

**ДОКЛАДЫ
АКАДЕМИИ НАУК СССР**

1990

ТОМ 312 № 3

ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК

УДК 582.4/9:001.57

ЭКОЛОГИЯ

© Член-корреспондент АН СССР В.А. КОВДА,
В.В. БУГРОВСКИЙ, А.С. КЕРЖЕНЦЕВ, Н.Н. ЗЕЛЕНСКАЯ

МОДЕЛЬ ТРАНСФОРМАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПОЧВЕ ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ИЗУЧЕНИЯ ФУНКЦИЙ ПОЧВЫ В ЭКОСИСТЕМАХ

В настоящее время сформулированы следующие биосферные функции почвы [1]: биоэкологическая, биоэнергетическая, азотно-белковая, биогеохимическая, функция оземления изверженных горных пород, гидрологическая, газово-атмосферная. Представляет интерес количественное изучение этих функций и их динамики с помощью математического моделирования. Предлагается модель трансформации органического вещества в почве в процессе биосферного круговорота вещества и энергии: синтеза органического вещества растениями и его разложения почвенными животными и микроорганизмами. Такая модель, не затрагивая качественной стороны сложных физико-химических процессов, протекающих в почве, дает возможность проследить в динамике интегральный результат их действия и пролить свет как на количественную сторону проявления указанных выше функций почвы, так и на их динамические закономерности. Концепцию модели иллюстрирует рис. 1.

Входным параметром модели является масса опада. Ее распределение по горизонтам почвенного профиля связано с зональностью экосистем. В опаде экосистем лесной зоны преобладает надземная часть отмершей фитомассы, формирующая горизонт A_0 . Опад степных и луговых экосистем на 70–80% состоит из корневой массы, поступающей непосредственно в толщу генетических горизонтов. Заметим, что техника измерения корневого опада нуждается в проработке.

Стадии разложения органического вещества соответствуют его составу и количеству в горизонтах почвенного профиля A_0 , A_1 , АВ, В, ВС, С. Запасы органического вещества в генетических горизонтах измерить не составляет труда. Зато скорости трансформации пока не поддаются прямому измерению. Модель строится так, чтобы, опираясь на известные данные о запасах органического вещества в почвенных горизонтах, вычислить неизвестные скорости его перехода из одного горизонта в другой. Одновременно с решением этой задачи мы получаем и характерные времена формирования почвенных горизонтов или время полного обновления органической массы каждого горизонта и всего профиля в целом.

Модель имеет балансовый характер. Генетические горизонты рассматриваются как "емкости", содержание которых определяется разностью входа и выхода вещества. Переход из одного горизонта в другой связан с его качественным превращением и определяется соответствующими скоростями (V_{ij}), показывающими, какая часть вещества данного горизонта переходит по данному каналу за определенный интервал времени, меняя при этом качество. Число горизонтов в модели не критично и может меняться в соответствии с конкретным изучаемым профилем без принципиального изменения модели. Концептуальная схема рис. 1 описывается системой обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$(1) \quad dM_i/dt = V_{i0} + M_{i-1} V_{i-1,4} - \sum_{j=1}^4 M_i V_{ij}$$

