

УДК: 550.3+558.1

Д. Главацький, мол. наук. співроб.
E-mail: hlavatskyi@gmail.comВ. Бахмутов, д-р геол.-мінералог. наук
E-mail: bakhmutovvg@gmail.comІнститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України
пр. Палладіна, 32, м. Київ, 03860, УкраїнаА. Богуцький, канд. геол.-мінералог. наук, проф.
E-mail: pleistocene@ukr.netП. Волошин, канд. геол.-мінералог. наук, доц.
E-mail: petro.voloshyn@lnu.edu.ua
Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. П. Дорошенка, 41, м. Львів, 79000, Україна

ПЕТРОМАГНЕТИЗМ І ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ СУБАЕРАЛЬНИХ ВІДКЛАДІВ РОЗРІЗІВ БОЯНИЧІ І КОРШІВ (ВОЛИНСЬКА ВИСОЧИНА)

(Рекомендовано членом редакційної колегії канд-м геол. наук О.І. Меньшовим)

Проведено петромагнітні та палеомагнітні дослідження лесово-ґрунтових розрізів Бояничі і Коршів (Волинська височина). Наведено розподіл магнітних параметрів уздовж літостратиграфічної колонки (природна залишкова намагніченість, магнітна сприйнятливість, параметри анізотропії магнітної сприйнятливості). Варіації магнітних параметрів не корелюють з літологією розрізів, тому лесово-ґрунтову товщу Волинської височини не можна віднести ані до "алаякського", ані до "китайського" типу субаеральних відкладів. Породи характеризуються високою стабільністю до впливу змінного магнітного поля й температури, що пов'язано з присутністю висококоерцитивного магнетика, ймовірно, гематиту. І у лесах, і у ґрунтах переважно зберігається первинна осадова магнітна текстура. Виділена характеристична компонента намагніченості має виключно пряму полярність, у жодному з рівнів не виявлено екскурсів зворотної полярності. Границю Матуяма-Брюнес у нижній частині обох розрізів не встановлено, формування відкладів відбувалося в епоху прямої полярності Брюнес, тобто пізніше за 780 тис. років тому.

Ключові слова: розріз Бояничі, розріз Коршів, границя Матуяма-Брюнес, палеомагнітний метод, плейстоцен, лесово-ґрунтова товща.

Вступ. Однією із сучасних геологічних проблем є розбіжності в кореляції четвертинних відкладів Центральної та Східної Європи, зокрема, України. Актуальність пов'язана з неоднозначністю стратиграфічного розчленування середнього плейстоцену, що зумовлено різницею в потужності реперних горизонтів і різкими змінами умов седиментації (чи її повної відсутності в окремі проміжки часу). Більше того, існують суперечності у кореляції плейстоценових відкладів навіть у межах відносно невеликих провінцій. Більшість континентальних плейстоценових товщ України фауністично німі, що суттєво ускладнює з'ясування їхніх стратиграфічних взаємовідношень.

У зв'язку з цим, великий інтерес становлять результати палеомагнітних досліджень лесово-ґрунтових товщ. Протягом геологічної історії магнітне поле Землі багаторазово змінювало свою полярність. Інверсії геомагнітного поля фіксуються в магнітній "пам'яті" гірських порід орієнтацією векторів їхньої природної залишкової намагніченості, яка синхронна часу утворення відповідних товщ геологічного розрізу [2].

У цій роботі наведено нові результати палеомагнітних і петромагнітних досліджень плейстоценових розрізів Бояничі (50°29'26" пн. ш. і 24°10'19" сх. д., поблизу села Бояничі Сокальського району Львівської області) і Коршів (50°39'44" пн. ш. і 25°07'40" сх. д., поблизу села Коршів Луцького району Волинської області). Розрізи розташовані на північному заході України у Західноукраїнській геоморфологічній провінції у межах Волинської височини – підобласті Волино-Подільської височини. У геоструктурному відношенні Волинська височина є частиною Східноєвропейської платформи, ускладненої Львівським палеозойським прогином.

Волинська лесова височина – класичний район розповсюдження лесів, які утворюють тут майже суцільний покрив (за винятком річкових заплав і крутих схилів Мізоцької та Повчанської височин) загальною потужністю до 25 м і більше. За даними щодо Волинської височини побудовано практично усі стратиграфічні моделі лесово-ґрунтової серії Волино-Поділля, схеми розвитку палеокріогенезу у плейстоцені тощо [3]. Тут знаходяться стратотипи більшості виділених стратиграфічних горизонтів, підгоризонтів, етапів кріогенезу, у тому чис-

лі, й розріз Коршів – стратотип коршівського викопного ґрунтового комплексу.

