

УДК 911.3:631.4(477.75)

## ҐРУНТОВО-ХРОНОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ҐРУНТОУТВОРЕННЯ В КРИМУ

О. Єрґіна

*Кримський інститут інформаційно-поліграфічних технологій УАД,  
вул. Пушкіна, 35, м. Сімферополь, 95011, Україна*

Ергодичність процесів ґрунтоутворення та використання методу аналогій дає змогу перейти до кількісного та якісного моделювання процесів ґрунтоутворення з часом. Ґрунтово-хронологічні дослідження проводили на території Кримського півострова на різновікових ділянках переважно антропогенного походження. Використання результатів дослідження допоможе по-новому вирішувати питання генетичного та еволюційного ґрунтознавства.

*Ключові слова:* метод денних хронорядів, математичні моделі зміни потужності гумусового горизонту, моделювання процесу гумусоутворення.

Розвиток фундаментальних і прикладних знань про ґрунти тісно пов'язаний з вивченням їхнього генезису, швидкості формування, еволюції. Дослідження цієї проблематики достатньо добре відомі (Золотун, 1974; Соколов, Таргульян, 1976; Александровській, 1983; Геннадієв, 1990; Іванов, 1992 та ін.). Водночас опубліковані результати розкривають лише частину всього різноманіття аспектів еволюційно-генетичного ґрунтознавства. Тому продовження досліджень у цьому напрямі є доцільним. Дані такого змісту потрібні в разі вирішення багатьох прикладних питань і теоретичних. Наприклад, для оцінки швидкості формування гумусового горизонту в обґрунтованих допустимих ерозійних втрат ґрунту необхідні кількісні характеристики процесу формування ґрунтів у часі. Вивчення змін у часі ґрунтів і ґрунтового покриву є також актуальним міждисциплінарним завданням, оскільки відомості про еволюцію ґрунтів мають важливе значення для розкриття однієї з головних проблем природознавства – проблеми взаємодії суспільства і природи. Теоретичне та практичне значення в роботах з рекультивациі та самовідновлення ґрунтів мають дані про тривалість ґрунтоутворювальних процесів, яким притаманні “характерні часи”. Отриманню таких показників може сприяти метод денних (не похованих) хронорядів ґрунтів, що дає змогу простежити процес ґрунтоутворення шляхом вивчення ґрунтів, що сформувалися на різновікових ділянках. Проте отримання науково обґрунтованих результатів про такі процеси пов'язане зі значними методологічними проблемами.

У ґрунтознавстві сформувалося уявлення про ієрархічну систему ґрунтоутворювальних процесів. Виділяють процеси різних рівнів складності: мікропроцеси, локальні макропроцеси і загальні макропроцеси [12]. У комплексі вони утворюють складний процес динамічних явищ, що відбуваються в ґрунті одночасно, а іноді й різноспрямовано. Вивчають ці процеси за допомогою методів моделювання. Однак низка часткових ґрунтоутворювальних процесів і всі загальні макропроцеси практично неможливо змодельовати чи відтворити за умов “поставленого” досвіду на монолітах у лабораторії, ґрунтовому розрізі в польових умовах. Це зумовлено тим, що в природі во-

ни мають великі “характерні часи” і перебувають у складному взаємозв’язку з природними чинниками ґрунтоутворення: кліматом, рельєфом, рослинністю, гірськими породами. Оскільки більшість ґрунтоутворювальних макропроцесів, як і багато інших природних процесів, є ергодичними, тобто їхні стадії в часі можуть мати аналоги в просторі, то можна говорити про їхнє моделювання. Моделями в такому випадку називаємо просторові серії різновікових ґрунтів (датованих), які ототожнюють з послідовними стадіями їхнього розвитку в часі. Саме такі моделі, які назвали: “хроноряди” ґрунтів, а метод такого вивчення ґрунтів – “метод хронорядів” [1], ми використовували в дослідженнях. Головно вивчали новоутворені ґрунти методом денних хронорядів, тобто такі ґрунти, які сформувалися на денній поверхні під дією чинників ґрунтоутворення, на відміну від широко відомого методу похованих хронорядів.

