

УДК 55.624.131.1

## ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРІД ЛЕСОВО-ГРУНТОВОЇ СЕРІЇ ОПОРНОГО РОЗРІЗУ ЛИСОГОРА (ПОДІЛЬСЬКА ВИСОЧИНА)

Андрій Богуцький<sup>1</sup> , Петро Волошин<sup>2</sup> , Олена Томенюк<sup>1</sup> 

*Львівський національний університет імені Івана Франка,  
<sup>1</sup> вул. П. Дорошенка, 41, 79007, м. Львів, Україна,  
e-mail: andriy.bogucki@lnu.edu.ua, olena.tomeniuk@lnu.edu.ua  
<sup>2</sup> вул. М. Грушевського, 4, 79005, м. Львів, Україна,  
e-mail: petro.woloshyn@gmail.com*

Розріз Лисогора-опорний – один з найповніших і найцікавіших розрізів лесово-грунтової серії східної частини Подільської височини. Це район, де плейстоценова лесово-грунтова серія залягає безпосередньо на породах докембрійського кристалічного щита, його звітрілій частині (елювії). Значення інженерно-геологічного вивчення розрізу зростає завдяки тому, що він розташований недалеко від м. Вінниця, яке останніми роками інтенсивно забудовується.

Підкреслимо, що у розрізі верхньоплейстоценовим лесам належить дуже незначна роль. Тут різко зростає значення лесів середнього плейстоцену, які загалом вивчені у регіоні слабше. Розріз Лисогора опробуваний, відібрано понад 30 монолітів на інженерно-геологічні дослідження, а саме: гранулометричний склад, природну вологість, число пластичності, щільність, коефіцієнт пористості, просадочність, кут внутрішнього тертя, питоме зчеплення, модуль загальної деформації, хімічний склад водної витяжки, вміст гумусу та CaCO<sub>3</sub> тощо. Результати вивчення властивостей лесово-грунтової серії скорельовано з відповідними стратиграфічними горизонтами інших розрізів Подільської височини. Окрім основного розрізу, описаного у шурфі-дудці, досліджено ще дві додаткові розчистки: одна – на коршівський викопний ґрунтовий комплекс, інша – на псевдоморфозу по полігонально-жилінних льодах ярмолинецького палеокріогенного етапу.

Встановлено, що лесові та палеоґрунтови горизонти різко відрізняються за своїми інженерно-геологічними властивостями. Так, зокрема, незначною просадочністю характеризуються лише окремі зразки з верхнього горизонту середньоплейстоценових лесів. Палеоґрунтови горизонти, як правило, мають більші значення щільності, природної вологості. Вони відрізняються важчим гранулометричним складом. За даними аналізу водної витяжки лесово-грунтова товща практично відмита від легкорозчинних солей. Показано також значний вплив процесів палеокріогенезу на формування інженерно-геологічних властивостей порід.

*Ключові слова:* лесово-грунтова серія, плейстоцен, інженерно-геологічні властивості порід, палеокріогенез.

Розріз Лисогора-опорний розташований західніше м. Вінниця. У геоморфологічному відношенні це хвиляста вододільна поверхня Подільської лесової височини [14]. Тут у спеціально пройденому глибокому (понад 20 м) шурфі-дудці детально описано та опробу-

вано на інженерно-геологічні властивості породи лесових, палеоґрунтових та палеокріогенних горизонтів. В окремих розчистках додатково досліджено склад і будову псевдоморфози по полігонально-жильних льодах ярмолинецького палеокріогенного етапу (розчистка А) та коршівського викопного ґрунтового комплексу (розчистка Б). Проведено також статичне зондування ґрунтів.

Нижче наводимо опис розрізу Лисогора-опорний.

	Глибина, м
<b>Сучасний ґрунт (1<sup>1</sup>)</b> характеризується добре диференційованим профілем.	0–1,2
Гумусовий ( <i>H</i> ) горизонт потужністю 0,2 м, інтенсивно порушений кар’єрними роботами. Складений супісками сірими, гумусованими, пухкими, макропористими. Перехід ясний.	
Горизонт <i>B</i> потужністю 1,0 м складений суглинками коричнювато-сірими, з червонуватим відтінком, щільними, оструктуреними, з білястою підзолистою присипкою у верхній частині шару. З соляною кислотою породи шару не закипають. До підшови шару щільність дещо знижується, оструктуреність зменшується. Нижній контакт за з’явою закипання з соляною кислотою.	
<b>Верхній горизонт середньоплейстоценових лесів (6).</b>	1,2–8,5
<i>Леси</i> палеві, з зеленкуватим (тютюновим) відтінком. Вони макропористі, карбонатні, з трубчастим псевдоміцелієм. На глибині 2,5–2,8 м леси набувають голубуватого відтінку внаслідок оглеєння, а в інтервалі 3,5–4,0 м – піщанисті, з прошарками палевих глинистих пісків. У пісках також є трубчастий псевдоміцелій. Нижній контакт ясний, за зміною кольору.	1,2–5,5
<i>Леси</i> суглинисті, жовтувато-сірі, в нижній половині шару з коричнюватим відтінком і важчим гранулометричним складом. Вони карбонатні, з псевдоміцелієм, озалізнені. Макропористість не характерна. Особливістю шару є плямисте озалізнення і велика кількість залізо-манганових новоутворень (примазки і конкреції до 3,0 мм у діаметрі). У нижній половині шару суглинки вологі, до твердопластичних. В інтервалі 7,5–8,0 м леси плитчасті, просякнуті гідрооксидами заліза. Плитчастість підкреслена озалізненням. Висота сітки 0,5 см. Швидше за все, це посткріогенна текстура. Верхніх 0,3 м шару – суглинки голубувато-сірі, просякнуті гідрооксидами заліза, щільні. Не виключено, що це похований діяльний шар – <i>тернопільський підгоризонт</i> .	5,5–8,5
<b>Коршівський викопний ґрунтовий комплекс (7)</b> повнопрофільний, складається з накладених один на одного ґрунтів двох фаз ґрунтоутворення.	8,5–13,0
<i>Друга (верхня) фаза ґрунтоутворення (7б)</i> представлена ґрунтом, що має добре диференційований генетичний профіль.	8,5–11,5

