:517.392

ПРИБЛИЖЕННОЕ РЕШЕНИЕ СМЕШАННОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ СТАЦИОНАРНОЙ ТЕОРИИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ В ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ФУНКЦИЯХ

Канд. физ.-мат. наук, доц. ЛАСЫЙ П. Г.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрим классическую смешанную краевую задачу для уравнения Лапласа в круге радиусом $R > 0$:

$$\Delta u = \frac{1}{r^2} (r(ru'_r))'_r + u''_{\varphi\varphi} = 0; \quad (1)$$

$$(u'_r + \alpha u)|_{r=R} = f(\varphi), \quad (2)$$

где $R \ni \alpha > 0$, а граничную функцию $f(\varphi)$ мы будем предполагать кусочно-монотонной и удовлетворяющей условию Липшица на отрезке $[-\pi, \pi]$