

УДК 544.77:551.793

Колтун О. В.,
Львівський національний університет
імені Івана Франка
Колтун В. Р.

**КІЛЬЦЯ ЛІЗЕГАНГА У ЛЕСОВО-ГРУНТОВІЙ СЕРІЇ ЯК ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ
У НАУКАХ ПРО ЗЕМЛЮ
(приклади з Хмельницького плато, Подільська височина)**

Ключові слова: кільця Лізеганга, лесово-грунтова серія, новоутворення в ґрунтах, Подільська височина, Хмельницьке плато

Вступ. Попри понад столітню історію вивчення такого феномена, як кільця Лізеганга [13], у науках про Землю, особливо коли йдеться про пухкі четвертинні відклади, цей результат радіальної дифузії і преципітації ще не знайшов належного висвітлення, хоча зустрічається і в лесах, і у викопних ґрунтах. Якщо у наукових публікаціях двох останніх десятиліть термін “кільця Лізеганга” зустрічаємо у описах горизонтів опорних розрізів Волино-Поділля [1, 2 та ін.], то в інженерно-геологічній документації за даними буринь (діаметр керна 110 мм) його не вживають і пишуть про залістисті, марганцеві чи карбонатні включення, плями озалізнення і таке інше. Є для цього й об'єктивна причина: кільця легше виявити у відслоненнях відкладів у шурфах і розрізах.

Термін “кільця Лізеганга” нечасто зустрінемо у наукових працях не лише з літології, палеогеографії чи четвертинної геології, але й з ґрунтознавства, палеопедології чи геоморфології, зокрема, попри детальну характеристику новоутворень у ґрунтах лісової і лісостепової зони [3], у класі неконкреційних не згадані ані карбонатні, ані залістисті чи марганцеві кільцеві структури, а лише плями для аморфних гідроксидів металів і псевдоміцелій як вид пухких кальцієвих новоутворень.

У енциклопедичних виданнях згадки теж поодинокі: у “Енциклопедії наук про ґрунти” [8, с. 461] кільця Лізеганга вказані як геологічний аналог квазіпокровних новоутворень з гетиту; у “Геоморфологічній енциклопедії” є стаття про них у скельних породах [7, с. 620]. В обох виданнях йдеться лише про залістисті новоутворення. Проте навіть в одному з останніх спеціалізованих видань про оксиди заліза з чималою кількістю прикладів досліджень залізозмісних сполук у лесах і палеоґрунтах кільця Лізеганга не згадані [9].

Однак, і залістисті, і карбонатні кільця Лізеганга поширені у пухких породах, а не

тільки у скельних, і можуть бути використані для реконструкції давніх природних умов щонайменше. Позаяк, у сучасних ґрунтах залістисті конкреції однозначно свідчать про надмірне зволоження, аморфні карбонатні новоутворення – про складні гідрогеологічні умови [3], а поєднання результатів досліджень вмісту заліза і карбонатів у лесово-грунтовій серії дозволяє повніше охарактеризувати кліматичні зміни плейстоцену у різних частинах земної кулі [6, 10, 11, 14]. Розрізи лесово-грунтової серії дають чи не найбільше інформації про зміну географічних умов у четвертинному періоді і на півдні Східноєвропейської рівнини, на Подільській височині зокрема [12], проте все ще залишається багато нез'ясованих і малодосліджених питань, зокрема тих, що стосуються геохімії. Одним з них є можливість використання кілець Лізеганга для реконструкції палеоумов та, можливо, датування відкладів.

Результати. Наш досвід інженерно-геологічних вишукувань на території Хмельницького плато (рис. 1) свідчить, що кільця Лізеганга зустрічаються у різновікових горизонтах лесово-грунтової серії, та все ж частіше виявляються у верхньоплейстоценових горизонтах лесів і викопних ґрунтів. Хмельницьке плато охоплює головню верхів'я басейна Південного Бугу і частково – басейнів лівих допливів Дністра. Хмельницьке плато у частині геоморфологічних регіоналізацій України має назву лесового, бо для нього характерний лесовий покрив потужністю до 25 м і більше. У практиці інженерно-геологічних досліджень 1970–1980-х років кільця Лізеганга траплялися при відборі зразків зі шурфів для оцінки просідності лесів. У той час ще широко використовувалися стрічкові фундаменти неглибокого закладання, які повністю знаходилися у верхньоплейстоценових лесах. Зазвичай цей горизонт володіє просідністю і залягає під

сучасним чорноземом з глибини від 1,7–1,8 м і має потужність 2–3 м. Якщо є антропогенні зміни поверхні, то глибини можуть суттєво відрізнятись.

