Чигарев А.[1] Чигарев Ю.[2]
[1]Белорусский Национальный Технический Университет
[2]Западнопоморский Технологический Университет (Польша), БНАТУ

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТОКОВ УГЛЕРОДА ГУМУСА В ПОЧВЕ

Введение

Проблема переуплотнения почв всё больше учитывается при решении вопросов касающихся конструирования новых движителей и орудий обработки почвы, а также технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Одним из цетральных вопросов в этой области является определение напряжённого и деформированного состояния в почве и зоне контакта при механическом её уплотнении К сожалению, до сих пор не существует формул и экспериментальных методов точного определения напряжений в почве под действием сельскохозяйственных деформаторов. Это затрудняет решение задачи о снижении деградации почв в результате её переуплотнения как с точки зрения расчёта и проектирования сельскохозяйственных движителей с допустимым давлением на почву, так и с разработкой почвощадящих технологий и в вопросах сохранения плодородия почв.

Как известно, агрономические экосистемы 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]. По последним оценкам учёных углерода в почве содержится в три раза больше, чем в надземной 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. 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

Динамику углерода в плодородном слое почвы обычно описывают уравнениями [1]

$$dx/dt = вy - ax + A \quad (1)$$

$$dy/dt = кP-(в + c)y \quad (2)$$

здесь x – запас углерода гумуса в почве, а – 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 пожнивних остатках (мёртвой фитомассе), в – скорость минерализации пожнивних остатков, с – скорость гумификации растительных остатков, P – продуктивность фитоценоза, к – параметр, характеризующий долю первичной ежегодной продукции, t – - время.

Решение уравнения (2) ищем в виде $y = uv$, производная $y' = u'v + uv'$

В результате получим систему уравнений

$$u'v + u(v' + (b + c)v) = kP \quad (3)$$

$$v' + (b + c)v = 0 \quad (4)$$

Решение которой даёт значение запаса углерода в пожнивних остатках

$$y = kP(b + c) + Ce^{-(b+c)t} \qquad C = const \quad (5)$$

1) В случае $t = 0;\ b = c = y_0 = 0;$ имеем $C = 0$

Решение примет вид

$$y = kP(b + c) \quad (6)$$

2) В случае $t = 0;\ y = y_0$ то $C = y_0 - kP(b + c)$

Тогда

$$y = kP(b + c) + (y_0 - kP(b + c))e^{-(b+c)t} \quad (7)$$

3) В случае $t = 0;\ y_0 = 0;\ b + c = const;$

$$y = kP(b + c)\left(1 - e^{-(b+c)t}\right) \quad (8)$$

Подставляя решение (6) с учетом условий 1) получим выражение определяющее значение запаса углерода гумуса в почве, который зависит от продуктивности фитомассы выращиваемой культуры P, параметра к характеризующего долю чистой продукции, которая ежегодно включается в деструкционный цикл, скорости минерализации b и скорости гумификации растительных остатков c и скорости минерализации a

$$x = bkPa(b + c) \quad (9)$$

Подставляя решение (7) с учетом условий 2) получим выражение определяющее значение запаса углерода гумуса в почве зависит от продуктивности фитомассы выращиваемой культуры , параметра к характеризующего долю чистой продукции, которая ежегодно включается в деструкционный цикл, скорости минерализации b и скорости гумификации растительных остатков c и времени t

$$x = bkaP(b + c)(1 - e^{-at}) \quad (10)$$

Подставляя решение (8) с учетом условий 3) получим выражение определяющее значение запаса углерода гумуса в почве зависит от продуктивности фитомассы выращиваемой культуры , параметра к характеризующего долю чистой продукции, которая ежегодно включается в деструкционный цикл, скорости минерализации b и скорости гумификации растительных остатков c и времени t

$$x = [bkaP(b + c)(1 - e^{t}(-at)) + x_{\downarrow}0] \quad (11)$$

параметр x_0 выражает запас углерода гумуса в почве в начальный момент времени, когда $t = 0$.

Если скорость накопления углерода в пожнивних остатках близка к нулю dy/dt = 0. Тогда, из (2) имеем

$$y = \frac{kP}{b + c} \quad (12)$$

Решение уравнения (1) с учётом (12) имеет вид

$$x = \frac{by + A}{a} + \frac{ax_0 - by - A}{ae^{at}} \quad (13)$$

В случае, когда абиотические потоки органического углерода малы по сравнению с биотическими и ими можно пренебречь т.е. A = 0 уравнение (13) примет вид

$$x = \frac{by}{a} + \frac{ax_0 - by}{ae^{at}} \quad (14)$$

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

$$\frac{dx}{dt} = -ax + A \quad (15)$$

Решение данного уравнения запишим так;
для абиотического потока

$$x = A + \frac{ax_0 - A}{ae^{at}} \quad (16)$$

для биотического потока

$$x = x_0 e^{-at} \quad (17)$$

Если начальный запас углерода гумуса в почве равнялся нулю $x_0 = 0$, то из (14) следует

$$x = \frac{by}{a}(1 - e^{-at}) \quad (18)$$

Выводы

Получены зависимости изменения запасов углерода гумуса в почве в случаях

1) переменного запаса углерода в пожнивних остатках,
2) постоянном запасе углерода в пожнивних остатках (y = const).

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. 2 grudnia 2005, s. 12.