<sup>1</sup> Тут і далі стратиграфічні горизонти і підгоризонти наведено згідно зі стратиграфічною схемою [1, 4].

Гумусовий (*H*) горизонт потужністю 1,5 м складений суглинками 8,5–10,0 темно-сірими з коричнюватим відтінком, у верхній частині карбонатними (очевидно, карбонатність вторинна). З покрівлі горизонту розпочинається система вузьких тріщин, наповнених палевим лесовим матеріалом. Перехід ясний, за зміною кольору, структури та щільності порід.

Горизонт *B* ґрунту другої фази потужністю 1,5 м складений суглинками 10,0–11,5 червонувато-жовтими, щільними, безкарбонатними, очевидно, опідзеленими. Про це свідчить плямиста біляста присипка. Суглинки грудкуваті, без видимих макропор. Швидше за все, тут представлений западинний варіант ґрунту другої фази ґрунтоутворення коршівського викопного ґрунтового комплексу. У суглинках горизонту *B* багато щільних залізисто-манганових конкрецій до 3,0 мм у діаметрі.

*Ґрунт першої (старшої) фази коршівського ґрунтоутворення (7a)* 11,5–13,0 також має добре диференційований генетичний профіль.

Гумусовий (*H*) горизонт потужністю 0,3 м складений суглинками 11,5–11,8 червонувато-коричневими, безкарбонатними, щільними, з залізисто-мангановими примазками та конкреціями. Перехід ясний.

Горизонт *B* потужністю 1,2 м складений суглинками червонувато-коричневими, грудкуватими, щільними, з окремими кварцовими зернами розміру жорстви. Перехід ясний, за різким зменшенням щільності порід.

***Нижній горизонт середньоплейстоценових лесів (8).*** 13,0–13,8

*Леси* суглинисті, жовтувато-сірі, щільні, з залізисто-мангановими примазками. Породи шару слабо закипають з соляною кислотою.

*Конкреційний горизонт* складений суглинками, переповненими псевдоміцелієм, з залізисто-мангановими примазками та великими карбонатними дутиками (конкреціями) до 7,0 см у діаметрі. Таке скупчення карбонатних дутиків характерне для надлуцької соліфлюкційної пачки.

***Луцький викопний ґрунт (9).*** 13,8–15,2

Гумусовий (*H*) горизонт порушений делювіально-соліфлюкційними процесами і практично не зберігся. Зауважимо, що поблизу верхнього контакту суглинки темніші і, очевидно, більш гумусовані. Ґрунт головню представлений горизонтом *B*, складеним щільними, безкарбонатними, місцями грудкуватими, червонувато-коричневими суглинками з включеннями піщаних і жорствяних зерен кварцу.

*Леси (10)* суглинисті, голубувато-сірі, щільні, озалізнені, переповнені карбонатними конкреціями до 7,0 см і більше у діаметрі. Перехід ясний.

***Сокальський викопний ґрунт (11)*** представлений червонувато-коричневими, щільними суглинками горизонту *B*, із залізисто-мангановими примазками і трубчастими порами, наповненими мангановими новоутвореннями. Біля верхнього і нижнього контактів шару є псевдоміцелій. У нижніх 0,2 м суглинки голубувато-сірі, щільні, озалізнені, переповнені карбонатними конкреціями до 7,0 см у діаметрі. Цих нижніх 0,2 м шару можна називати конкреційним горизонтом. Перехід ясний.

<b>Лесовий горизонт (12)</b> представлений суглинками жовтувато-сірими, макропористими. Пори наповнені псевдоміцелієм, залізісто-мангановими новоутвореннями, на окремих ділянках вони незаповнені. До основи шару суглинки стають вологішими, щільнішими, оглеєнішими і більш озалізненими. Вони набувають плямистого бурувато-коричневого забарвлення. Повсюдно спостерігаються включення залізісто-манганових конкрецій, щільних, до 3,0 мм у діаметрі. По усьому шару породи інтенсивно закипають із соляною кислотою.	16,8–20,5
<i>Глини (?) строкато забарвлені</i> , переважно червонуваті і бурі. Вони щільні, безкарбонатні, з жорствяними кварцовими зернами.	20,5–22,0
<i>Глини</i> , аналогічні описаним вище, але переповнені кварцовим піском і жорствою. Це, очевидно, елювій кристалічних порід.	22,0–22,5 (розкрито)

Окрім основного розрізу, описаного й опробованого у шурфі-дудці, у двох окремих розчистках безпосередньо біля цегельного заводу вивчено склад і будову псевдоморфози по полігонально-жильних льодах ярмолинецького палеокріогенного етапу (розчистка А) та коршівського викопного ґрунтового комплексу (розчистка Б).