Відносно оцінки віку розрізів Волинської височини, попередні палеомагнітні й петромагнітні дослідження показали їх приналежність до епохи прямої полярності Брюнес [15-16], тобто їхній вік молодший від 780 тис. р. У петромагнітному відношенні особливістю цієї області є відносно великий вміст гематиту у похованих ґрунтах [12; 15], який вважається основним носієм природної залишкової намагніченості.

Літостратиграфічна характеристика. Потужність розрізів Бояничі і Коршів складає 18,0 м і 15,9 м відповідно, літологічну й стратиграфічну характеристику наведено у табл. 1 і 2.

Методика. Для палеомагнітних досліджень у розрізі Бояничі було відібрано 148 орієнтованих штуфів, у розрізі Коршів – 78, з яких виготовлено зразки-моноліти стандартної кубічної форми із ребром 20 мм: 489 зразків для розрізу Бояничі (у середньому, один зразок на кожні 3,3 см за глибиною) і 304 зразки для розрізу Коршів (один зразок на кожні 4,9 см).

Вимірювання магнітних параметрів зразків виконувались на магнітометричній апаратурі Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України. Вимірювання залишкової намагніченості здійснювалося на астатичному магнітометрі LAM-22 і на спіл-магнітометрі JR-6. Для виключення ефекту підмагнічування, останній був розміщений всередині немагнітної кімнати MMLFC. Зразки піддавалися стандартній процедурі магнітної "чистки" – поступовому терморозмагнічуванню в установці MMTD80, також розміщеній у немагнітній кімнаті, а зразки-дублі – розмагнічуванню ступінчастим магнітним полем на установці LDA-3A. Магнітна сприйнятливість і параметри анізотропії магнітної сприйнятливості вимірювались на містку змінного струму MFK-1. Виділення напрямків характеристичної компоненти намагніченості (ChRM) після магнітної "чистки" пілотної колекції зразків проводилося у програмі Remasoft 3.0, розрахунки компонентів виконувалися окремо для кожного зразка за методом найменших квадратів. Масова магнітна "чистка" всіх зразків виконувалась при одному нагріві до температури 210°C або у змінному полі 20 мТл.

Таблиця 1

Літологія і стратиграфічні підгоризонти розрізу Бояничі

Глибина, м	Літологія, регіональна стратиграфія
до 0,1	Насипний ґрунт (викиди кар'єру). Суміш <i>лесу</i> і <i>супісків</i> гумусного шару сучасного ґрунту.
0,1-1,25	Нижня частина гумусного горизонту сучасного ґрунту. <i>Супіски</i> .
1,25-1,80	Горизонт В сучасного ґрунту. Складений переважно <i>супісками</i> , місцями <i>суглинками</i> .
1,8-2,0	Материнська порода сучасного ґрунтоутворення. <i>Леси</i> .
2,0-3,0	Красилівський підгоризонт (похований діяльний шар). <i>Супіщаний</i> . У <i>суглинках</i> велика кількість залізо-манганових утворень.
3,0-3,6	<i>Лес</i> (надрівненський) найбільш типовий, із залізо-мангановими новоутвореннями.
3,6-4,1	Рівненський підгоризонт. Складений <i>супісками</i> .
4,1-5,4	<i>Лес</i> підрівненський, із залізо-мангановими новоутвореннями.
5,4-5,9	Підгоризонт наддубнівської соліфлюкції. <i>Супіщаний</i> , місцями <i>суглинистий</i> . У шарі чимало залізо-манганових новоутворень.
5,9-6,7	Дубнівський виковний ґрунт. <i>Суглинистий</i> , містить залізо-манганові новоутворення.
6,7-7,6	Піддубнівський <i>лес</i> (нижній горизонт верхньоплейстоценових лесів). <i>Суглинистий</i> . Нижню частину горизонту можна розглядати як надгорохівську соліфлюкційну пачку.
7,6-9,2	Горохівський виковний ґрунтовий комплекс. Має добре диференційований профіль. Горизонт А ₁ має потужність 0,6 м, <i>суглинистий</i> . Горизонт В має розкрити потужність близько 1,0 м.
9,2-10,9	<i>Лес</i> карбонатний. У верхніх 1,0-1,2 м більш однорідний, супіщаний, з патьоками бурого озалізнення і чорного оманганування.
10,9-11,5	Надтернопільська соліфлюкційна пачка. Вона двокомпонентна. Тут представлені описані вище <i>леси</i> , дуже збагачені залізо-мангановими новоутвореннями, а також <i>суглинки</i> , ближчі за морфологією до гумусного горизонту тернопільського ґрунту. Вони також карбонатні, з великою кількістю залізо-манганових новоутворень.
11,5-11,9	Тернопільський підгоризонт. У даному розрізі є усі підстави розглядати його як тернопільський ґрунт з добре розвиненим генетичним профілем. Гумусний горизонт <i>суглинистий</i> , карбонатний, з великою кількістю залізо-манганових новоутворень діаметром до 1 см. Горизонт В потужністю 0,2 м уже <i>супіщаний</i> , також з великою кількістю залізо-манганових конкрецій.
11,9-12,5	<i>Супіски</i> карбонатні, озалізені, із великою кількістю залізо-манганових новоутворень.
12,5-12,9	Надкоршівська соліфлюкційна пачка, складена описаними вище <i>лесами</i> , а також лінзами, гривами <i>суглинок</i> коршівського гумусного горизонту.
12,9-15,2	Коршівський виковний ґрунтовий комплекс, западинний варіант. ґрунт другої фази (верхній). А ₁ – гумусний горизонт, потужністю 0,5 м. <i>Легкосуглинистий</i> , безкарбонатний. Є також чорні залізо-манганові новоутворення. А ₂ (елювіальний горизонт) – <i>супіщаний</i> . Горизонт В потужністю 0,5 м, <i>супіщаний</i> , з великою кількістю чорних залізо-манганових новоутворень.
15,2-15,6	Гумусний (А ₁) горизонт ґрунту першої фази коршівського ґрунтоутворення, <i>суглинистий</i> .
15,6-16,3	Горизонт В ґрунту першої фази коршева, <i>суглинистий</i> , є залізо-манганові новоутворення.
16,3-17,5	Підкоршівський <i>лес</i> , відмитий від карбонатів.
17,5-18,0	<i>Суглинки</i> луцького ґрунту.

