

Ергина Е.И.
МОДЕЛЬ РАЗВИТИЯ ПОЧВ ВО ВРЕМЕНИ

Накопление материала по педохронологическим исследованиям на Крымском полуострове позволяет перейти к моделированию процесса почвообразования, с целью создания математической модели формирования гумусового горизонта.

Исходя из определения почвы как биокостной системы, имеет смысл, рассматривать процесс ее формирования аналогичным динамике некоторых систем. В биологии и экологии применяются различные математические модели роста популяций среди которых наиболее приемлемы те модели, которые рассматривают процесс с учетом некоторых допущений [1]. Например: стабилизация численности популяции на некотором устойчивом уровне; постоянство условий среды; наличие избытка необходимых ресурсов и так далее. Сделав эти допущения можно описывать такие биологические процессы с помощью дифференциальных или логистических уравнений. Логистическое уравнение лучше рассматривать как чисто описательное. Другими словами оно может быть выведено просто на основании сведений о поведении системы.

В естествознании, как и в других науках важно уметь отличать уравнения, или “законы”, смысл которых состоит в том, что они описывают зависимости, наблюдаемые между двумя или большим числом переменных, от уравнений, имеющих кроме того, некий дополнительный “микроскопический” смысл, состоящий в том, что они описывают известное или постулированное поведение компонентов изучаемой системы [1].

В условиях природного почвообразовательного процесса формирование почвы трудно представить в виде единой формализованной модели. В работе использован подход к понятию “модели”, выделяющий основные ее функции: модель-объект, модель-содержание, и модель- форма.

Учитывая задачи, связанные с управлением почвенным плодородием, целесообразно их решать, опираясь на генетически обусловленные ресурсные характеристики, принимая во внимание теоретические выкладки законов формирования этих характеристик и собственные наблюдения.

Анализируя модели, которые описывают процессы формирования гумусового горизонта и гумусонакопления, можно утверждать, что для различных по объему выборок применяются регрессионные зависимости различных типов. К примеру предлагается следующая математическая зависимость, описывающая формирование гумусового профиля :

$$Y = At^b \quad (1)$$

где:

Y- мощность почвенного профиля (см);

t – период почвообразования(годы);

A- теоретическая (экстраполированная) мощность почвенного профиля через 1 год (см);

B- отношение между скоростью почвообразования в любое данное время и средней скоростью почвообразования с нулевого времени до данного [2].

Румынские авторы предлагают модель:

$$G = a(T - T_0)^{0,5} \quad (2)$$

где:

G-толщина слоя почвы;

T₀- период времени после которого появляются первые признаки процессов преобразования породы (в годах);

T- период преобразования почвы (годы);

a – фактор, зависящий от свойств исходного материала и активно преобразующих агентов [3].

Необходимо отметить следующую модель формирования запасов гумуса во времени:

$$G(t) = G_{\infty} (1 - e^{-kt}) \quad (3)$$

где:

G(t)- содержание органического вещества в момент времени (t);

G_∞ – предельная масса (уровень стабилизации) органического вещества в состоянии климакса;

k- коэффициент распределения органического вещества в почве [4].

Для почв формирующихся в условиях Средиземноморских субтропиков, отмечается экспоненциальная зависимость между формированием мощности почвы и временем [5].

Наиболее полной нам представляется модель описывающая трендовую составляющую процесса формирования гумусового горизонта почв:

$$H_g = 10,85g(F_f/F_z)^{0,37} e^{0,0044G} (1 - ke^{\lambda T}) \quad (4)$$

где:

H_g- мощность гумусового горизонта, мм;

F_f/F_z-продуктивность растительности: фактическая, зональная т/га.

T- время почвообразования, годы.

G- энергетические затраты на почвообразование, Дж/см² год⁻¹

g, k, λ – коэффициенты [6].

Функция определена путем аналогизации тренда голоценовой истории формирования гумусового горизонта почв с общей закономерностью ростовых процессов в экосистемах, которые подчиняются ходу S- образных кривых. Среди аппроксимирующих функций предпочтение представляется функции Гомперца (из-за асимметрии и большей растянутости верхней ветви) [6].

Модель описывает закономерности формирования гумусового горизонта почв для широкого спектра генетических типов и подтипов почв Восточно- Европейской равнины от подзолистых до разновидностей каштановых почв.

Для изучения процесса формирования гумусового горизонта почв, как одной из ресурсоформирующих характеристик, нами изучены хроноряды основных типов почв Крымского полуострова. Для районов исследований рассчитаны энергетические затраты на почвообразование – G:

$$G=41,87(\text{Rexp}(-18,8R^{0,73/P}), [7] (5)$$

где:

G- энергетические затраты на почвообразование Дж/ см²год;

R- радиационный баланс, ккал/см² год⁻¹.

P – количество осадков, мм/год.

41, 87- коэффициент перевода размерности величин в систему единиц СИ (авт.)