Наша мета – на підставі створених моделей з використанням даних ґрунтово-хронологічних досліджень описати закономірності зміни головних характеристик ґрунтів з часом на території Кримського півострова.

Під час вивчення ґрунтоутворювальних процесів методом денних (не похованих) хронорядів за материнську породу приймали антропогенні датовані субстрати на території Кримського півострова: розвалини стародавніх споруд, залишки фортець, поселень і городищ, оборонні вали й інші археологічні об’єкти.

З огляду на теоретичне положення про експонентний закон формування гумусного горизонту в часі [6, 13] ми на підставі ґрунтово-хронологічних досліджень побудували математичну модель формування гумусного горизонту для ґрунтів Кримського півострова.

Наведемо результати ґрунтово-хронологічних досліджень відповідно до теоретичних уявлень про клімаксий ґрунт [1, 7, 11] у такому вигляді:

$$H = H(\text{гр})(1 - \exp(-\lambda T)), \quad (1)$$

де  $H$  – потужність гумусного горизонту ( $H+HP$ ), мм;  $H(\text{гр})$  – гранична потужність гумусного горизонту, мм;  $\lambda$  – коефіцієнт;  $T$  – час формування гумусного горизонту, роки. Значення  $H(\text{гр})$  – це теоретичне значення потужності гумусного горизонту ґрунту в стані клімаксу.

Для чорноземів південних, темно-каштанових ґрунтів, що сформовані на лесах, лесоподібних глинах і жовто-бурих лесоподібних глинах, гранична потужність гумусового горизонту дорівнює 619,7 мм, коефіцієнт  $\lambda$  має значення 0,0003; для чорноземів передгірських, чорноземів карбонатних, дерново-карбонатних ґрунтів, сформованих на елювії та делювії щільних, переважно карбонатних порід, відповідно – 607,3 мм та 0,0003; для бурих гірсько-лісових ґрунтів, сформованих на елювії і делювії щільних гірських порід, – 738,8 мм та 0,0003; для коричневих ґрунтів, сформованих тільки на елювії та делювії щільних гірських порід – 364,6 мм та 0,0007. Коефіцієнт  $\lambda$ , на нашу думку, характеризує особливості змін біокліматичного потенціалу території в конкретний період.

Математична модель формування гумусового горизонту в часі дає змогу шляхом математичних перетворень визначити швидкості ґрунтоутворення, які є головними критеріями, що характеризують самовідновлення ґрунтів у порушених ерозією антропогенних та природних ландшафтах, або допустимими нормами ерозії (ДНЕ). Методика таких розрахунків описана в літературі [4, 5].

Ґрунтовий профіль – це цілком закономірне, генетично зумовлене поєднання горизонтів у межах ґрунтового індивідуума, що відображає специфічність і ориґінальність кожного типу ґрунтоутворення. Вертикальний профіль ґрунту характеризує його властивості, зумовлені впливом ґрунтоутворювального процесу на материнську породу. Чинник часу відіграє важливу роль у формуванні профілю ґрунтів, що відображається у потужності сформованого профілю та фіксується в зміні фізичних, фізико-хімічних властивостей, хімічного складу, біологічних і агрохімічних показників ґрунту. Отримані матеріали засвідчують, що абіотичні й біотичні процеси, які трансформують розкривні породи в молоді ґрунти, активно виявляються з перших моментів винесення їх на денну поверхню. Виникає диференціація товщі профілю молодих ґрунтів за фізичними властивостями і морфологічною будовою. Відбувається це внаслідок біогенних процесів і взаємодії тонкодисперсних часток з фільтрувальними струмами води, що надходять з атмосферними опадами. Провідними процесами у формуванні морфологічного профілю різновікових ґрунтів є гумусоутворення і гумусонакопичення, що виражається в утворенні різного за потужністю гумусово-акумулятивного горизонту.

