

К ОЦЕНКЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ УГЛЕРОДА В ПОЧВЕ

^{1/} Анатоли Чигарев, ^{2/} Юрий Чигарев

^{1/} Белорусский Национальный Технический Университет,

^{2/} Щецинская Сельскохозяйственная Академия (Польша), БНАТУ.

Введение

Как известно, природа экосистем имеет естественный и искусственный характер. Среди искусственных экосистем особую роль играют биологические экосистемы. К ним относятся агрономические экосистемы, которые характеризуются утратой трофических и других связей присущих природным биоценозам. Биоэкосистемы играют существенную роль в круговороте веществ. Нарушение круговорота веществ может повлиять на устойчивость равновесия биосферы, что может привести к развитию глобального экологического кризиса. Одним из существенных параметров круговорота веществ является углерод [1,2]. В последние годы появились работы по созданию математических моделей поведения системы почва – растительный покров биоценоза с учётом круговорота углерода. Определён эффективный параметр системы отвечающий за переход системы из одного стационарного состояния в другое. В рамках имитационной модели получена область устойчивости стационарных состояний и критические значения параметров [1]. По последним оценкам учёных углерода в почве содержится в три раза больше, чем в наземной биомассе. Поэтому почвы являясь важнейшим резервуаром углерода в зависимости от своего физического состояния могут влиять на круговорот веществ, а следовательно и на устойчивое состояние биосферы. Запасы углерода в почве зависят от многих причин. Установлено, что обработка почвы отвальными плугами ведёт к уменьшению углерода в почве и его избытку в атмосфере, а это способствует тепличному эффекту или глобальному потеплению. С начала земледелия в атмосферу вышло из обрабатываемых земель выше 320 миллиардов тонн углерода[2]. Это больше чем с промышленного производства за последние 150 лет. Поиск сохранения почв от эрозии выдвинул новые технологии её обработки, например, безотвальной или нулевой. В этом случае, наряду с другими преимуществами; как экономия топлива, уменьшение эрозийных процессов, запасы углерода в почве сохраняются, круговорот с атмосферой не нарушается, а следовательно, сохраняется устойчивость биосферы. По мнению учёных повсеместный переход в мировом масштабе к безотвальной обработке почвы позволил бы удерживать в ней ежегодно 1,2 миллиарда тонн углерода.

Агроэкологические системы совместно с природными биоценозами участвуют в процессе круговорота веществ. Главным компонентом агроэкологической системы является почва. Потеря устойчивого состояния агроэкосистемой в связи с чрезмерным на неё антропогенным воздействием ведёт к локальному изменению динамики круговорота веществ и не затрагивает устойчивого состояния биосферы. Однако, учитывая мировую тенденцию к увеличению «мёртвых земель» т.е. земель не пригодных для земледелия возникает опасность, что при достижении некоторого предельного значения таких земель их влияние на биосферу будет существенным. Очевидно, поэтому в последние годы вопросам устойчивости агроэкологических систем уделяется повышенное внимание. Устойчивое состояние агроэкологических систем определяется запасом гумуса, структурой и физическими свойствами почвы, которые зависят от механо-химического и климатического воздействия. Уровень механо-химического воздействия связан с используемой сельскохозяйственной техникой и технологией, а также вносимыми дозами минеральных удобрений.

Методика исследований

Аналогично работе [1] построим имитационную модель динамики углерода в почвах, учитывая только некоторые параметры агроэкосистемы. Будем описывать динамику углерода в плодородном слое почвы уравнениями

$$dx/dt = by - ax + A \quad (1)$$

$$dy/dt = kP - (b + c)y \quad (2)$$

здесь x – запас углерода гумуса в почве, a – скорость минерализации гумуса, A – сумма абиотических скоростей прихода A_1 и выхода A_2 органического углерода в почве ($A = A_1 + A_2$), y – запас углерода в пожнивных остатках (мёртвой фитомассе), b – скорость минерализации пожнивных остатков, c – скорость гумификации растительных остатков, P – продуктивность фитоценоза, k – параметр, характеризующий долю первичной ежегодной продукции, t – время.