З 1990-х років у будівництві промислових і житлових споруд домінують пальові фундаменти, для яких просідність відносно малопотужного горизонту не має такого важливого значення, тому спеціальні дослідження просідності тепер на території м. Хмельницького і прилеглих територій – велика рідкість, а відтак дані беруться зі свердловин.

Однак навіть у керні вдається натрапити на карбонатні кільця у викопних ґрунтах, як це було у квітні 2016 (рис. 2). За даними

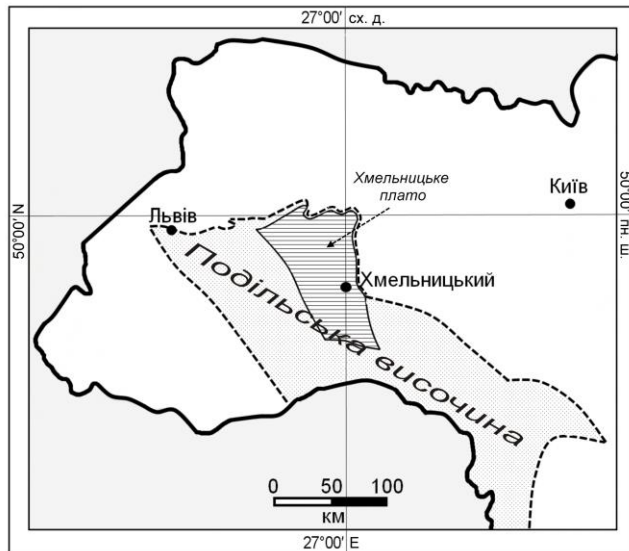


Рис. 1 – Розташування Хмельницького плато і Подільської височини (схематичні обриси подані за картами геоморфологічного районування [4, 5])

У верхньоплейстоценових лесах не карбонати зазвичай утворюють кільця Лізеґанґа, а сполуки заліза. Вони бурого кольору, у центрі – ядро діаметром від кількох міліметрів до кількох сантиметрів, часто двошарове, як у зразку з рис. 3. Структури мають різну форму: від правильної кулястої (для ядра) і круглої (для кілець) до видовжених асиметричних. Зразки на рис. 3–5 відібрані у котловані по вул. Залізняка з горизонту верхньоплейстоценового лесу, який залягає під сучасним ґрунтом на глибині 1,7–3,0 м (зауважимо, що територія зазнала антропогенних змін). На цих трьох зразках максимальний видимий діаметр бурих кілець становить 2–8 см, тоді як у монолітах зі шурфів 1970–1980-х років траплялися зразки з діаметром 10–20 см.

У зразку №2 були численні залізисті кільця на всіх гранях, окрім однієї, але на

вишукувань, проведених організацією “Житомирбудрозвідування” по вул. Купріна у м. Хмельницькому, цей темно-коричневий суглинок залягає на глибині 2,6–4,7 м від поверхні (наголосимо, що зміненої людиною, тому попри близькість до поверхні, цей ґрунт за своїми властивостями і потужністю – 2,1 м – швидше середньоплейстоценовий, імовірно, коршівський. Окрім карбонатних включень, містить гідроксиди заліза і марганцю. Фрагмент керна з кільцями відібраний з максимальної глибини – 4,7 м, найбільш яскраво виражені ті кільця, які розташовані приблизно 4 см вище від контакту з нижчим шаром жовтого лесу.



Рис. 2 – Зразок №1: білі карбонатні кільця Лізеґанґа у фрагменті керна (діаметр 110 мм) викопного середньоплейстоценового ґрунту. м. Хмельницький, 2016 р., лівий берег р. Самець

відміну від зразків № 3 і 4 – відносно невеликого діаметра. Супутніми новоутвореннями у всіх трьох зразках є карбонати, на зразку №2 – ще й чорні зерна манганових новоутворень. Показово, що на відміну від поширення карбонатних кілець у горизонтальній площині, залізисті не мають прив’язки до площин і поширюються у будь-яких напрямках.