**Розчистка А** розташована поблизу цегельного заводу у придорожній виїмці.

За нульову позначку прийнято покрівлю *тернопільського підгоризонту верхнього горизонту середньоплейстоценових лесів*. Складений підгоризонт сірими, голубувато-сірими, макропористими супісками, плямистисто забарвленими, озалізненими, з залізісто-мангановими бурими примазками.

*Супіски* сірі, голубувато-сірі. Порівняно з описаним вище шаром, характер порід змінюється мало, дещо зменшується щільність, спостерігається велика кількість патьоків гідроксидів заліза, добре виражена макропористість, присутній псевдоміцелій. Перехід поступовий, за зміною кольору і вологості порід.

*Надкоршівська соліфлюкційна пачка*. Суглинки сірі, коричнювато-сірі, однорідні, щільні, вологі, макропористі, оглеєні, з залізісто-мангановими примазками, вертикальними незаповненими трубчастими порами. Перехід хвилястий, за кольором, тріщинно-язикуватий.

Породи шару у вигляді тріщин-язиків проникають у шар, що залягає нижче, на глибину 1,0 м через кожні 0,1–0,5 м. Вони розтинають гумусовий (*H*) горизонт ґрунту другої (верхньої) фази коршівського ґрунтоутворення на окремі тіла з максимальними розмірами до 0,2 м, що створює враження його брекчієподібної будови.

У цій же розчистці відкрито *псевдоморфозу по полігонально-жильних льодах* ярмолинецького палеокріогенного етапу. Її вертикальний розмір з урахуванням окремих язиків досягає 1,5 м, горизонтальний – 1,60 м.

Верхня межа псевдоморфози проявлена слабо. Наповнювач псевдоморфози різний. У верхній частині структури – це дуже пухкі жовті пілуваті супіски, майже піски, у нижній – компактний лес. По периферії тіла псевдоморфози численні мікроскиди (амплітудою до 0,10 м). Матеріал пухкий. Породи, що вміщують псевдоморфозу, у приконтактовій зоні ущільнені.

**Розчистка Б** на коршівський викопний ґрунтовий комплекс закладена в придорожній виїмці навпроти цегельного заводу.

Гумусовий (*H*) горизонт ґрунту другої (верхньої) фази коршівського ґрунтоутворення зрізаний. У розчистці видно лише його нижню частину. Добре видно генерацію язиків-косм, які розпочинаються в гумусовому горизонті і мають темно-сіре забарвлення. У них наповнювач, без сумніву, з гумусового горизонту, його характер субвертикальний. У верхній частині косми мають ширину до 0,5 м, поступово зменшуючись до вузьких тріщин. Їхня глибина досягає 2,5 м. Косми зустрічаються через кожні 1,2–2,0 м.

Горизонт *B* ґрунту другої фази виділяється в розрізі своїм жовтуватопалевим, місцями червонуватим відтінком. Це легкі суглинки, щільні, макропористі, пронизані вузькими (1–2 см) тріщинами з гумусовим наповнювачем і численними червоточинами до 1,5 см у діаметрі. Зустрічаються і кротовини до 10 см у діаметрі. Перехід ясний, за зміною кольору.

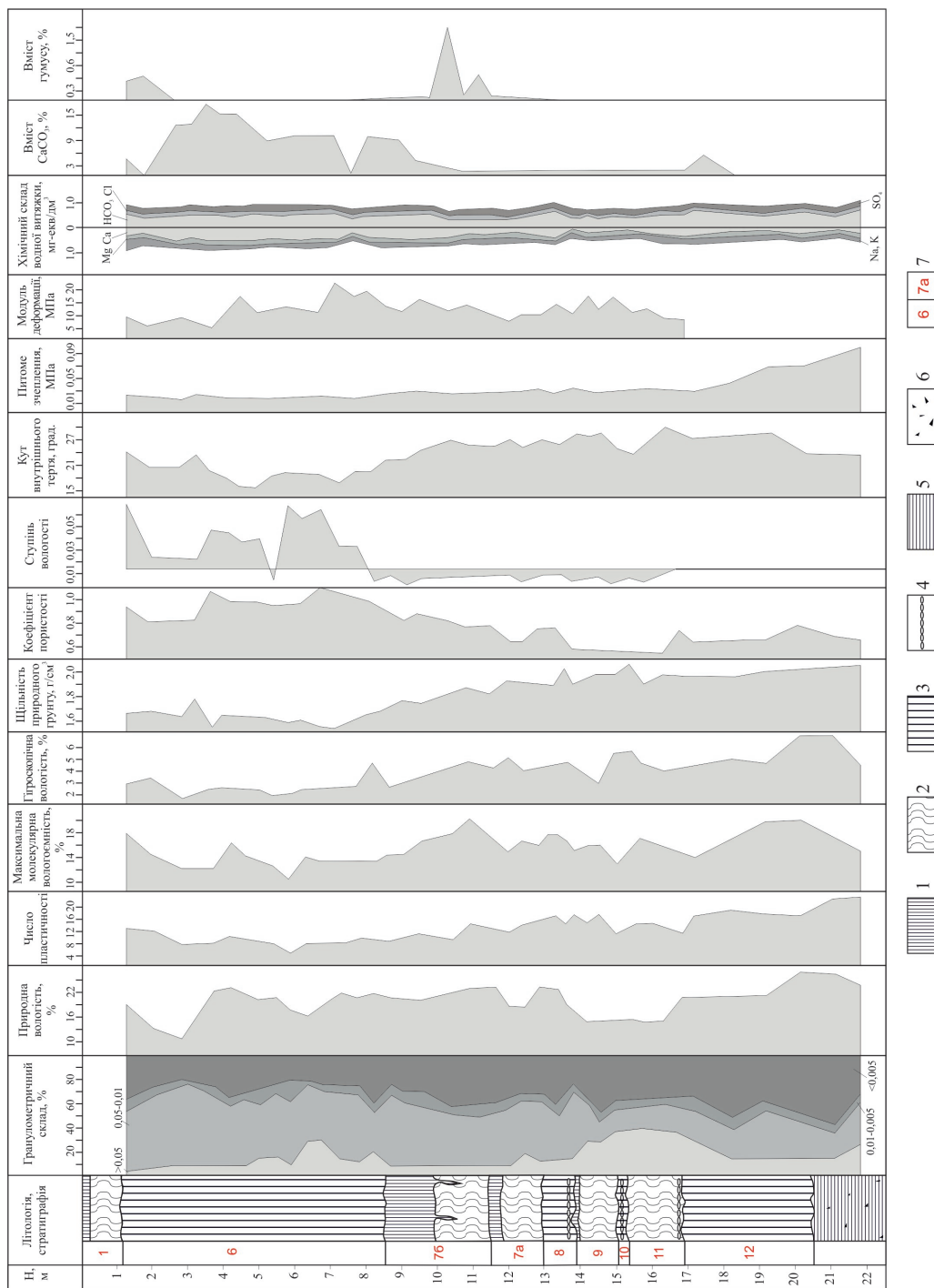
Гумусовий (*H*) горизонт ґрунту першої (нижньої) фази коршівського ґрунтоутворення має потужність до 0,4 м. Складений суглинками червонувато-коричневими, однорідними, макропористими, щільними з численними залізисто-мангановими примазками чорного кольору, до 3,0 мм у діаметрі. Нижній контакт язиковатий. Від нього відходять потужні язики-косми шириною у верхній частині до 0,7 м, які утворюють своєрідну величезну “пилку”. У наповнювачі косм-“зубців” матеріал суглинистий, але у порівнянні з гумусовим матеріалом ґрунту першої фази значно легший, у ньому більше макропор (пори головню незаповнені), а в окремих язиках спостерігається псевдоміцелій і карбонатні дутики. Характер наповнювача компактний. По контактах з вмісними породами видно деформації у вигляді вигинів порід.