Таблиця 2

Літологія і стратиграфічні підгоризонти розрізу Коршів

Глибина, м	Літологія, регіональна стратиграфія
0-0,2	Антропогенні нагромадження, перевідкладений сучасний ґрунт, <i>супіщаний</i> .
0,2-1,2	Красилівський підгоризонт, <i>супіщаний</i> .
1,2-2,6	<i>Леси</i> карбонатні, з великою кількістю залізо-манганових утворень.
2,6-3,3	<i>Супіски</i> . Залізо-манганові новоутворення. Можливо, рівненський підгоризонт.
3,3-5,1	<i>Леси</i> озалізені, оглеєні, карбонатні.
5,1-6,9	Пачка <i>супіщана</i> , здебільшого карбонатна, дуже озалізнена й оглеєна. Не виключено, що охоплює дубнівський ґрунт, частково наддубнівську соліфлюкцію і <i>лес</i> 4 стадії.
6,9-7,9	Горохівський виковний ґрунтовий комплекс. Гумусний горизонт розкрито повністю, горизонт В лише 10 см. Складений гумусний горизонт <i>супісками</i> . Горизонт В горохова: <i>супіски</i> безкарбонатні.
8,4-8,8	<i>Піщана</i> пачка. <i>Піски</i> різнозернисті, переважно горизонтально-верстуваті, що підкреслено озалізненням і омангануванням.
8,8-9,4	Тернопільський підгоризонт, <i>суглинистий</i> , дуже оглеєний, карбонатний, із залізо-мангановими новоутвореннями.
9,4-10,4	1 м надкоршівських <i>суглинок</i> , нижня частина яких містить гриви <i>суглинок</i> горизонту А ₁ другої фази коршева. Порооди карбонатні, дуже озалізені й оглеєні. У нижній частині – гриви горизонту А ₁ другої фази коршева, є підстави вважати, що нижня частина описаних <i>суглинок</i> до 0,4-0,5 м може розглядатись як надкоршівська соліфлюкційна пачка.
10,4-12,9	Коршівський виковний ґрунтовий комплекс, виражений у вигляді двох автоморфних ґрунтів. ґрунт другої фази – потужність 1,5 м. Гумусний горизонт – 0,9, горизонт В – 0,6 м.
12,9-13,3	Горизонт соліфлюкції. <i>Суглинки</i> , очевидно, із А ₁ луцького ґрунту.
13,3-14	Луцький ґрунт, горизонт В. <i>Суглинки</i> безкарбонатні, з великою кількістю залізо-манганових новоутворень.
14,0-14,7	<i>Суглинки</i> , відмиті від карбонатів, дуже оглеєні, іноді це <i>супіски</i> лесового вигляду. По усьому шару залізо-манганові новоутворення.
14,7-15,9	Карбонатні <i>супіски</i> . Характерною ознакою шару є наявність трубчастих структур, нахилених по давньому рельєфу. Вони складаються з великої кількості смуг бурого озалізнення і глею (чимось нагадує гігантське кільце Лізеганга). У шарі численні чорні залізо-манганові конкреції до 2 мм, швидше за все, це варіант сокальського ґрунту.