При использовании технологии, где скорость накопления углерода в пожнивных остатках близка к нулю можно считать $dy/dt = 0$. Тогда, из (2) имеем

$$y = \frac{kP}{b + c} \quad (3)$$

Из (3) вытекает, что запас углерода в пожнивных остатках зависит от продуктивности фитомассы выращиваемой культуры, параметра k характеризующего долю чистой продукции, которая ежегодно включается в деструкционный цикл, скорости минерализации b и скорости гумификации растительных остатков c . Решение уравнения (1) с учётом (3) имеет вид

$$x = \frac{by + A}{a} + \frac{ax_0 - by - A}{ae^{at}} \quad (4)$$

В случае, когда абиотические потоки органического углерода малы по сравнению с биотическими и ими можно пренебречь т.е. $A=0$ уравнение (4) примет вид

$$x = \frac{by}{a} + \frac{ax_0 - by}{ae^{at}} \quad (5)$$

В уравнениях (4) и (5) параметр x_0 выражает запас углерода гумуса в почве в начальный момент времени, когда $t=0$.

В технологиях обработки почвы, где можно считать, что растительные остатки в почве отсутствуют запасом углерода в мёртвой фитомассе можно пренебречь. В этом случае, уравнение (1) примет вид

$$\frac{dx}{dt} = -ax + A \quad (6)$$

Решение данного уравнения запишем так;
для абиотического потока

$$x = A + \frac{ax_0 - A}{ae^{at}} \quad (7)$$

для биотического потока

$$x = x_0 e^{-at} \quad (8)$$

Если начальный запас углерода гумуса в почве равнялся нулю $x_0 = 0$, то из (5) следует

$$x = \frac{by}{a}(1 - e^{-at}) \quad x = x_0 e^{-at} \quad (9)$$

На рис.1. представлена зависимость расходов запасов углерода гумуса в почве в зависимости от времени для абиотического формула (4) и биотического формула (5) потоков. Из графика следует, что абиотический поток - кривая 1, имеет предельную границу с большим запасом углерода гумуса, чем поток биотический - кривая 2.

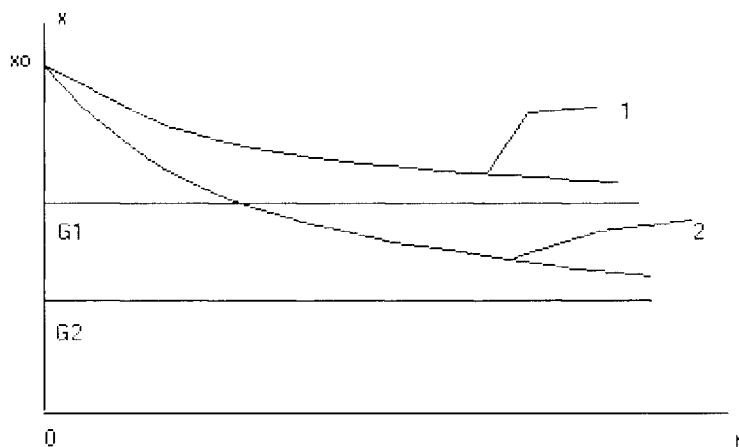


Рис.1. Динамика изменения углерода гумуса в почве в случае постоянного запаса углерода в растительных остатках

Если начальные запасы углерода гумуса в почве отсутствуют т.е. $x_0 = 0$ то динамика изменения углерода для абиотического и биотического потоков в зависимости от времени и при отсутствии внешних антропогенных воздействий представлена на рис.2.