Якщо звернутися до літературних джерел, то в опорних розрізах на території Хмельницького плато кільця Лізеґанґа діаметром до 5 см зафіксовані у наддубнівській делювіально-соліфлюкційній пачці у Підволочиську (глибина залягання горизонту 1,7–2,1 м) [2], а також у Шаровечці у дубнівському ґрунті з наддубнівськими соліфлюкційними утвореннями (2,6–3,3 м) та поодинокі кільця у нижньому горизонті верхньоплейстоценових лесів (3,3–3,9 м) [1].

Усі кільця залізисті, вік відкладів – пізній плейстоцен.



Рис. 3 – Зразок №2: бурі залізисті кільця Лізеґанґа у верхньоплейстоценовому лесі у плані (ліворуч) і у розрізі (праворуч).

Січень 2018 р., м. Хмельницький, верхів'я балки на лівобережжі Південного Бугу



Рис. 4 – Зразок №3: бурі залізисті кільця Лізеґанґа неправильної форми і карбонатні крупинки та присипка у верхньоплейстоценовому лесі. Січень 2018 р.,
відібрано там само, де зразок №2



Рис. 5 – Зразок №4: бурі залізисті кільця Лізеґанґа довкола ядра правильної кулястої форми і білий карбонатний наліт у верхньоплейстоценовому лесі. Січень 2018 р.
відібрано там само, де зразок №2

Обговорення і висновки. Хоча кільця Лізеґанґа важко назвати рідкісним явищем для четвертинних відкладів, та все ж під час лабораторних досліджень фізико-міцнісних властивостей ґрунтів моноліти з ними відбракувалися, а кілька таких проведених досліджень у 1970-х–1980-х роках у лабораторіях організацій “Хмельницькагропроект” і “Хмельницькийбудрозовідбудування” (на

той час – Хмельницький відділ комплексних вишукувань Рівненського філіалу УкрДІІНТР) показали, що значення просідності має суттєві відмінності на зразках з залізистими чи карбонатними кільцями і без них. Так, три паралельні зразки з тієї ж глибини, один з яких мав залізистими кільця Лізеґанґа, виявили, що моноліт з кільцями непросідний, тоді як два його сусіди – так. На жаль,

документальних підтверджень не збереглося, бо такі результати були для внутрішнього використання і тільки підтверджували необхідність відкидати частини монолітів із залізистими кільцями Лізеґанґа, так само, як і з карбонатними дутиками, оскільки при статистичній обробці даних для всього горизонту отримували менші значення просідності і вищі – міцності, що не відповідає реальній ситуації, бо кільця хоча і не унікальні, та все ж рідкісні знахідки.

Наше зацікавлення кільцями викликане не тільки їхнім впливом на інженерно-геологічні властивості відкладів, але й потенціалом як джерела палеогеографічної інформації про умови формування тих чи інших горизонтів, а можливо, і для датування. Первинною була гіпотеза, що кільця Лізеґанґа, утворені різними хімічними елементами і сполуками, можуть допомогти у датуванні тоді, коли з природних чи антропогенних причин знищені горизонти, які залягали вище. Наприклад, залізисті кільця властиві верхньоплейстоценовим горизонтам лесів і похованих ґрунтів, а карбонатні – середньоплейстоценовим. Та на даний момент на підставі лише оглядового польового матеріалу такі однозначні висновки зробити неможливо, оскільки не враховані хімічні та фізико-хімічні процеси, які проходили у відкладах вже після їхнього нагромадження.

Також не можемо відкидати вплив

глибини залягання горизонтів без прив'язки до їхнього складу і генезису. У розглянутих прикладах з наших польових досліджень і літературних джерел бачимо, що залізисті кільця властиві лесам і похованим ґрунтам на глибинах 1,7–3,9 м, тоді як карбонатні – похованому ґрунту на глибині 4,7 м. Але знову ж таки, і це твердження поки що є лише гіпотезою.

Рівень ґрунтових вод у двох місцезнаходженнях на території м. Хмельницького не був досягнутий при бурінні завглибшки 16–17 м: на півночі міста, де виявлено залізисті кільця у верхньоплейстоценовому лесі (див. рис. 3–5), і на півдні, де виявлені карбонатні у середньоплейстоценовому палеоґрунті (див. рис. 2). Тому виникають не лише інженерно-геологічні причини більшого наукового зацікавлення кільцями Лізеґанґа, але й палеогеографічні, наприклад, коли і за яких умов утворилися ці структури, якщо немає сучасного перезволоження відкладів (а це головна причина утворення залізистих конкрецій і неконкреційних новоутворень у сучасних ґрунтах)?

