

УДК 631.6.02(477.75)

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В КРЫМУ

Ергина Е.И.¹, Черный С.Г.²

¹ *Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина,
e-mail: YazcivLena @rambler. Ru*

² *Николаевский государственный аграрный университет, Николаев, Украина,
e-mail: chorny@trion.mk.ua*

Рассмотрены теоретические основы моделирования процесса почвообразования. На базе накопленного материала по изменению мощности почв во времени построены модели изменения скорости почвообразования для почв, сформированных на различных почвообразующих породах.

Ключевые слова: моделирование, почвы, почвообразование

Уникальное положение почвы в ландшафте диктуется ее функциями. Целостная концепция реализуемых возможностей почвы показывает, что почвенный покров имеет, по меньшей мере, пять основных функций [3]: функцию местообитания (почва является местом для существования и размножения живых существ); информационную функцию (источник научной, культурологической и образовательной информации); производственную функцию (производство продуктов питания, фуража, сырья для промышленности, топлива); инженерную функцию (место для создания и нахождения инженерных объектов); регулятивную (общэкологическую) функцию (участие в глобальных биогеохимических циклах, в т.ч. управление составом атмосферы и потоками отдельных химических элементов, регуляция поверхностного стока и запасов влаги, управление климатом, трансформация органического вещества и т.п.).

Всякое изменение почвы в пространстве и времени, соответственно, приводит к трансформации почвенных функций, что в свою очередь имеет важные фундаментальные последствия для природных и антропогенных ландшафтов, а также для географической оболочки в целом. А потому точный прогноз таких изменений, который должен опираться на математические модели почвообразования, является важной научной задачей, решение которой и определило **цель** данной публикации. Другая практическая составляющая таких исследований связана с определением базового понятия в эрозиоведении и противоэрозионном проектировании в агроландшафтах – допустимой нормы эрозии, которая так или иначе должна быть связана со скоростью почвообразования [6].

Очевидно, что вместе с факторами почвообразования, с развитием ландшафта почва, как его «зеркало» эволюционирует во времени. Для водоразделов Крыма, в условиях относительно стабильного климата голоцена особое значение имеет биогенный цикл, когда происходит борьба двух противоположно направленных

процессов: биологической аккумуляции вещества и геологического выноса т.е. биологического и геологического круговоротов.

В настоящее время в литературе ведется дискуссия о видах функций, которые должны аппроксимировать эмпирические данные, описывающие скорость процесса почвообразования (soil production) [2,7,10 и др.]. В этих работах утверждается, что изменение скорости образования почвы чаще всего должно выражаться экспонентой, когда эта скорость (G , мм/год) уменьшается вместе с увеличением мощности почвы (H_g , мм) и описывается уравнением вида:

$$G = G_0 \cdot \exp(-k \cdot H_g) \quad (1)$$

где G_0 – максимальная она же стартовая скорость почвообразования (максимальная скорость выветривания почвообразующей породы), мм/год;

k – эмпирическая константа.

Снижение скорости почвообразования (выветривания) с увеличением мощности почвы, связано с уменьшением с глубиной таких важных факторов выветривания как суточной и годовой амплитуды температуры и водонепроницаемость породы. Следует заметить, что с глубиной уменьшается действие на породу биологических составляющих почвообразования – высших растений и микроорганизмов. В процессе почвообразования с глубиной падает интенсивность гумусонакопления и интенсивность внутрипочвенного выветривания.

Величина параметров G_0 и k в формуле (1) зависят от параметров климата и свойств почвообразующих пород. В частности, величина максимальной скорости почвообразования колеблется от 0,08 до 2,0 мм/год для почв Северной Калифорнии и от 0,05 до 0,14 мм/год для почв юго-востока Австралии [8, 10].