Горизонт *B* ґрунту першої (нижньої) фази коршівського ґрунтоутворення виявлено лише між “зубцями пилки”. Це жовті, червонувато-жовті суглинки, з псевдоміцелієм і карбонатними конкреціями до 10,0 см у поперечнику. У суглинках багато залізисто-манганових примазок, є плями оглеєння і озалізнєння. Вони місцями (поблизу “зубців”) дуже ущільнені.

Для інженерно-геологічної характеристики ґрунтів опорного розрізу Лисогора з основних лесових та палеоґрунтових горизонтів відібрано моноліти непорушеної структури та визначено їхній склад і властивості. Результати лабораторних досліджень ґрунтів<sup>2</sup> подано на рисунку.

Розріз плейстоценових відкладів району досліджень розпочинається потужним морфологічно неоднорідним верхнім горизонтом середньоплейстоценових лесів. Гранулометричний склад ґрунтів цього горизонту дещо важчий, ніж на Волинській височині. Переважають, як і в інших розрізах, пилуваті частинки. Їхній вміст змінюється від 33 до 66 % і пересічно становить 52 %. Середня кількість глинистих частинок – 29 %.

<sup>2</sup> В інженерній геології під ґрунтами розуміють усі породи, які є середовищем або основою споруд.



Інженерно-геологічні властивості порід лесово-грунтової серії опорного розрізу Лисогора: 1 – горизонти *H* сучасних і викопних ґрунтів; 2 – горизонти *B* сучасних і викопних ґрунтів; 3 – лес; 4 – конкреційний горизонт; 5 – глина; 6 – жорства; 7 – номер стратиграфічного горизонту (підгоризонту)

Engineering-geological characteristics of the sediments of the loess-palaeosol sequence of the key section Lysohora: 1 – *A*-horizons of modern and fossil soils; 2 – *B*-horizons of modern and fossil soils; 3 – loess; 4 – concretion horizon; 5 – clay; 6 – debris; 7 – number of stratigraphic horizon (sub-horizon)

Вміст піщаних частинок не перевищує 12–14 % і лише в інтервалі глибин 6,5–7,5 м, де зустрічаються лінзи та гнізда пілуватого піску, перевищує 25 %. У коршівському викопному ґрунтовому комплексі кількість пілуватих частинок дещо зменшується, вміст піщаних залишається на рівні 5–10 %, натомість вміст глинистих зростає до 42 %. У нижньому горизонті середньоплейстоценових лесів суттєво зменшується вміст пілуватих частинок, але зростає кількість піщаних і глинистих. Це пояснюється, з нашої точки зору, його незначною потужністю і переробленістю ґрунтоутворними процесами. У порівнянні з коршівським викопним ґрунтовим комплексом кількість глинистих частинок у нижньому горизонті середньоплейстоценових лесів практично не змінюється (42 %), натомість суттєво зменшується вміст пілуватих (25) і зростає кількість піщаних (33 %) частинок. Сокальський викопний ґрунт вміщує більшу кількість глинистих (50 %), пілуватих (31) і значно менше (19 %) піщаних частинок. У лесовому горизонті під сокальським викопним ґрунтом дещо зростає вміст глинистих (до 54 %) і пілуватих (40) і суттєво зменшується кількість піщаних (6,0 %) частинок. У елювіальних глинах вміст глинистих частинок досягає 70 %, пілуватих – 20 і піщаних – 10 %.