Таким чином, маловивчені для пухких ґрунтів феномени – кільця Лізеґанґа – заслуговують значно більшої уваги, і дана стаття – це насамперед запрошення до дискусії та науково-прикладних досліджень згаданого феномена.

Список літератури

1. *Богуцький А.* Інженерно-геологічна характеристика порід лесово-ґрунтової серії опорного розрізу Шаровечка (Подільська височина) / Богуцький А., Волошин П. // Вісник Львів. ун-ту. Сер. геогр. – 2015. – Вип. 49. – С. 14-24.
2. Інженерно-геологічна характеристика порід лесово-ґрунтової серії опорного розрізу Підволочиськ (Подільська височина) / Богуцький А., Волошин П., Кремінь Н., Томенюк О. // Вісник Львів. ун-ту. Сер. геогр. – 2016. – Вип. 50. – С. 45–54.
3. *Зайдельман Ф. Р.* Генезис и диагностическое значение новообразований почв лесной и лесостепной зон / Зайдельман Ф. Р., Никифорова А. С. – М. : Изд-во МГУ, 2001. – 216 с.
4. Загальне геоморфологічне районування території України / Палієнко В. П., Барцевський М. Є., Бортник С. Ю. та ін. // Укр. географічний журнал. – 2004. – Вип. 1. – С. 3-11.
5. *Цись П. М.* Геоморфологія УРСР. Львів / П. М. Цись. – Львів : Вид-во Львівського ун-ту, 1962. – 224 с.
6. Iron geochemistry of loess and red clay deposits in the Chinese Loess Plateau and implications for long-term Asian monsoon evolution in the last 7.0 Ma / Ding Z.L., Yang S.L., Sun J.M., Liu T.S // *Earth and Planetary Science Letters.* – 2001. – Vol. 185, Is. 1–2. – P. 99–109.
7. *Encyclopedia of Geomorphology* / Ed. Andrew S. Goudie. – London, NY : Routledge, 2013. – 1200 p.
8. *Encyclopedia of Soil Science* / Ed. Ward Chesworth. – Dordrecht: Springer, 2007. – 902 p.
9. *Iron Oxides: From Nature to Applications* / Ed. Damien Faivre. – Weinheim: Wiley-VCH, 2016. – 632 p.
10. *Kemp R. A.* Distribution and genesis of calcitic pedofeatures within a rapidly aggrading loess-paleosol sequence in China / R. A. Kemp // *Geoderma.* – 1995. – Vol. 65, Is. 3–4. – P. 303–316.
11. Variability of carbonate pedofeatures in a loess-paleosol sequence and their use for paleoreconstructions / Kovda I., Sycheva S., Lebedeva M. et al. // *J. of Mountain Science.* – 2009. – Vol. 6, Is. 2. – P. 155–161.
12. Środowisko abiotyczne paleolitycznej ekumeny strefy pery- i metakarpackiej / Łanczont M., Madeyska T., Bogucki A. in. // *Paleolityczna ekumena strefy pery- i metakarpackiej* ; red. M. Łanczont, T. Madeyska. – Lublin : UMCS, 2015. – S. 55–458.
13. *Liesegang R. E.* Ueber einige Eigenschaften von Gallerten / R. E. Liesegang // *Naturwissenschaftliche Wochenschrift.* – 1896. – Vol. 11, Nr. 30. – P. 353-362.
14. *Solleiro-Rebolledo E.* Paleopedological record along the loess-paleosol

sequence in Oberlaab, Austria / Solleiro-Rebolledo E., Cabadas H., Terhorst B. // E&G Quaternary Science Journal. – 2013. – Vol. 62, Nr. 1. – P. 22–33.