На дослідних ділянках під час вивчення морфологічної будови профілів новоутворених ґрунтів ми виділили такі морфологічні ознаки:

Но – горизонти, що складаються з органічних залишків слабкого ступеня розкладеності;

Н – орґано-мінеральні горизонти, у яких орґанічна речовина є в механічній суміші з материнськими породами;

Нк – те ж, що і Н, але мінеральною складовою є карбонатні породи;

Нг – горизонти, що містять гуміфікований органічний матеріал, змішаний з мінеральною частиною ґрунту;

Нд – дернинні горизонти, що містять велику кількість живих коренів рослин, а також додаткові домішки грубогумусного матеріалу;

Нр – перехідні горизонти;

Р – ґрунтоутворювальна гірська порода чи датовані субстрати, як звичайно, антропогенного походження.

Профілі хронорядів темно-каштанових ґрунтів і чорноземів південних, мають такі особливості.

У перші десятки років формуються малопотужні дернинні горизонти в комплексі з горизонтами, у яких органічна і мінеральна речовини перебувають у механічній суміші. За сто років у ґрунтах формуються горизонти Нд, Но, Н. За триваліший період (понад 1000 років) формується потужніший профіль ґрунтів з виділеним і перехідним горизонтом, що має світліший відтінок, змінену структуру. Профіль переважно трохи розтягнутий, переходи поступові між горизонтами, різкий перехід до ґрунтоутворювальної породи чи субстрату. У ґрунтах деяких досліджених розрізів, вік яких понад 1000 років, зафіксовано сліди карбонатної цвілі (міцелію). Це зумовлено незмінністю кліматичних умов протягом цього періоду. У прибережних водах Тарханкутського півострова в профілі ґрунтів, що сформувалися, віком 1700 років і більше виявлено ознаки оглинення, що пояснюють сучасними тектонічними рухами території. Це підтверджено й археологічними дослідженнями, які дали змогу виявити, що протягом останніх двох з половиною тисяч років опускання окремих ділянок суші досягли 1,5–2,0 м [8].

Для передгірських чорноземів, що сформовані на карбонатних породах, і чорноземів карбонатних на початкових етапах формування профілю за 10–100 років відбувається первинне руйнування материнських порід (переважно вапняків), нагромадження органічної речовини у вигляді нерозкладених залишків фітоценозу.

За 100–1000 років починають формуватися дернові й органо-мінеральні горизонти, у будові ґрунтового профілю деяких розрізів мінеральними складовими є карбонатні породи, а ґрунтоутворювальною породою – карбонатна крихта, щебінь часто антропогенного походження, слабо трансформовані в процесі ґрунтоутворення.

У наступний етап (понад 1000 років) формується профіль з вираженішими ознаками:

- значним за потужністю горизонтом Hd;
- горизонтом Hg, добре обробленим ґрунтоутворювальними процесами з гуміфікованим матеріалом, що тісно пов'язаний з мінеральною частиною ґрунту (іноді є включення великих уламків, частіше антропогенного походження – шматки кераміки тощо);
- нечітким переходом між горизонтом Hg і Hр;
- перехідним горизонтом Hр, малопотужним, з різким переходом до ґрунтоутворювальної породи.

Початкові етапи формування бурих лісових і коричневих ґрунтів мають подібні риси з раніше описаними профілями молодих ґрунтів. Зазначимо, що за понад 1000 років формуються ґрунти з диференційованим профілем, добре сформованим горизонтом з чіткою межею Hd між горизонтами Hg і Hр; для бурих лісових ґрунтів горизонт ущільненіший і також різко переходить до ґрунтоутворювальної породи, частіше до карбонатного щебеню.

Для коричневих ґрунтів тисячолітнього і давнішого віку характерні такі риси морфології профілю:

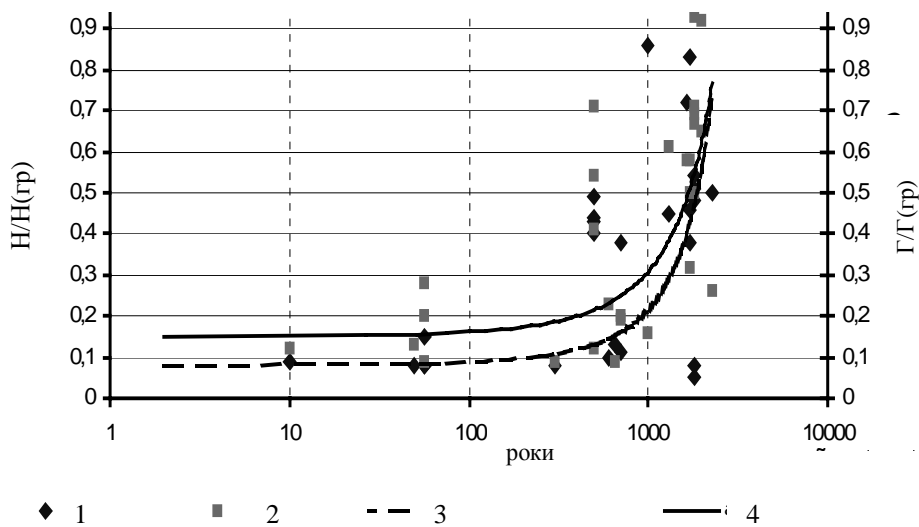
- горизонт Hd, що складається з лісової і трав'яної підстилки потужністю 2,0–2,5 см під розрідженими лісами з ялівцю, так званого ялівцевого рідколісся;
- поступовий перехід до горизонту Hg, густо пронизаний коренями;
- плавний перехід до горизонту Hр унаслідок характерного для коричневих ґрунтів процесу внутрішньоґрунтового вивітрювання. В горизонті Hр ґрунтів тисячолітнього і давнішого віку простежено ущільнення, темніший колір ґрунту, зміни механічного складу унаслідок нагромадження в цьому шарі колоїдних часток.

Як зазначено, провідними процесами у формуванні морфологічної будови профілю молодих ґрунтів є гумусоутворення і гумусонакопичення, які приводять до виникнення гумусово-аккумулятивного горизонту. Гумусоутворення починається майже одночасно з біогенним перетворенням розкритих чи інших природно або антропогенно трансформованих порід. З підвищенням продуктивності біоти процес посилюється, досягаючи максимуму в місцях з оптимальними гідротермічними умовами. Гумусний профіль розвивається з різною інтенсивністю і залежить від типу ґрунтоутворення, часу, материнських порід і типу рослинності.

Процес формування гумусного профілю чорноземів і ступінь стійкості гумусових речовин ґрунтів багато в чому оцінюють суперечливо. Деякі ґрунтознавці вважають, що гумус ґрунтів, і чорноземів зокрема, консервативний [6]. Інші вчені висловлюють протилежний погляд на процеси формування гумусу в ґрунтах. Наприклад, у праці В.В. Пономарьової, Т.А. Плотнікової [10] висловлено думку про високу динамічність і швидку відновлюваність його маси. За радіовуглецевими датуваннями вік різних фракцій гуму-

су значно коливається – від 500 до 1–2 тисяч років. Однак роботами з рекультивації відвалів та нашими дослідженнями доведено, що вже через кілька десятків років на материнських (розкривних) породах сформується гумусний горизонт.

З використанням методу хронорядів ми простежили закономірності зміни запасів гумусу в досліджуваних новосформованих ґрунтах на території Криму залежно від зміни потужності гумусного горизонту. Для цього побудували графік зміни цих показників у часі (див. рисунок), попередньо перевіривши абсолютні показники потужності гумусного горизонту і запаси гумусу в сформованому шарі у відносні.



Зміна запасів гумусу і потужності гумусного горизонту в ґрунтах Криму: 1 – Н/Н(гр); 2 – Г/Г(гр); 3 – експоненційний Н/Н(гр); 4 – експоненційний Г/Г(гр).

Вміст гумусу визначений методом Тюріна в хімічній лабораторії Кримського республіканського державного проектно-технологічного центру охорони родючості ґрунтів. За максимальні значення запасів гумусу і потужності гумусного горизонту для різних ґрунтів приймали дані, наведені в працях [2, 3, 9], і розрахункові значення потужності гумусного горизонту, наведені вище з використанням математичного моделювання процесів формування гумусного горизонту.