Природна вологість ґрунтів опорного розрізу Лисогора змінюються від 10 до 24 %. У верхньому горизонті середньоплейстоценових лесів вона пересічно становить 19 %, суттєво змінюючись з глибиною. У верхній частині розрізу вологість коливається від 10 до 17 %. На глибині 4,5 м зростає до 23 %, зменшуючись до 20 % на глибині 5,5–6,0 м. У піщанистому лесі (6,5–7,5 м) вона становить 15–18 %. Нижче за розрізом коливається в інтервалі 19–21 %.

Вологість ґрунтів коршівського викопного ґрунтового комплексу пересічно складає 19 %. Гумусові горизонти першої та другої фаз ґрунтоутворення мають вищу вологість (21 %), горизонти *B* – значно нижчу (17 %). У нижньому горизонті середньоплейстоценових лесів вологість суттєво зменшується і пересічно становить 12 %. Вологість луцького викопного ґрунту майже не змінюється (13 %). У сокальському ґрунті вона зростає до 19 %, а в лесах нижнього горизонту середньоплейстоценових лесів досягає 24 %. Це, ймовірно, зумовлено наявністю водонепроникних глин у нижній частині розрізу, які створюють сприятливі умови для накопичення та утримання вологи.

Число пластичності лесово-грунтової товщі змінюється від 4 до 16. Однак окремі її складові за цим показником суттєво відрізняються. Леси верхнього горизонту середньоплейстоценових лесів характеризуються найнижчими значеннями числа пластичності, яке у середньому становить 8. У піщанистих лесах (6,5–7,5 м) воно змінюється від 4 до 7. Викопні ґрунти середнього плейстоцену характеризуються значно більшими значеннями числа пластичності, які змінюються від 9 до 16. У лесах під сокальським ґрунтом число пластичності коливається переважно від 9 до 15.

Максимальна молекулярна вологоємність та гігроскопічна вологість тісно пов'язані з вмістом глинистих частинок. За цими показниками ґрунтова товща умовно поділяється на

дві частини: верхню, складену лесами верхнього горизонту середньopleйстоценових лесів, які характеризуються низькими значеннями максимальної молекулярної вологості (13 %) і гігроскопічної вологості (2,4 %), та нижню, яка розпочинається з коршівського викопного ґрунтового комплексу, – 16 % і 4,3 %, відповідно.

Щільність ґрунтів природної вологості у межах розрізу коливається у широких межах – від 1,54 г/см<sup>3</sup> до 2,01 г/см<sup>3</sup>. Найпухкішими є леси верхнього горизонту середньopleйстоценових лесів. Їхня щільність змінюється від 1,54 до 1,76 г/см<sup>3</sup>, середнє значення – 1,63 г/см<sup>3</sup>. Щільність ґрунтів другої фази коршівського викопного ґрунту зростає до 1,88–1,92 г/см<sup>3</sup>. У ґрунтах першої фази коршівського ґрунтоутворення вона досягає 2,00 г/см<sup>3</sup>. Ґрунти підкоршівської частини розрізу також характеризуються високою щільністю, яка змінюється від 1,87 до 2,01 г/см<sup>3</sup>.

Коефіцієнт пористості лесових і палеоґрунтових горизонтів досліджуваного розрізу коливається у широкому діапазоні. Найвищими значеннями характеризуються породи верхнього горизонту середньopleйстоценових лесів. У верхній і, особливо, у середній частині шару їхні абсолютні значення часто перевищують 1,10, зменшуючись до 0,81 біля його підшви. Достатньо високими показниками характеризуються також ґрунти гумусового горизонту другої фази коршівського ґрунтового комплексу (0,86–0,79). Ґрунти першої фази коршівського ґрунтоутворення, луцького та сокальського ґрунтів, а також лесових горизонтів, що їх розділяють, мають низькі коефіцієнти пористості, які змінюються переважно від 0,55 до 0,65. Ступінь наповнення пор водою коливається в достатньо широкому діапазоні. У верхній частині розрізу він здебільшого не перевищує 50 %, досягаючи у нижній 65–70 %.

Просадочність ґрунтів при додатковому (0,3 МПа) навантаженні притаманна найпухкішим та маловологим лесам верхнього горизонту середньopleйстоценових лесів. Здатність до просідання простежується до глибини 9,0 м. Як видно з рисунка, ґрунти, які підстелюють леси і характеризуються підвищеними вологістю та щільністю, просадочними властивостями не володіють. Абсолютні значення коефіцієнта просадочності змінюються від 0,010 до 0,051, поступово зменшуючись до підшви шару. Початковий тиск просідання коливається від 0,08 для найбільш просадочних відмін до 0,3 МПа.

Показники міцності (кут внутрішнього тертя і питоме зчеплення) змінюються в широкому діапазоні. Вони залежать від вологості, щільності, глинистості ґрунтів. Найменші значення кута внутрішнього тертя (15°) і питомого зчеплення (0,011 МПа) притаманні ґрунтам верхнього горизонту середньopleйстоценових лесів. Викопні ґрунти середнього плеїстоцену на загал характеризуються високими значеннями як кута внутрішнього тертя (22–28°), так і питомого зчеплення (0,018–0,026 МПа).

Модуль загальної деформації ґрунтів з глибиною змінюється в достатньо широких межах – від 8–10 до 15–20 МПа. Яскраво виражених закономірностей їхніх змін з глибиною не спостерігається.