Результати петромагнітних досліджень. Середні значення магнітних параметрів, отриманих на обох

розрізах, наведено у табл. 3. Їхня зміна з глибиною показана на рис. 1, 2, 4, 5, 7.

Таблиця 3

Вимірювані магнітні властивості та їхні середні значення у розрізах

Величина	Символ	Одиниці вимірювання	Середні значення по розрізах	
			Бояничі	Коршів
Природна залишкова намагніченість (NRM)	J_n	мА/м	8,98	6,19
Магнітна сприйнятливість (MS)	k	$\cdot 10^{-6}$ од. CI	193	165
Фактор Кенігсберга, $Q=J_n/(kH_T)$	Q		1,09	0,94
NRM, схилення	D	град.	356	351
NRM, нахилення	I	град.	63	65
Коефіцієнт анізотропії, показник міри магнітної лінійності	L		1,006	1,005
Коефіцієнт анізотропії, відображає ступінь плоскопаралельної орієнтації магнітних мінералів	F		1,019	1,013
Ступінь анізотропії, інтегральний індикатор впорядкованості магнітних мінералів	P		1,025	1,018
Параметр форми	T		0,501	0,353

Породи розрізу Бояничі мають вищі величини магнітних параметрів, ніж у розрізі Коршів: середня величина J_n більша на 45%, k – на 17%, фактор Q – на 16%. Магнітне схилення й нахилення вектора NRM дорівнюють 356 і 63 градуси в Бояничих та 351 і 65 градусів у Коршеві, що близько до сучасного напрямку магнітного поля регіону (магнітна широта 67,5 град.).

За аномально високими значеннями k у розрізі Бояничі виділено 6 шарів (рис. 1):

- 1) лес підрівненський, підвищеної вологості, озалізнений;
- 2) і 3) горохівський викопний ґрунтовий комплекс;
- 4) і 5) супіщаний В, гумусний суглинистий A_1 горизонти коршівського викопного комплексу;

6) нижній горизонт середньоплейстоценових лесів.

Магнітна сприйнятливість змінюється у межах від 100 до $400 \cdot 10^{-6}$ од. CI, природна залишкова намагніченість – від 1 до 35 мА/м.

У розрізі Коршів можна виділити 5 зон із підвищеними значеннями k (рис. 2):

- 1) лес надрівненський;
- 2) і 3) коршівський викопний ґрунтовий комплекс;
- 4) і 5) луцький горизонт.

Магнітна сприйнятливість варіює від 100 до $400 \cdot 10^{-6}$ од. CI, природна залишкова намагніченість – від 1 до 25 мА/м.