Формирование гумусового горизонта почв (H_г), на рыхлых почвообразующих породах – лессах, лесовидных суглинках и легких глинах эолово-делювиального происхождения, на которых в Крыму формируются черноземы южные и темно-каштановые почвы можно представить моделью:

$$H_g=C \exp(\alpha G)(1-k \exp(-\lambda T)); (6);$$

где:

H_г – мощность гумусового горизонта, см.

G- энергетические затраты на почвообразование Дж/ см²год;

T- время почвообразования, годы;

C =274, 4- коэффициент, характеризующий зональное поступление растительной продукции;

k – коэффициент, характеризующий зональные уровни первичного плодородия пород в нуль-момент почвообразования, которые были достигнуты в период предистории формирования почв. Для Крыма в зоне формирования южных черноземов и темно-каштановых почв этот показатель равен 0, 98.

λ-коэффициент, зависящий от биоклиматических условий почвообразования, его значение равно $17 \cdot 10^{-4}$.

α- показатель степени =0, 0002.

Коэффициент множественной корреляции для вышеописанной модели равен 0, 95, коэффициент детерминации – 91, 05 %.

Для почв формирующихся на плотных почвообразующих породах, а в Крыму такими субстратами на значительной территории являются известняки и элювий карбонатных и некарбонатных пород, уровни первичного плодородия значительно ниже чем для зональных аналогов, формирующихся на рыхлых почвообразовательных породах. Если учитывать что процесс почвообразования на плотных породах начинается с неким запаздыванием L – необходимым для проявления процессов выветривания материнской породы, ее трансформации и достижения первичного плодородия, модель формирования гумусового горизонта примет вид:

$$H_g=C \exp(\alpha G) (1-k \exp(-\lambda(T-L))), (7);$$

где:

L- лаг запаздывания, характеризующий потенциальную способность породы, формировать почву, поэтому очевидно, что на начальных этапах почвообразования, величина ее минимальна, или вообще отсутствует, и формирование почвы идет не “вглубь” а “вверх”[8].

Для дерново – карбонатных почв и черноземов предгорных, карбонатных показатель (L) равен 2492, 5 для коричневых и бурых лесных почв его значение -2107, 9.

Коэффициент (C) для черноземов предгорных карбонатных, дерново-карбонатных почв равен – 288, 1, для коричневых и бурых лесных почв его значения увеличиваются до 2634, 3, вероятно вследствие большей значимости вклада фитоценоотического фактора в процесс почвообразования.

Эмпирические параметры λ и k принимают значения: $31 \cdot 10^{-5}$ и 0, 45 для черноземов предгорных, карбонатных и дерново-карбонатных почв; $22 \cdot 10^{-5}$ и 0, 57 для бурых лесных и коричневых почв.

α = 0, 0007 для бурых и коричневых почв, 0, 0009- для дерново-карбонатных почв и черноземов предгорных карбонатных.

Коэффициенты корреляции равны для черноземов предгорных карбонатных 0, 95, для бурых и коричневых почв 0, 77. Коэффициенты детерминации равны соответственно 81, 65% и 59, 3%.

Единая модель формирования гумусового горизонта почв (H_г) для бурых лесных почв и коричневых объясняется одинаковыми затратами энергии на почвообразование (G).

Моделью (7) описываются процессы формирования гумусового горизонта предгорных, горных и почв Южного

склона Главной гряды Крымских гор. Она доказывает, что на начальных этапах почвообразования на плотных карбонатных и безкарбонатных породах, значительная часть энергии ландшафта затрачивается на процессы выветривания материнской горной породы, ее структурной организации.

Литература

1. Дж.М.Смит Модели в экологии. — М. “Мир”, 1976 — 184стр.
2. Конке Г. Бертран А. Охрана почвы. М. Изд – во с/х лит. 1962, 344с.
3. Моцюк М. Стэнеску П. Комплекс почвозащитных мероприятий в Румынии. — В. кн. : Эрозия почв и борьба с ней. М. : Колос 1980, с. 305 – 331.
4. Етеревская Л. В. Лихциер Л. В. и др. Почвообразование в техногенных ландшафтах на лёссовых породах. — Техногенные экосистемы : Организация и функционирование. Новосибирск, 1985 с. 107 – 135.
5. Bergkamp, G., (1996) Mediterranean geoecosystems — hierarchical organisation and degradation. Amsterdam., 238 р.р.
6. Лисецкий Ф.Н. Модель трендовой составляющей голоценового почвообразования // Докл. АН. Украины. 1994. № 11 с. 149 – 152.
7. Волобуев В.Ф. Энергетика почвообразования. Известия АН СССР сер. биолог. 1959г., № 1 с.45-54.
8. Возраст и эволюция чернозёмов // Н.Я. Марголина, А.А. Александровский, Б.А Ильичев и др. М.: Наука, 1988. 144с.