Колтун О.В., Колтун В.Р. Кільця Лізеґанґа у лесово-ґрунтовій серії як об'єкт досліджень у науках про Землю (приклад з Хмельницького плато, Подільська височина). Кільця Лізеґанґа у пухких ґрунтах є насамперед особливим просторовим розташуванням неконкреційних залізистих і карбонатних новоутворень. Оцінка просідності монолітів із шурфів у верхньоплейстоценових лесах і палеоґрунтах Хмельницького плато у 1970–80-х роках засвідчила відмінності у показниках для зразків з кільцями і без. У нещодавніх зразках із котлованів і свердловин виявлені залізисті кільця Лізеґанґа у лесах верхнього плейстоцену і карбонатні у палеоґрунті середнього плейстоцену. Рівень ґрунтових вод у двох місцезнаходженнях на території м. Хмельницького, не був досягнутий при бурінні завглибшки 16–17 м. Тому маємо окрім інженерно-геологічних причин більшого наукового зацікавлення кільцями Лізеґанґа ще й палеогеографічні, зокрема, з'ясування того, коли і за яких умов утворилися ці структури, якщо немає перезволоження відкладів – головної причини утворення залізистих конкрецій і неконкреційних новоутворень у сучасних ґрунтах.

Дане дослідження є насамперед спробою зацікавити колег феноменом кілець Лізеґанґа у пухких відкладах, особливо у лесово-ґрунтовій серії, а також запрошенням до дискусії.

Ключові слова: кільця Лізеґанґа, лесово-ґрунтова серія, новоутворення в ґрунтах, Подільська височина, Хмельницьке плато.

Koltun O.V., Koltun V.R. The Liesegang rings in the loess-paleosol sequence as a research subject of Earth sciences (examples from Khmelnytskyi Plateau, Podolian Upland). In the Earth sciences (e.g. soil sciences, geochemistry, geology, paleogeography, geomorphology) the analysis of iron- and calcite-pedofeatures or iron and carbonate content in soils and rocks is the usual source of information about environmental conditions of their sedimentation and different types of changes. But it doesn't apply to the Liesegang rings. The Liesegang rings are not well-known phenomenon if we talk about loose sediments, including loess and paleosols. These mainly round structures present a specific type of spreading in sediment layers the iron- and calcite-bearing pedofeatures. In 1970s and 1980s for unofficial use were made some geotechnical tests of Upper Pleistocene loess and paleosols monoliths from Khmelnytskyi plateau area, and first of all they had shown a difference in results of subsidence evaluation (in this case as compaction caused by first-time wetting of moisture-deficient clay or silty soils) between the ordinary samples and sample with iron-bearing Liesegang rings. According to recent research of samples from boreholes and pit excavation, iron-bearing rings occur in Upper Pleistocene loess and paleosols, calcite-bearing rings occur in Middle Pleistocene paleosols. In both cases they have rare representation, diameter up to 10 cm. There are not only geological and geotechnical engineering reasons for bigger scientific interest in the Liesegang rings, but also paleogeographic, for example, to answer the question, when and why these structures appeared if groundwater table lies more than 12 m deeper, and opposite to modern fertile soils, oversaturation seemly is not here a cause of forming of iron-bearing pedofeatures.

This study is primarily an attempt to engage colleagues in research of Liesegang rings phenomenon in loose sediments, especially in the loess-paleosol sequence, as well as the invitation to discussion.

Keywords: Liesegang rings, loess-paleosol sequence, pedofeatures, Podolian upland, Khmelnytskyi Plateau.

Колтун О.В., Колтун В.Р. Кольца Лизеганга в лессах и палеопочвах как объект исследований в науках о Земле (примеры из Хмельницкого плато, Подольская возвышенность). Кольца Лизеганга в рыхлых отложениях – это в первую очередь особенное распределение в породе железистых и карбонатных неконкреционных новообразований. Инженерно-геологические изыскания на Хмельницком плато в 1970–80-х годах (оценка просадочности лессов и палеопочв по монолитам из шурфов) показал, что кольца Лизеганга влияют на физико-механические свойства образцов. Недавние находки колец образцах верхне-среднеплейстоценовых лессов и ископаемых почв из котлованов и скважин поднимают и палеогеографические вопросы, например, когда и при каких условиях образовались эти структуры, если нет переувлажнения – условия формирования железосодержащих конкреций и неконкреционных новообразований в современных почвах.

Данное исследование – это прежде всего попытка заинтересовать коллег феноменом колец Лизеганга в рыхлых отложениях, особенно в лессах и палеопочвах, а также приглашением к дискуссии.

Ключевые слова: кольца Лизеганга, лессы и палеопочвы, новообразования в почвах, Подольская возвышенность, Хмельницкое плато.

Надійшла до редколегії 26.01.2018