Виявлено, що запаси гумусу зростають практично пропорційно до збільшення потужності гумусного горизонту. З огляду на той факт, що вихідний субстрат, на якому утворюється ґрунт, має деякий невеликий вміст органічної речовини на перших етапах ґрунтоутворення (до 100 років), темп зростання вмісту гумусу стрімкіший. Потім у фазі швидкого збільшення гумусного горизонту (100–1500 років) швидкість гумусоутворення практично пропорційна до швидкості формування гумусного горизонту (Н), і, зрештою, у фазі ґрунтового клімаксу (> 1500 років) швидкості як гумусоутворення, так і формування потужності ґрунтового горизонту різко зменшуються.

Отже, використання методу денних хронорядів має ширше використання під час вивчення процесів формування ґрунтів за сучасних умов ґрунтоутворення, ніж метод похованих хронорядів. Одержані математичні моделі можна використовувати для пода-

льшої їхньої інтерпритації та розробки рекомендацій з визначення допустимих норм ерозій, стратегії проведення рекультиваційних робіт. Особливості морфологічної будови профілів різновікових ґрунтів дають підстави стверджувати, що повнопрофільні ґрунти формуються тільки через 1500 років. Максимальні швидкості накопичення гумусу та формування потужності гумусового горизонту за незмінних умов довкілля також фіксують упродовж 1500 років з початку ґрунтоутворення.

1. *Геннадиев А.Н.* Почвы и время: модели развития.– М.: Изд-во Москов. ун-та, 1990. – 227 с.
2. *Дзенс-Литовская Н.Н.* Почвы и растительность степного Крыма. – Л.: Наука, 1970. – 157 с.
3. *Драган Н.А.* Почвы Крыма: Учеб. пособие. – Симферополь: Изд-во Симфероп. ун-та, 1983. – 94 с.
4. *Єрґіна О.І.* Критерії визначення стійкості ерозійнонебезпечних ландшафтів // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геогр. – 2003. – Вип. 31. – С. 271–277.
5. *Ерґина Е.И., Кошлатый С.Д.* Методико-технологические аспекты моделирования допустимых норм эрозии как основного критерия почвозащитных систем земледелия в Крыму // Культура народов Причерноморья. – 2006. – № 73. – С. 148–151.
6. *Етеревская Л.В., Лихциер Л.В.* Почвообразование в техногенных ландшафтах на лёссовых породах. Техногенные экосистемы: Организация и функционирование. – Новосибирск, 1985. – С. 107–135.
7. *Лисецкий Ф.Н.* Пространственно-временная организация агроландшафтов. Белгород, 2000. – 301с.
8. *Львова Е.В.* Равнины Крыма. – Симферополь: Таврия, 1982. – 79 с.
9. *Половицкий И. Я., Гусев П.Г.* Почвы Крыма и повышение их плодородия. – Симферополь: Таврия, 1987. – 152 с.
10. *Пономарева В.В., Плотникова Т.А.* Гумус и почвообразование. – Л.: Наука, 1980. – 222 с.
11. *Таргульян В.О., Соколов И.А.* Структурный и функциональный подход к почве, почва-память и почва-момент. – М.: Наука, 1978. – 120 с.
12. Элементарные почвообразовательные процессы. – М.: Наука, 1992. – 98 с.
13. *Bergkamp G.* Mediterranean geoecosystems – hierarchical organization and degradation. – Amsterdam, 1996. – 238 p.
14. *Birkeland P.W.* Pedology, weathering and geomorphic-logical nascence. London: Oxford Univ. Press, 1974. – 285 p.

---

**SOIL-CHRONOLOGICAL RESEARCH OF THE SOIL FORMATION  
IN THE CRIMEA**

**E. Yergina**

*The Crimean institute of information-polygraphic technology UAP,  
Pushkin Str., 35, Ua – 95011 Simpherpol, Ukraine*

Ergodicity of the soil-formation process and the analogies method of usage give the opportunity to move to quantitative and quality modeling of the soil-formation processes during the course of time. The soil-chronological research took place at the Crimean territory, at the grounds of different ages mostly of anthropological origin. The usage of the research results gives the opportunity to solve genetic, soil science and evolutionary problems in new way.

*Key words:* method day timenumbers, mathematical models of humus horizon change of capacity, modelling humus-formating process.

Стаття надійшла до редколегії 12.09.2006

Прийнята до друку 27.09.2006