MATHEMATICAL MODEL OF DISTANT-PASTURE HORSE BREEDING (BY THE EXAMPLE OF KENYA)

D.I.Lyuri[1], S.Yu.Malkov[2], A.S.Malkov[3]

smalkov@nm.ru

Geographical Institute[1], Academy of Military Science[2], Institute of Applied Mathematics[3]

The work concerns mathematical modeling of resource consuming. The model of oscillations of livestock in Kenya was elaborated. The model investigates the origins of ecological catastrophes.

Работа поддержана РФФИ (проекты №04-06-80225, 02-06-80219).

Работа проводилась в контексте исследований, посвященных отработке методов математического моделирования антропогенных кризисов и экологических катастроф. Объектом моделирования были кризисы животноводства в странах Африки, в частности, кризисы отгонного животноводства в Кении во второй половине XX века [1] (см. рис.1). Разработанная модель включает в себя уравнения, описывающие изменение кормовой базы G (травы на пастбищах) и изменение поголовья скота C:

$$dG/dt = g_p(G) - g_z(C)\cdot G - g_n(G/C)\cdot C, \quad (1)$$

$$dC/dt = c_p(G/C)\cdot C - c_z(G/C)\cdot C - c_n(C, t). \quad (2)$$

В уравнениях приняты следующие обозначения:

$g_p(G)$ — количество травы, вырастающей на пастбищах в единицу времени;

$g_z(C)$ — доля общего количества травы, которая в конечном счете естественным образом высыхает (не съедается скотом);

$g_n(G/C)$ — количество травы, съедаемой одной коровой в среднем в единицу времени;

$c_p(G/C)$ — скорость воспроизводства скота (мальтузианский коэффициент);

$c_г(G/C)$ — доля поголовья скота, умирающего в единицу времени в силу природных причин;

$c_n(C, t)$ — количество голов скота, забиваемых в единицу времени с целью потребления.

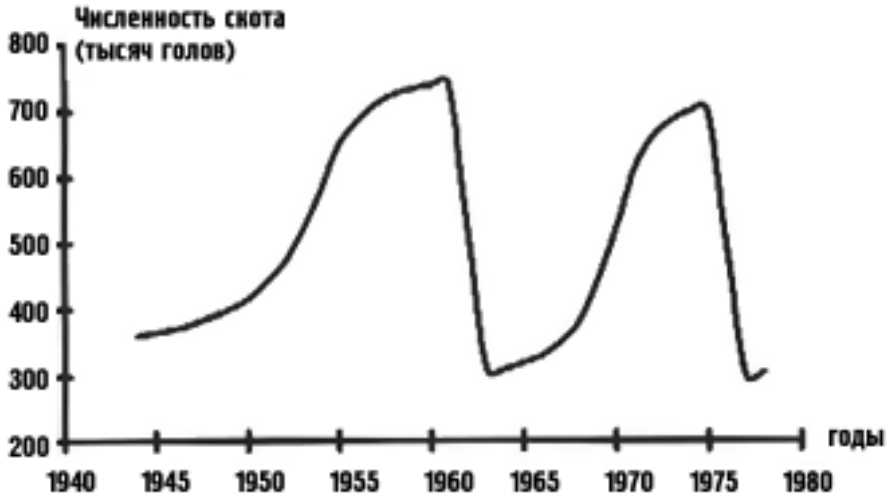

Рис.1. Колебания численности скота в провинции Каяядо (Кения) в 1944 – 1978 гг. [1]

Член $g_p(G)$ характеризует приращение, а члены $g_г(C)\cdot G$ и $g_n(G/C)\cdot C$ - убыль травы на пастбищах. Член $c_p(G/C)\cdot C$ характеризует приращение, а члены $c_г(G/C)\cdot C$ и $c_n(C, t)$ – убыль поголовья скота. Выражение $g_p(G)$ имеет нелинейный характер: при низких значениях G (опустынивание) воспроизводство травы подавлено, а при высоких значениях G – приходит в насыщение (эффект тесноты). Значения функций $g_n(G/C)$, $c_p(G/C)$, $1/c_г(G/C)$ при малых значениях аргумента растут и затем приходят в насыщение. Вид функции $c_n(C, t)$ определяется традициями ресурсопользования населения, в модели принято, что $c_n(C, t) = c_n\cdot C(t)$, то есть на потребление забивается фиксированная часть поголовья скота.

Результаты моделирования показывают, что отгонное животноводство чревато экологическими кризисами, что иллюстрирует рис.1. В силу

нелинейного характера функции $g_p(G)$ при увеличении численности скота выше некоторого критического значения скорость воспроизводства травы начинает быстро падать, что приводит к экологическому кризису и необходимости резкого снижения поголовья стада (и соответственно, к резкому снижению потребления мясомолочной продукции населением).

В естественных условиях (при отсутствии человека, когда животные живут на свободе) экологические кризисы не носят такого катастрофического характера, поскольку плотность поголовья регулируется борьбой животных за территорию: «лишние» особи вытесняются и вынуждены мигрировать на другие пастбища. В математической модели данное обстоятельство может быть отражено заменой члена $c_n(C, t)$ в уравнении (2) на член $a \cdot C^2$, квадратичный по C и учитывающий «эффект тесноты». Человек, стремясь к увеличению потребления, подавляет природный механизм естественной саморегуляции численности популяции животных, и создает их искусственную «перенаселенность», что и приводит к кризисам катастрофического характера. Выход из данной ситуации возможен путем перехода от отгонного к откормочному животноводству (Марокко, Тунис). В этом случае стабилизация численности поголовья скота происходит за счет того, что естественным ее ограничителем является количество заготавливаемого корма: сколько заготовишь корма, такой численности будет стадо.

Список литературы

1. *Д.И.Люри* Развитие ресурсопользования и экологические кризисы или зачем нам нужны экологические кризисы? – М.: ООО «Издательство Дельта», 1997.