В тоже время существует мнение, что эволюция почв в биогеоценном цикле, как и эволюции всего ландшафта может проходить по более сложной траектории. При этом ссылаются на работы американского геоморфолога и геолога Дж. К. Гилберта, который считал, что наилучшей моделью эволюции ландшафтов есть так называемые «горбатые» модели (humped model). Дж. К. Гилберт предполагал, что наибольшая скорость выветривания горных пород, а, следовательно, и интенсивность почвообразования будет происходить в верхнем 20-30 сантиметровом слое, где наиболее быстро идет физическое и химическое выветривание. Очевидно, что последнее возможно лишь при наличии воды. А именно этот слой наиболее часто промачивается осадками. К тому же именно в этом слое происходит максимальное физическое и биологическое выветривание. Дальнейшее увеличение слоя выветренных пород приводит к постепенному уменьшению скорости почвообразования, что связано с уменьшением контрастов в суточном и годовом ходе температур, снижением вероятности полного промачивания выветренного слоя горных пород, уменьшением действия биологической составляющей почвообразования, особенно микроорганизмов [9]. Более сложный процесс почвообразования будет проходить на склонах, когда часть выветренных горных пород будет удаляться с эрозией. В этом случае скорость почвообразования кроме факторов, описанных выше, будет зависеть от интенсивности эрозии.

В настоящей статье будет рассмотрена процедура изменения мощности почвы во времени, в процессе почвообразования в голоцене, а также показаны возможные математические модели, описывающие такие изменения. В качестве исходного

**КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ПРОЦЕССА ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В КРЫМУ**

эмпирического материала использовались данные почвенно-хронологических исследований почв Крымского полуострова. Проведенные нами почвенно-хронологические исследования включали, прежде всего, выбор памятников (поселений, оборонительных валов, курганов), надежно датированных археологическими методами в диапазоне дат от XIV в. до н. э. до IX в. н. э., а также задернованных поверхностей, относящихся по историческим датам к XV-XX вв. (жилые и хозяйственные постройки, окопы военного времени, техногенные отвалы горных пород и др.). Всего было изучено 77 объектов, преимущественно археологических памятников. Основной массив почвенно-хронологических данных охватывает поздний голоцен, соответствующий субатлантическому периоду – последние 2500 лет. Методика проведения почвенно-хронологических исследований, основана на свойстве эргодичности почвенной системы и более подробно представлена в следующих работах [4, 5].

В настоящей работе весь массив данных был разделен на две относительно генетически однородных выборки. Первая выборка объединяла разновременные почвенные объекты, которые образовались на рыхлых породах (на лессах и лессовидных суглинках, красно-бурых и желто-бурых глинах), полнопрофильные аналоги которых чаще всего относятся к южным черноземам и темно-каштановым почвам. Вторая выборка объединяла объекты, которые образовались на плотных карбонатных породах, песчаниках и глинистых сланцах, измененных в процессе почвообразования. Чаще всего полнопрофильные аналоги этих объектов относятся к коричневым почвам и дерново-карбонатным. Первая выборка имела 19 значений, вторая – 58.

Анализ первой выборки показал, что экспонента достаточно точно описывает процесс почвообразования (рис. 1).

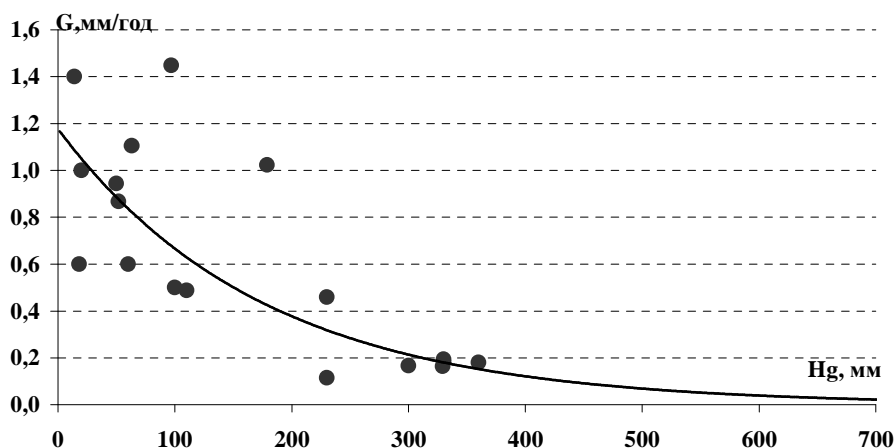


Рис 1. Зависимость скорости почвообразования и мощности гумусового горизонта для почв, сформированных на рыхлых породах.