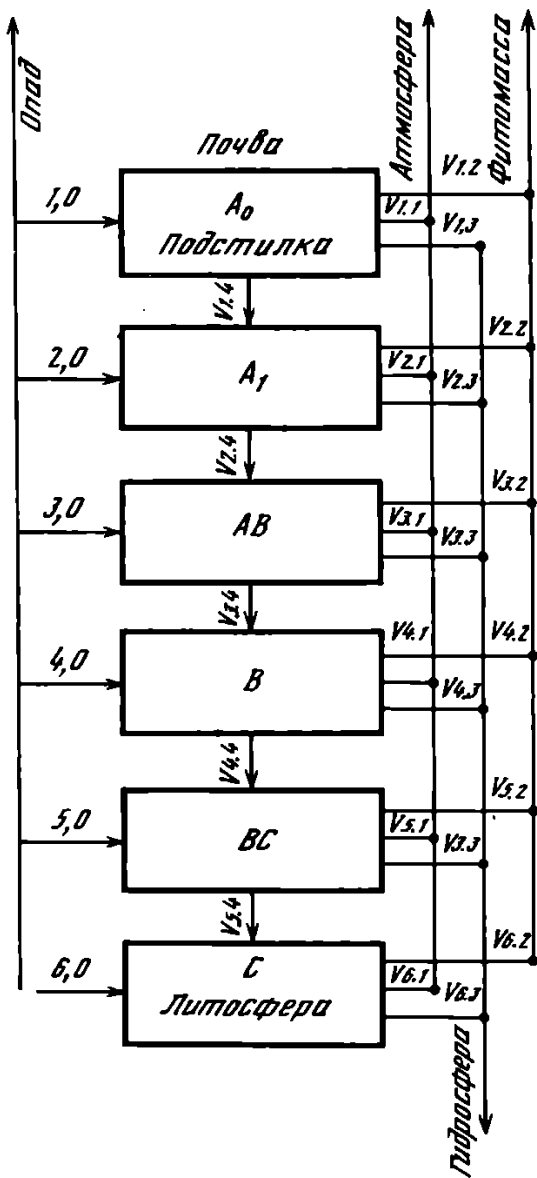


Рис. 1

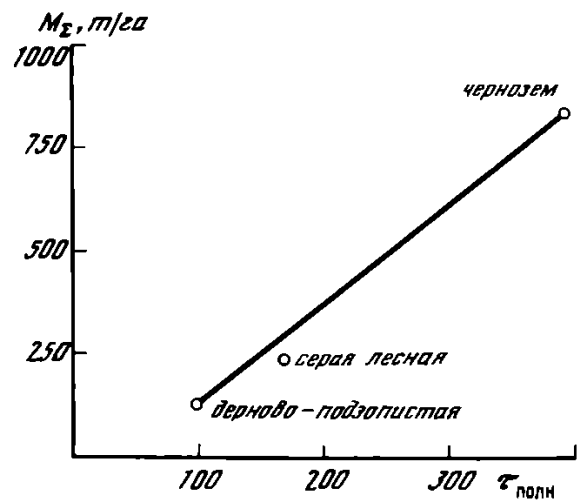


Рис. 3

Рис. 1 Концепция модели трансформации органического вещества в почве

Рис. 2. Моделирование дерново-подзолистой почвы (а) и чернозема (б). A_0, A_1, AB, B, BC – горизонты почвенного профиля (соответствует обозначениям рис. 1)

Рис. 3. Динамическая шкала классификации почв. M_{Σ} – суммарная масса органического вещества, τ – полное время образования почвенного профиля

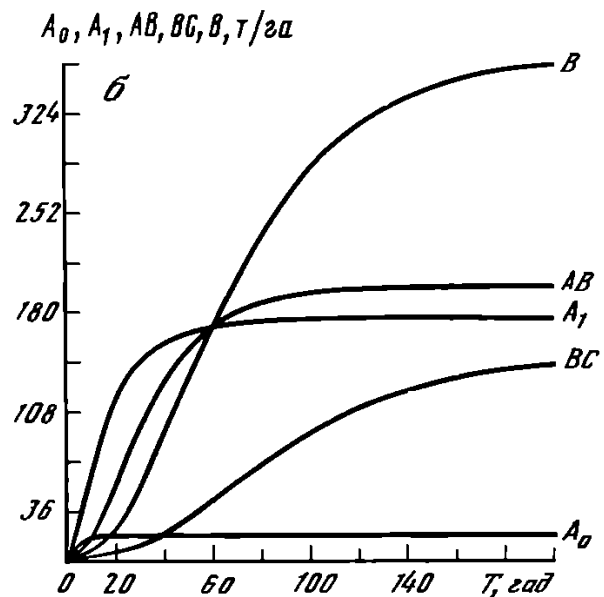
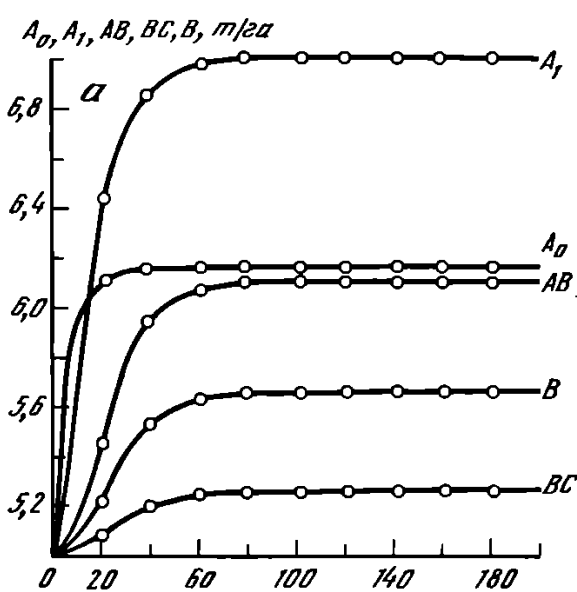