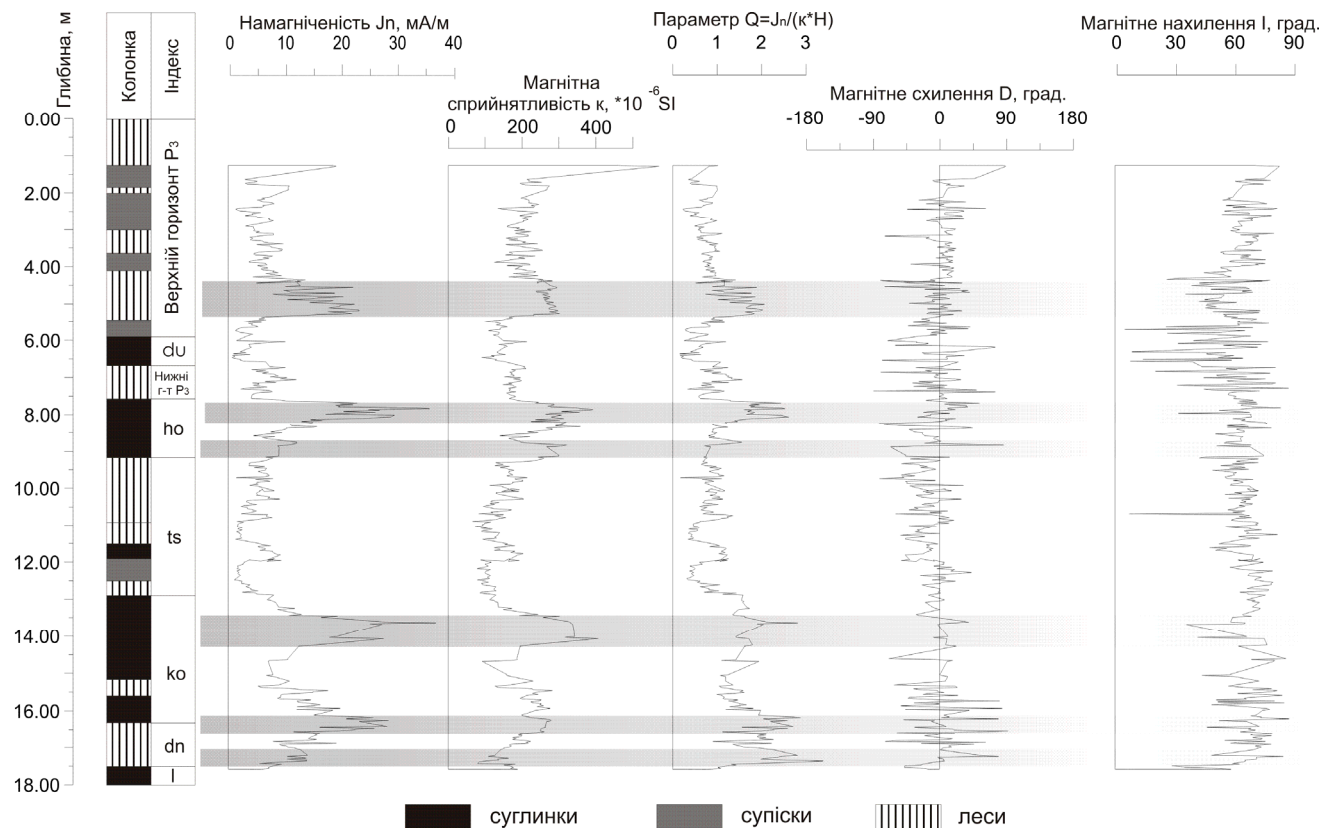


Рис. 1. Магнітні характеристики відкладів розрізу Бояничі

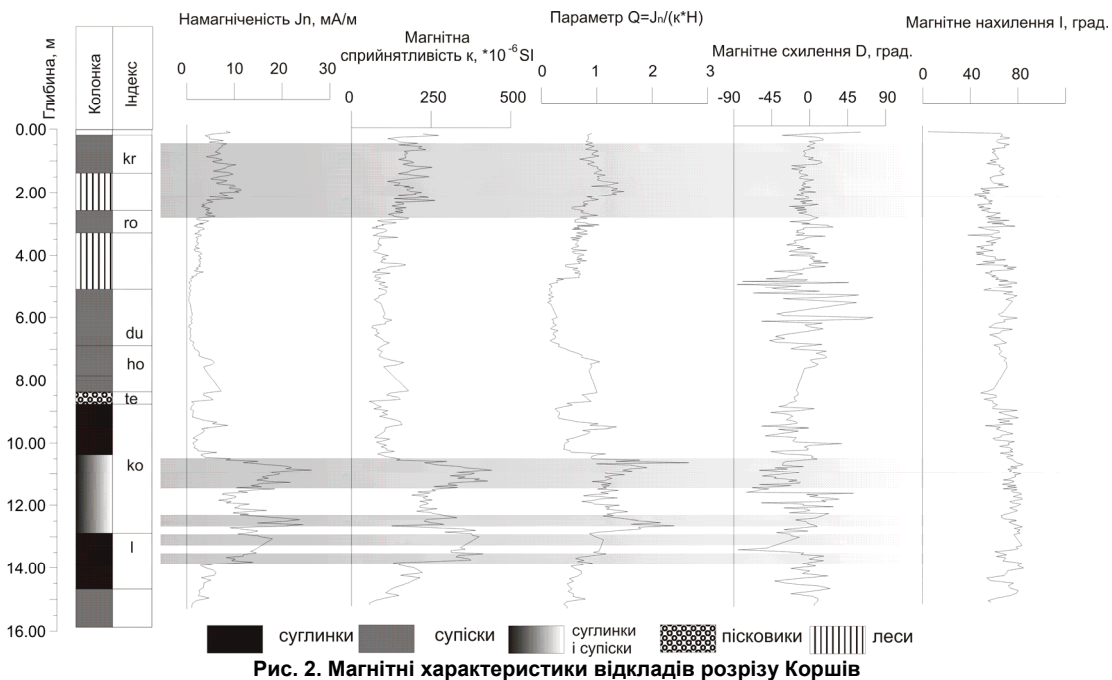


Рис. 2. Магнітні характеристики відкладів розрізу Коршів

Як бачимо з графіків, зміни петромагнітних характеристик з глибиною у цілому не корелюють з літологією розрізу: як лесові товщі, так і викопні ґрунти характеризуються і підвищеними, і зниженими значеннями магнітної сприйнятливості.