За даними аналізу водної витяжки лесово-ґрунтова товща практично відміта від легкорозчинних солей. Сумарна їхня кількість не перевищує 1,0 мг-екв/дм<sup>3</sup>. Натомість на фоні загального низького вмісту спостерігається слабо виражена тенденція поступового зменшення їхньої кількості з глибиною. У верхній частині розрізу (до покрівлі коршівського викопного ґрунтового комплексу) сумарний вміст солей становить 0,9–1,0 мг-екв/дм<sup>3</sup>, нижче – 0,7–0,8 мг-екв/дм<sup>3</sup>. Крім того, на рівні залягання конкреційних горизонтів спостерігається незначне підвищення кількості водорозчинних солей.



Вміст карбонатів кальцію тісно корелює з мікстратиграфією. Найвищі його значення (до 10,0–15,0 %) зафіксовано у лесових горизонтах, мінімальна (1–6 %) або повна їхня відсутність – у викопних ґрунтах.

Вміст гумусу також корелює з мікстратиграфією. У верхньому горизонті середньо-плейстоценових лесів гумус практично відсутній, у ґрунтах другої фази коршівського ґрунтоутворення його вміст досягає 1,5 %.

За даними статичного зондування опір ґрунтів проникненню стандартного конуса площею 10 см<sup>2</sup> змінюється від 24 до 56 кг/см<sup>2</sup>. За абсолютними значеннями цього показника лесово-ґрунтова товща поділяється на дві частини: верхню – до 8,5 м, яка охоплює верхній горизонт недоущільнених середньоплейстоценових лесів з опором 24–38 кг/см<sup>2</sup>, і нижню, що включає низку щільних викопних ґрунтів, викопних ґрунтових комплексів і лесових горизонтів з опором 44–56 кг/см<sup>2</sup>.

Лесово-ґрунтова товща Подільської височини загалом має циклічну будову і поділена на низку лесових, палеоґрунтових і палеокріогенних горизонтів [2, 3, 13, 18]. Аналіз розподілу показників складу та властивостей лесових і палеоґрунтових горизонтів вказує на їхню суттєву відмінність, зумовлену особливостями палеогеографічних умов їхнього формування та діагенетичного перетворення. На основі результатів вивчення низки опорних розрізів плейстоценової лесово-ґрунтової серії Волино-Поділля слід зауважити, що ступінь контрастності показників складу та властивостей лесових і палеоґрунтових горизонтів Подільської височини у порівнянні з опорними лесовими розрізами Волинської височини значно нижчий [5–12, 15–17]. Це зумовлено, ймовірно, вищою загальною глинистістю ґрунтів окремих стратиграфічних горизонтів, безпосереднім накладанням різних типів викопних ґрунтів один на одного.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Богущий А.* Антропогенные покровные отложения Вольно-Подольи // Антропогенные отложения Украины. Киев: Наук. думка, 1986. С. 121–132.
2. *Богущий А.* Основные палеокриогенные этапы плейстоцена юго-запада Восточно-Европейской платформы // Четвертичный период: методы исследования, стратиграфия и экология. Тез. VII Всесоюз. совещ. Таллинн, 1990. Т. 1. С. 65–66.
3. *Богущий А., Волошин П.* Цикличность лессовой толщи юго-запада Русской платформы и инженерная стратиграфия / Теория цикличности лессов в практике инженерно-геологических изысканий. М.: Наука, 1985. С. 111–120.
4. *Богущий А., Богущий О., Волошин П.* Лесовий покрив Волинської височини // Українське Полісся: вчора, сьогодні, завтра: зб. наук. праць. Луцьк: Надстир'я, 1998. С. 105–107.
5. *Богущий А., Волошин П.* Інженерно-геологічна характеристика лесово-ґрунтової серії опорного розрізу Ванжулів (Подільська височина) // Вісник Львів. ун-ту. Сер. геогр. 2012. Вип. 40. Ч. 1. С. 114–122. doi:10.30970/vgg.2012.40.2035
6. *Богущий А., Волошин П.* Інженерно-геологічна характеристика порід лесово-ґрунтової серії опорного розрізу Коршів (Волинська височина) // Вісник Львів. ун-ту. Сер. геогр. 2013. Вип. 42. С. 18–29. doi:10.30970/vgg.2013.42.1757
7. *Богущий А., Волошин П.* Інженерно-геологічна характеристика порід лесово-ґрунтової серії опорного розрізу Бояничі (Волинська височина) // Вісник Львів. ун-ту. Сер. геогр. 2014. Вип. 47. С. 11–21. doi:10.30970/vgg.2014.47.813