Рис. 2

Таблица 1

Почва	A ₀		A ₁		AB		B		BC		M _Σ
	M	τ	M	τ	M	τ	M	τ	M	τ	
Дерново-подзолистая	30	20	52	60	23	80	16	80	12	80	133
Чернозем	10	4	160	80	200	120	300	220	150	350	820

или в конечно-разностном виде для ЭВМ:

$$(2) \quad M_{i, t+1} = M_{i, t} + \Delta t (V_{i0} + M_{i-1} V_{i-1, 4} - \sum_{j=1}^4 M_i V_{ij})_t,$$

i — A₀, A₁, AB, B, BC, C; $j = 0, 1, 2, 3, 4$. V_{i0} — приход вещества в горизонт профиля, V_{i1} — выход вещества из горизонта в атмосферу (дыхание почвы), V_{i2} — выход вещества в фитомассу (зольность прироста), V_{i3} — выход вещества из горизонта в гидросферу: минерализация почвенного раствора, модель химического стока, V_{i4} — переход вещества из вышележащего горизонта в нижележащий.

Предложенная система уравнений при известных массах вещества в сложившихся горизонтах почвенного профиля M_i может быть решена относительно коэффициентов перехода вещества из горизонта V_{i4} , в том случае, если известны скорости выноса вещества в атмосферу V_{i1} , в фитомассу V_{i2} , в гидросферу V_{i3} . Эти скорости можно получить следующим образом. Поступление минеральных элементов из почвы в фитомассу определяется через зольность прироста. Параметр поддается измерению на любой стадии развития фитоценоза. Вынос вещества в атмосферу соответствует измеренной величине дыхания почвы по CO₂. Вынос в гидросферу можно определить по минерализации почвенного раствора или модулю химического стока [2]. Заметим, что методика измерений этих величин также нуждается в проработке.

Модель была идентифицирована по данным типичных профилей дерново-подзолистой почвы и чернозема (рис. 2). В качестве базовых показателей использованы соответствующие массы годового опада и запасы органического вещества в генетических горизонтах. Затем на ЭВМ подбирались скорости, при которых в установившемся (стационарном) режиме образуется заданный профиль. Оказалось, что характерная масса профиля дерново-подзолистой почвы 133 т/га при массе годового опада 5,5 т/га полностью обновляется за период времени порядка 80 лет. Это и есть характерное время данного профиля. Характерная масса профиля чернозема типичного 825 т/га при опаде 11,2 т/га обновляется за 350 лет. В табл. 1 показаны характерные массы и соответствующие характерные времена генетических горизонтов этих почв.

С помощью предлагаемой модели возможен переход к количественному описанию почвы как открытой системы, развивающейся в динамическом равновесии с условиями или факторами почвообразования, а также изучение количественных и динамических закономерностей ее функционирования в экосистемах и в биосфере. Изменение условий среды вызывает, прежде всего, изменение скорости разложения органического вещества (и характерных времен каждого горизонта), затем происходит изменение количества органического вещества и его состава.

Все эти изменения фиксируются, и в модели рассчитывается их динамика. Параллельно могут быть рассчитаны величины, характеризующие биосферные функции почвы. Легко заметить, что три динамических характеристики: характерное время, характерная масса, характерный спектр фракций определяют весь диапазон изменчивости почвы. На этой основе возможен переход от диагностики почвенного профиля по сочетанию статических признаков составляющих его горизонтов к диагностике по сочетанию статических и динамических параметров почвенных горизонтов, что открывает новые возможности для повышения объективности почвенной диагностики и разработки принципиально новой классификации почвы как динамического компонента биосферы.

Для построения упрощенной классификации может быть использована двумерная шкала, координатами которой являются характерная масса почвенного профиля (M) и характерное время (τ) обновления органического профиля. Пример построения такой шкалы приведен на рис. 3, где точками обозначены исследованные нами почвы.

Предлагаемая модель позволяет построить и более полную, трехмерную шкалу количественной диагностики почвенных профилей. Все многообразие почв в их динамике можно описать соотношениями трех динамических параметров: характерного времени, характерной массы, характерного спектра фракций.

Институт проблем управления, Москва
Институт почвоведения и фотосинтеза
Академии наук СССР, Пушкино Московской обл.

Поступило
29 XI 1989

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковда В.А. Проблемы защиты почвенного покрова и биосферы планеты. Пушкино, 1989. 155 с.
2. Керженцев А.С., Кузнецов М.Я., Кузнецова Е.В. В сб.: О моделировании процесса трансформации органического вещества в почве. Информационные проблемы изучения биосферы. М.: Наука, 1988, с. 67–76.