Магнітні властивості лесово-ґрунтових відкладів залежать від складу, кількості та розмірів зерен магнітних мінералів. При невеликих концентраціях феромагнітних мінералів істотний внесок у магнітні властивості лесів і палеоґрунтів вносять парамагнітні мінерали. Наприклад, у відкладах китайського лесового плато для верхніх горизонтів палеоґрунтів характерне підвищення магнітної сприйнятливості (в середньому, у 3-4 рази) порівняно з лесовими товщами. Це пояснюється утворенням аутигенних тонкозернистих магнітних мінералів, в основному, магнетиту і маггеміту, з розмірами зерен 0,001-0,5 мкм (суперпарамагнітних і однодомених) у результаті інтенсивного педогенезу [10].

Така картина зміни двох типів магнітної сприйнятливості характерна для лесово-ґрунтових товщ китайського типу і є відображенням "китайського", або "педогенного", механізму запису палеокліматичного сигналу в магнітних властивостях четвертинних відкладів. Крім китайського лесового плато, характер зміни магнітної сприйнятливості, який пов'язують з реєстрацією коливань клімату, поширений у європейських [8], середньоазійських [13] і африканських лесово-ґрунтових товщах.

На відміну від китайського типу, в лесово-ґрунтових серіях Аляски виявлено підвищені значення магнітної сприйнятливості в лесових товщах і знижені у 2-4 рази у викопних ґрунтах [17]. Подібна поведінка магнітної сприйнятливості пояснюється інтенсивною діяльністю вітру в холодні й сухі періоди, що привносить велику кількість теригенних магнітних мінералів у складі вивітрілого уламкового матеріалу, з якого утворюються лесові товщі. Такий характер змін магнітних параметрів, названий "аляскінською", або "вітровою", моделлю, зустрічається, крім Аляски, у внутрішньоконтинентальних лесах Північної Америки [9] та Сибіру [6-7; 11].

Також відомі лесово-ґрунтові товщі, які за змінами магнітних властивостей не можна віднести ані до "аляскінського", ані до "китайського" типу. Зміни петромагнітних характеристик з глибиною в цьому випадку не відображають літологію розрізу: як лесові товщі, так і вико-

пні ґрунти характеризуються і підвищеними, і зниженими значеннями магнітної сприйнятливості (та деяких інших магнітних параметрів). До такого типу, з відсутністю закономірностей у змінах магнітних властивостей, відносять відклади Польщі, Західної України [12; 15], Аргентини [5], Пакистану [4, 15-16].

Таким чином, розрізи Бояничі й Коршів за характером змін магнітної сприйнятливості не можна віднести ані до "аляскінського", ані до "китайського" типу. Більше того, при спробі корелювати ці відносно близько розташовані розрізи за магнітними властивостями стає очевидним, що їх співставлення неоднозначне.

Цікаві результати отримано під час досліджень магнітної текстури відкладів за результатами вимірів анізотропії магнітної сприйнятливості (AMS), яка відображає ступінь орієнтації магнітних зерен в осадових породах [14]. До виникнення магнітної анізотропії гірських порід приводить багато геологічних процесів, у тому числі, в осадових породах: захоронення та літифікація відкладів, придонні течії, направлений рух пролювіальних і делювіальних мас з гір або вздовж схилу. Останнє характерно для аридних і семіаридних кліматичних ситуацій, де діяльність тимчасових водних потоків найбільше сприяє розвитку процесів площинного й схилового змиву. Найбільш наочно AMS може бути представлена в термінах еліпсоїда AMS, максимальна, мінімальна і середня осі якого відповідають значенням магнітної сприйнятливості уздовж кожної осі. Співвідношення осей еліпсоїда AMS характеризує його форму і ступінь анізотропії [14].

Крім того, магнітна текстура осадових порід дає інформацію про умови седиментації, ступінь збереження первинної структури відкладів та інтенсивність переробки відкладів вторинними постседиментаційними процесами.