8. *Богуцький А., Волошин П.* Інженерно-геологічна характеристика порід опорного лесового розрізу Дмитрівка на Поділлі // Вісник Львів. ун-ту. Сер. геогр. 2007. Вип. 34. С. 3–11. doi:10.30970/vgg.2007.34.2553
9. *Богуцький А., Волошин П.* Інженерно-геологічна характеристика порід лесово-грунтової серії опорного розрізу Шаровечка (Подільська височина) // Вісник Львів. ун-ту. Сер. геогр. 2015. Вип. 49. С. 14–24. doi:10.30970/vgg.2015.49.8510
10. *Богуцький А., Волошин П., Андрейчук Ю.* Інженерно-геологічна характеристика порід лесово-грунтової серії опорного розрізу Збараж (Подільська височина) // Вісник Львів. ун-ту. Сер. геогр. 2013. Вип. 41. С. 12–23. doi:10.30970/vgg.2013.41.1922
11. *Богуцький А., Волошин П., Кремінь Н., Томенюк О.* Інженерно-геологічна характеристика порід лесово-грунтової серії опорного розрізу Підволочиськ (Подільська височина) // Вісник Львів. ун-ту. Сер. геогр. 2016. Вип. 50. С. 45–53. doi:10.30970/vgg.2016.50.8676
12. *Богуцький А., Волошин П., Кремінь Н., Томенюк О.* Інженерно-геологічна характеристика порід лесово-грунтової серії опорних розрізів Тернопіль і Малий Ходачків (Подільська височина) // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геогр. 2018. Вип. 52. С. 324–341. doi:10.30970/vgg.2018.52.10286
13. Просторово-часова кореляція палеогеографічних умов четвертинного періоду на території України: проект “Наукова книга” / НАН України. Інститут географії; ред. Ж. М. Матвіїшина. К.: Наук. думка, 2010. 192 с.
14. *Цись П. М.* Геоморфологія УРСР. Львів : Вид-во Львів. ун-ту, 1962. 224 с.
15. *Fedorowicz S., Lanczont M., Bogucki A., Kusiak J., Mroczek P., Adamiec G., Bluszcz A., Moska P., Tracz M.* Loess-paleosol sequence at Korshiv (Ukraine): Chronology based on complementary and parallel dating (TL, OSL), and litho-pedosedimentary analyses // *Quaternary International*. 2013. Vol. 296. P. 117–130. doi:10.1016/j.quaint.2012.06.001
16. *Fedorowicz S., Lanczont M., Mroczek P., Bogucki A., Standzikowski K., Moska P., Kusiak J., Bluszcz A.* Luminescence dating of the Volochysk section – a key Podolian loess site (Ukraine) // *Geological Quarterly*. 2018. Vol. 62(3). P. 729–744. doi:10.7306/gq.1436
17. *Kusiak J., Lanczont M., Bogucki A.* New exposure of loess deposits in Boyanychi (Ukraine) – Results of thermoluminescence analyses // *Geochronometria*. 2012. Vol. 39 (1). P. 84–100. doi:10.2478/s13386-011-0054-1
18. *Lanczont M., Madeyska T., Bogucki A., Mroczek P., Holub B., Łącka B., Fedorowicz S., Nawrocki J., Frankowski Z., Standzikowski K.* Środowisko abiotyczne paleolitycznej ekumeny strefy pery- i metakarpackiej / Paleolityczna ekumena strefy pery- i metakarpackiej / red. M. Lanczont, T. Madeyska. Lublin: Wydawnictwo UMCS, 2015. S. 55–458.

## REFERENCES

1. Bogucki, A. (1986). Antropogenovye pokrovnye otlozhenija Volyno-Podolii. In *Antropogenovye otlozhenija Ukrainy* (pp. 121–132). Kiev: Naukova dumka (in Russian).
2. Bogucki, A. (1990). Osnovnye paleokriogennye etapy plejstocena jugo-zapada Vostochno-Evropejskoj platformy. Proceedings from *Quaternary period: research methods, stratigraphy and ecology, 1*. Tallinn, 65–66 (in Russian).
3. Bogucki, A., & Voloshyn, P. (1985). Ciklichnost' lessovoj tolshhi jugo-zapada Russkoj platformy i inzhenernaja stratigrafija. In *Teorija ciklichnosti lessov v praktike inzhenerno-geologicheskikh izyskanij* (pp. 111–120). Moscow: Nauka (in Russian).