Массив данных аппроксимируется функцией:

$$G = 1,2436 \cdot \exp(-0,0055 \cdot H_g) \quad (2)$$

где G – скорость почвообразования, мм/год,
 H_g – мощность гумусового горизонта, мм.

Проверка гипотезы о соответствии модели (2) реальным данным проверялась с помощью непараметрического критерия согласия Смирнова-Коломогорова [1], который позволяет решать задачи соответствия в условиях относительно небольших выборок. Расчеты показали, что этот критерий (λ) равен 0,018, что намного меньше критического при 95% вероятности – 1,36. Это доказывает, что существенной разницы между исходными скоростями почвообразования и рассчитанными по модели (2) нет.

Более сложной является ситуация с почвоподобными субстратами, которые образовались на плотных карбонатных породах, песчаниках и глинистых сланцах. Подробный количественный анализ с помощью критерия согласия Смирнова-Коломогорова показал, что лучше всего ($\lambda=1,18$) процесс почвообразования описывается следующим уравнением:

$$G = 0,0004 \cdot \exp(-0,00014 \cdot H_g^2) \cdot H_g^2 \quad (3)$$

Графический анализ показывает (рис. 2), что зависимость (3) является типичной «горбатой» функцией, содержательный смысл которой, относительно процесса почвообразования, описан выше. Максимальная скорость почвообразования ($G = 1,00-1,05$ мм/год) наблюдается при мощности гумусового горизонта в 10-12 см, а затем постепенно уменьшается.

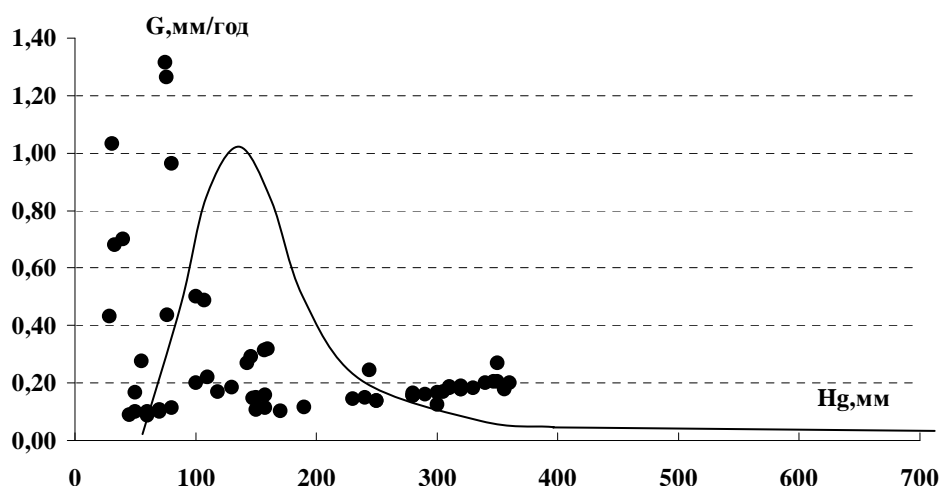


Рис. 2. Зависимость между скоростью почвообразования и мощностью гумусового горизонта для почв, которые образовались на плотных породах.

Выводы. Подводя итоги приведенных выше фактов, следует сказать, что процесс почвообразования на рыхлых породах (на лессах и лессовидных суглинках, красно-бурых и желто-бурых глинах) идет равномерно и описывается «обратной» экспонентой. Постепенно затухающая поступательность этого процесса объясняется свойствами пород, которые исходно, достаточно хорошо промачиваются водой, что стимулирует химическое внутрпочвенное выветривание. Кроме того, эти породы

имеют некое, достаточно высокое, стартовое плодородие, что способствует микробиологической деятельности, росту и развитию ценозов высших растений. Эти факторы объясняют не только экспонентный закон изменения скорости почвообразования во времени, но и высокую стартовую скорость почвообразования.