Досліджувані відклади за ступенем анізотропії (параметр P) можна віднести до слабо анізотропних: як для лесів, так і для ґрунтів параметр P у середньому дорівнює 1,03 (діапазон змін від майже ізотропних 1,005 до 1,05). Але при детальному аналізі проявляються деякі закономірності. На рис. 3 наведено напрямки максимальної та мінімальної осей еліпсоїдів анізотропії магнітної сприйнятливості окремо для зразків з лесів та ґрунтів розрізу Бояничі. У лесах ступінь анізотропії P дещо вищий, ніж у ґрунтах, у всіх зразках відзначається

площинний тип анізотропії, у більшості зразків мінімальні осі еліпсоїдів AMS близькі до вертикалі. У той же час, деякі зразки ґрунтів мають лінійний тип анізотропії і мінімальні осі еліпсоїдів AMS у більшості зразків також

близькі до вертикалі. Напрямки максимальних осей еліпсоїдів AMS мають тенденцію до групування у північних-південних румбах і у лесах така тенденція більш виражена, ніж у ґрунтах.

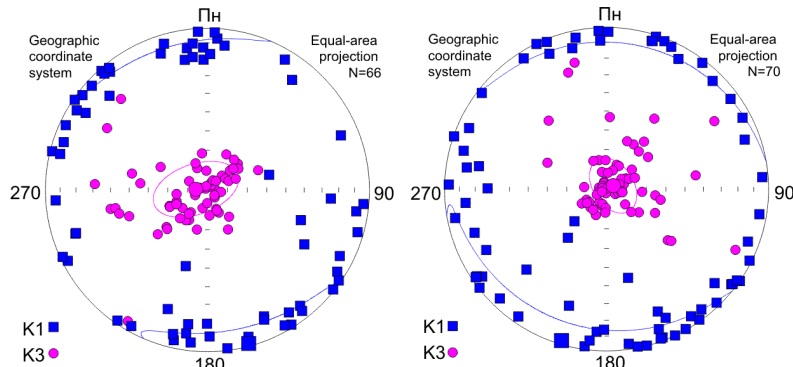


Рис. 3. Проекція напрямків осей $K1$ і $K3$ еліпсоїдів анізотропії магнітної сприйнятливості лесів (ліворуч) та ґрунтів (праворуч) з розрізу Бояничі

При співставленні параметрів AMS (параметр лінійної текстури $L = K1/K2$, параметр площинної текстури $F = K2/K3$, ступінь анізотропії $P = K1/K3$, параметр форми еліпсоїда $T = ((2(\ln K2 - \ln K3))/(\ln K1 - \ln K3)) - 1$) з літологією спостерігається зв'язок між варіаціями параметрів залежно від літології шарів. У розрізі Бояничі (рис. 4) для лесів характерні підвищені значення параметрів F і P . Це вказує на перевагу площинного типу анізотропії й може свідчити про частковий вплив палеовітрів, близьких до меридіональних напрямків, у той час, як на магнітну текстуру ґрунтів впливали педогенні або інші процеси, наприклад, зволоження-висихання, сезонне промерзання-відтанення, біо- і кріотурбації. У розрізі Коршів (рис. 5) спостерігається така сама закономірність: підвищені значення коефіцієнтів F і P мають надрівненські леса.

Таким чином, слабо анізотропні у магнітному відношенні відклади більш тяжіють до слабкої "китайської" моделі формування магнітних властивостей субаеральних відкладів. Магнітна текстура деяких зразків, без закономірної належності до стратиграфічних горизонтів, порушена вторинними процесами; відхилення мінімальних осей еліпсоїдів AMS від вертикального напрямку свідчить про ймовірність часткової переробки відкладів

педогенними процесами, а розподіл максимальних осей умовно може бути пов'язаний з напрямком палеовітрів, близьким до меридіонального. У той же час, незважаючи на низький ступінь анізотропії, лесово-ґрунтові відклади переважно зберігають первинну осадову магнітну текстуру, що є важливим критерієм їх залучення для отримання палеомагнітної інформації.

Результати палеомагнітних досліджень. Детальне поступове розмагнічування пілотної колекції зразків змінним магнітним полем при 12-15 ступенях до максимальних значень поля 100 мТл показало, що у зразках розрізу Коршів присутня "магнітожорстка" складова, яка складає від 10 до 40% початкової NRM при розмагнічуванні у полі 100 мТл, а при розмагнічуванні температурою 240°C залишається від 40 до 70% початкової NRM. При цьому спостерігається зменшення магнітної сприйнятливості у середньому на 26%. Слід відмітити, що серія нагрівів проводилася при температурах 150°, 180°, 210°, 240°, 270° і 300°C, але вже при 270°C частина зразків розсипалася, що унеможливило виконання повної процедури ступеневого терморозмагнічування до температури Кюрі.