4. Bogucki, A., Bogucki, O., & Voloshyn, P. (1998). Loess cover of Volynian Upland. In *Ukrainian Polissia: yesterday, today, tomorrow* (pp. 105–107). Lutsk: Nadstyria (in Ukrainian).
5. Bogucki, A., & Voloshyn, P. (2012). Engineering-geological characteristics of the loess-soil series of rocks at the key profile Vanzhuliv (Podillia Upland). *Visnyk of the Lviv University. Series Geography*, 40(1), 114–122. doi:10.30970/vgg.2012.40.2035 (in Ukrainian).
6. Bogucki, A., & Voloshyn, P. (2013). Engineering-geological characteristic of the rocks of the loess-soil series from the key section at Korshiv (Volhynian upland). *Visnyk of the Lviv University. Series Geography*, 42, 11–21. doi:10.30970/vgg.2013.42.1757 (in Ukrainian).
7. Bogucki, A., & Voloshyn, P. (2014). Engineering-geological characteristic of the rocks of the loess-soil series from the key section Boyanychi (Volhynian upland). *Visnyk of the Lviv University. Series Geography*, 47, 18–29. doi:10.30970/vgg.2014.47.813 (in Ukrainian).
8. Bogucki, A., & Voloshyn, P. (2007). Engineering and geological characteristics of deposits of the key loess profile Dmytrivka on the Podillya. *Visnyk of the Lviv University. Series Geography*, 34, 3–11. doi:10.30970/vgg.2007.34.2553 (in Ukrainian).
9. Bogucki, A., & Voloshyn, P. (2015). Engineering-geological characteristic of the rocks of the loess-soil series from the key section Sharovechka (Podolian Upland). *Visnyk of the Lviv University. Series Geography*, 49, 14–24. doi:10.30970/vgg.2015.49.8510 (in Ukrainian).
10. Bogucki, A., Voloshyn, P., & Andreychuk, Yu. (2013). Engineering-geological characteristic of the rocks of the loess-soil series from the key section at Zbarazh (Podillia Upland). *Visnyk of the Lviv University. Series Geography*, 41, 12–23. doi:10.30970/vgg.2013.41.1922 (in Ukrainian).
11. Bogucki, A., Voloshyn, P., Kremin, N., & Tomeniuk, O. (2016). Engineering-geological characteristic of the rocks of the loess-soil series of the key section Pidvolochysk (Podolian Upland). *Visnyk of the Lviv University. Series Geography*, 50, 45–53. doi:10.30970/vgg.2016.50.8676 (in Ukrainian).
12. Bogucki, A., Voloshyn, P., Kremin, N., & Tomeniuk, O. (2018). Engineering-geological characteristic of the sediments of the loess-soil series of the key sections Ternopil and Malyi Khodachkiv (Podolian Upland). *Visnyk of the Lviv University. Series Geography*, 52, 324–341. doi:10.30970/vgg.2018.52.10286 (in Ukrainian).
13. Matviishina, Zh. M. (Ed.). (2010). Spatial and temporal correlation of Quaternary period palaeogeographic conditions on the territory of Ukraine. Kyiv, 192 pp. (in Ukrainian).
14. Tsys, P. M. (1962). *Geomorphology of Ukrainian SSR*, Lviv: Lviv University Pub., 224 pp. (in Ukrainian).
15. Fedorowicz, S., Łanczont, M., Bogucki, A., Kusiak, J., Mroczek, P., Adamiec, G., Bluszcz, A., Moska, P., & Tracz, M. (2013). Loess-paleosol sequence at Korshiv (Ukraine): Chronology based on complementary and parallel dating (TL, OSL), and lithopedosedimentary analyses. *Quaternary International*, 296, 117–130. doi:10.1016/j.quaint.2012.06.001
16. Fedorowicz, S., Łanczont, M., Mroczek, P., Bogucki, A., Standzikowski, K., Moska, P., ... Bluszcz, A. (2018). Luminescence dating of the Volochysk section – a key Podolian loess site (Ukraine). *Geological Quarterly*, 62(3). doi:10.7306/gq.1436
17. Kusiak, J., Łanczont, M., & Bogucki, A. (2012). New exposure of loess deposits in Boyanychi (Ukraine) – Results of thermoluminescence analyses. *Geochronometria*, 39(1), 84–100. doi:10.2478/s13386-011-0054-1

18. Łanczont, M., Madeyska, T., Bogucki, A., Mroczek, P., Hołub, B., Łącka, B., Fedorowicz, S., Nawrocki, J., Frankowski, Z., & Standzikowski, K. (2015). Środowisko abiotyczne paleolitycznej ekumeny strefy pery- i metakarpackiej. In M. Łanczont & T. Madeyska (Eds.), *Paleolityczna ekumena strefy pery- i metakarpackiej* (pp. 55–458). Lublin: Wydawnictwo UMCS (in Polish).

*Стаття: надійшла до редакції 27.07.2019  
доопрацьована 30.09.2019  
прийнята до друку 29.10.2019*

**ENGINEERING-GEOLOGICAL CHARACTERISTIC OF THE SEDIMENTS  
OF THE LOESS-PALAEOSOL SEQUENCE OF THE KEY SECTION LYSOHORA  
(PODOLIAN UPLAND)**

**Andriy Bogucki<sup>1</sup>, Petro Voloshyn<sup>2</sup>, Olena Tomeniuk<sup>1</sup>**

*Ivan Franko National University of Lviv,*

*<sup>1</sup> P. Doroshenko St., 41, UA – 79007 Lviv, Ukraine,*

*e-mail: andriy.bogucki@lnu.edu.ua, olena.tomeniuk@lnu.edu.ua*

*<sup>2</sup> M. Hrushevsky St., 4, UA – 79005 Lviv, Ukraine,*

*e-mail: petro.woloshyn@gmail.com*

The Lysohora key section is one of the most complete and interesting sections of the loess-palaeosol sequence of the eastern part of Podolian Upland. This is the area where the Pleistocene loess-palaeosol sequence was deposited directly on the rocks of Precambrian crystalline shield, its weathered part (eluvium). The value of engineering-geological research of the section is increasing due to the fact that it is located near the city of Vinnytsia, which has been intensively built up in recent years.

We emphasize that in this section Upper Pleistocene loesses play a minor role. The value of the Middle Pleistocene loesses, which are generally poorly studied, is abruptly growing. The Lysohora section was sampled. Above 30 monoliths were taken with the purpose of studying the engineering-geological characteristics of the sediments. Among them are grain size distribution, natural moisture content, plasticity index, soil density, porosity coefficient, subsidence, angle of internal friction, specific cohesion, deformation modulus, chemical composition of aqueous extract, humus content, CaCO<sub>3</sub> content, etc.

The results of the exploration of the loess-palaeosol sequence properties are correlated with the corresponding stratigraphic horizons of the other sections of Podolian Upland. Besides the main section, which was described in a pit, two additional cuts were studied: one on the Korshiv palaeosol complex, another one on the ice wedge pseudomorphosis of Yarmolyntsi palaeocryogenic stage.

It is revealed that loess and palaeosol horizons are very different in their engineering-geological properties. In particular, insignificant subsidence is a characteristic of only individual samples from the upper horizon of the Middle Pleistocene loesses. Palaeosol horizons usually have higher values of density and natural humidity. They have a heavier particle size distribution. According to the analysis of the water extract, the highly soluble salts are practically washed away from the loess-palaeosol series.

The significant influence of palaeocryogenesis processes on the formation of engineering-geological properties of rocks is also described.

*Key words:* loess-palaeosol sequence, Pleistocene, engineering-geological characteristic of sediments, palaeocryogenesis.