На плотных карбонатных и сланцевых породах Крыма из-за плохого промачивания верхнего слоя монолитной породы, нулевого стартового плодородия необходим некий промежуток времени для создания под действием физического и химического выветривания слоя выветренных пород (в нашем случае это 10-12 см), в котором будет накапливаться вода, что будет стимулировать химическое выветривание. Это приведет к высвобождению из кристаллической решетки питательных веществ, что характерно для более или менее благоприятной среды для развития микроорганизмов и растений. Лишь при наличии такого слоя будут присутствовать возможности реализации биогенного цикла почвообразования, и скорость почвообразования будет максимальной. Затем с ростом мощности почвенного профиля скорость его образования будет уменьшаться по причинам описанным выше.

Список литературы

1. Благовещенский Ю.Н., Непараметрические методы в почвенных исследованиях./ Ю.Н. Благовещенский, В.П. Самсонова, Дмитриев Е.А. – М. Наука, 1987. – 96 с.
2. Голеусов П.В. Воспроизводство почв в антропогенных ландшафтах лесостепи./ П.В. Голеусов, Ф.Н. Лисецкий – Белгород: Изд-во Белгор. Гос. ун-та, 2005. – 232 с.
3. Добровольский Г.В., Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв). Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин – М.: Наука, 1990. – 261 с.
4. Єрґіна О.І. Грунтово-хронологічні дослідження в Криму //Фізична географія та геоморфологія, 2005. – Випуск 49. – С. 206-212.
5. Єрґіна О.І. Грунтово-хронологічні дослідження процесу ґрунтоутворення в Криму // Вісник Львівського університету. Серія географічна., 2007. Випуск 34. – С.90-96.
6. Світличний О.О. Основи ерозієзнавства: Підручник/ О.О Світличний, С.Г. Чорний – Суми: ВТД "Університетська книга", 2007. – 256 с.
7. Heimsath, A.M., Dietrich, W.E., Nishiizumi, K. and Finkel, R.C., 1997. The soil production function and landscape equilibrium. *Nature*, 388: 358-361.
8. Heimsath, A.M., Hancock, G.R. and Fink, D., 2009. The 'humped' soil production function: Eroding Arnhem Land, Australia. *Earth Surface Processes & Landforms*, 34: 1674-1684
9. Humphreys G. S., Wilkinson M. T. The soil production function: A brief history and its rediscovery // *Geoderma* 139 (2007) 73-78.
10. Wilkinson, M.T. et al., 2005. Soil production in heath and forest, Blue Mountains, Australia: influence of lithology and palaeoclimate. *Earth Surface Processes And Landforms*, 30: 923-934.

Єргіна О. І., Чорний С. Г. Кількісні аспекти моделювання процесу ґрунтоутворення в Криму / Єргіна О.І. // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. – Серія: Географія. – 2011. – Т.24 (63), №1. – С.72-77.

Розглянуто теоретичні основи моделювання процесу ґрунтоутворення. На базі накопиченого матеріалу щодо зміни потужності ґрунтів у часі побудовано моделі зміни швидкості ґрунтоутворення для ґрунтів, що сформовані на різних ґрунтоутворюючих породах.

Ключові слова: моделювання, ґрунт, ґрунтоутворення

Ergina E. I., Chorny S. G. Quantitative aspects of the simulation of soil formation in Crimea / of Ergina E.I. // Scientific Notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. – Series: Geography. – 2011. – V.24 (63), No1. – P.72-77.

Considers the theoretical foundations of modeling the process of soil formation. On the basis of the accumulated material from the change in soil depth over time the models of change in the rate of soil formation in the soils formed on different parent rocks.

Key words: modeling, soil, soil formation

Поступила в редакцію 02.03.2011 г.