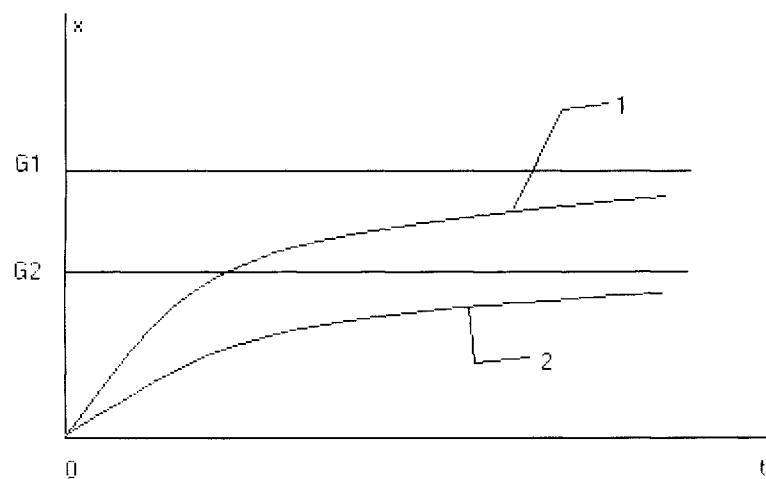


Рис.2. Динамика накопления углерода гумуса в почве в случае отсутствия его начальных запасов

Из графического материала следует, что в случае абиотического потока - кривая 1 накопление запасов углерода гумуса в почве будет выше, чем при биотическом потоке - кривая 2. Отметим также, что расход (рис.1) и накопление (рис.2) в выше приведенных процессах для абиотического и биотического потоков имеют соответственно одни и те же границы $G1, G2$, которые имеют вид

$$G1 = \frac{by + A}{a}; \quad G2 = \frac{by}{a}$$

Особый интерес вызывает анализ изменения углерода гумуса в почве, когда используются технологии обработки почвы при которых в почве не остаются растительные остатки. В этом случае можно считать, что в почве отсутствует мёртвая фитомасса, а следовательно, и отсутствует органический углерод т.е. $y=0$

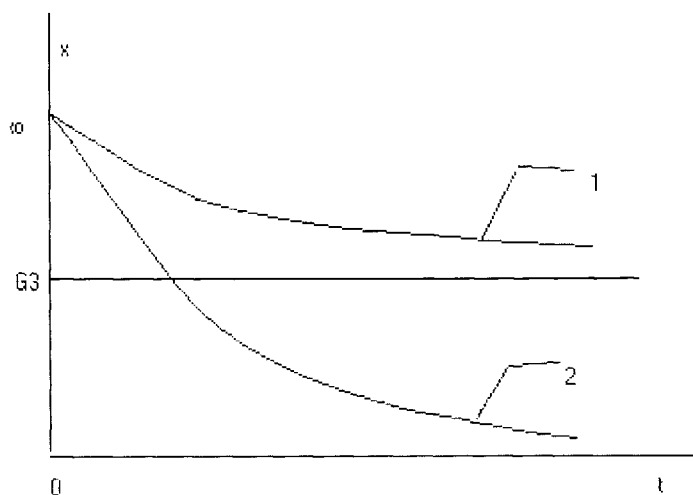


Рис.3. Динамика изменения углерода гумуса в почве в случае отсутствия на поле растительных остатков

На рис.3 показана динамика изменения углерода гумуса в почве в случае отсутствия на поле растительных остатков. Из графика следует, что изменение углерода гумуса в почве с течением времени будет при абиотическом потоке стремиться к границе

$$G3 = \frac{A}{a}, \text{ а при биотическом потоке - к нулю.}$$

Выводы

Получены зависимости изменения запасов углерода гумуса в почве для случаев;

- а) постоянном запасе углерода в пожнивных остатках ($y=\text{const}$),
- б) при отсутствии начального запаса углерода гумуса в почве,
- в) при отсутствии мертвой фитомассы (пожнивных остатков) в почве.

Определены предельные значения возможных запасов углерода гумуса в почве в случае абиотического и биотического потоков.

Литература

1. Рыжова И.М. Анализ отклика экосистем на изменения параметров круговорота углерода методом математического моделирования. Почвоведение. 1995, N1, с.50-55
2. Łabętowicz J. Świat bez pługa. Rzeczpospolita. 2grudnia 2005, s.12.

THE DYNAMICS OF CHANGES OF RESERVES OF CARBON IN FERTILE LAYER OF SOIL

Summary

The carbon of soil is playing an important role in circulation of matter between soil and atmosphere. Changing the circulation of matter may provide to the global crisis and loosing of stabilized equilibrium of biosphere.

Author presented the dynamics of changes of reserves of carbon in fertile layer of soil in case of permanent amount of carbon in the rests of vegetables. Author shows how the reserves of carbon are changing in dependence from time.