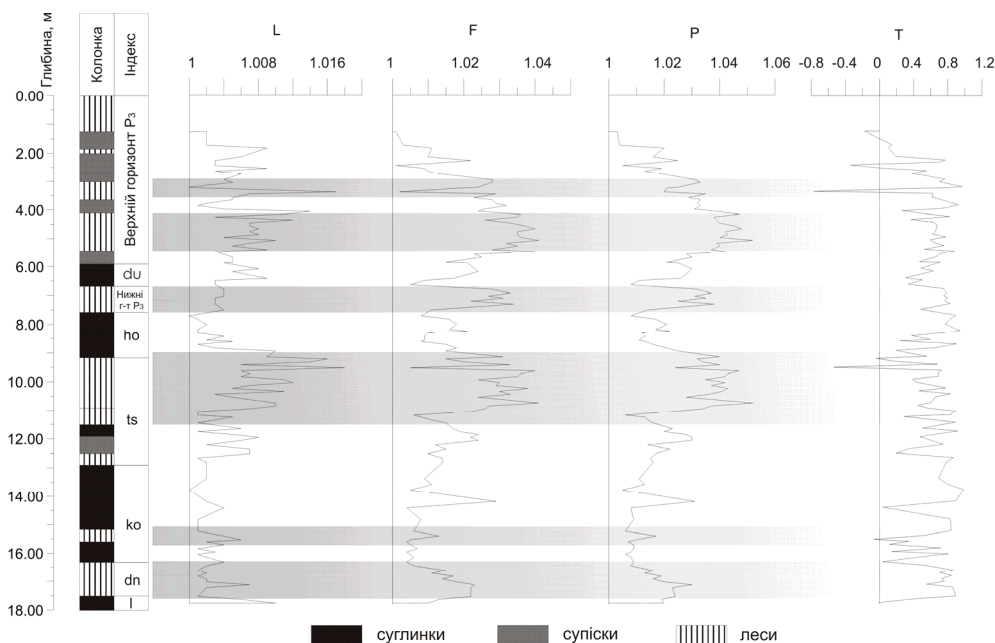


Рис. 4. Параметри анізотропії магнітної сприйнятливості розрізу Бояничі

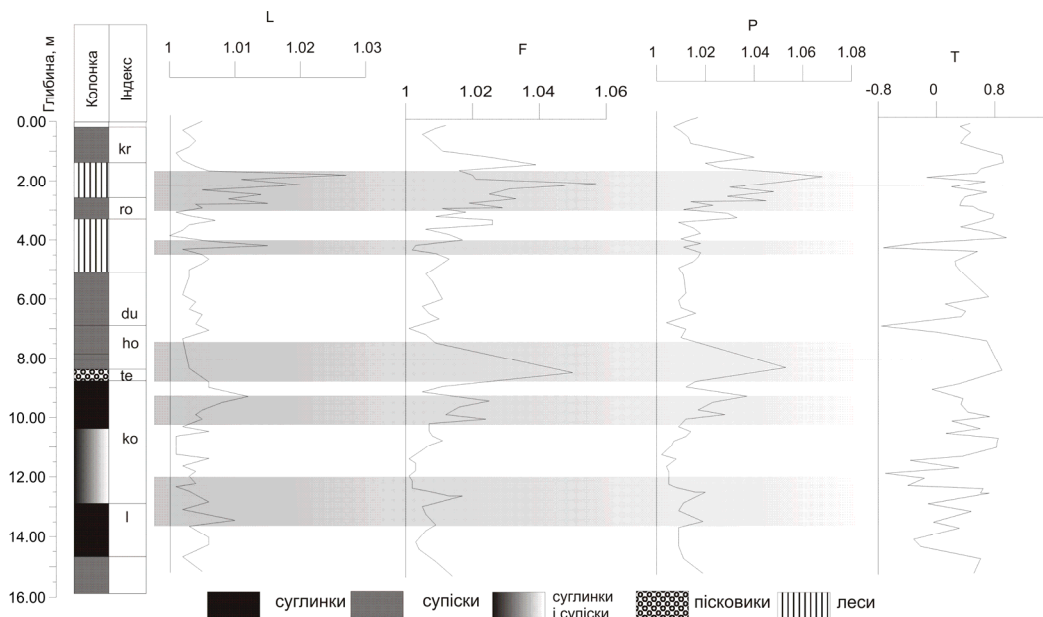


Рис. 5. Параметри анізотропії магнітної сприйнятливості розрізу Коршів

Аналогічну картину ми спостерігаємо при розмагнічуванні зразків з розрізу Бояничі. На рис. 6 наведено результати розмагнічування типових зразків ґрунтів і лесів. Показано стереографічні проекції зміни напрямку вектора залишкової намагніченості в процесі розмагні-

чування змінним магнітним полем і температурою, нормовані криві розмагнічування NRM (J/J_{max}), діаграми Зйдервельда. Цифрами позначено номери зразків і глибину відбору.

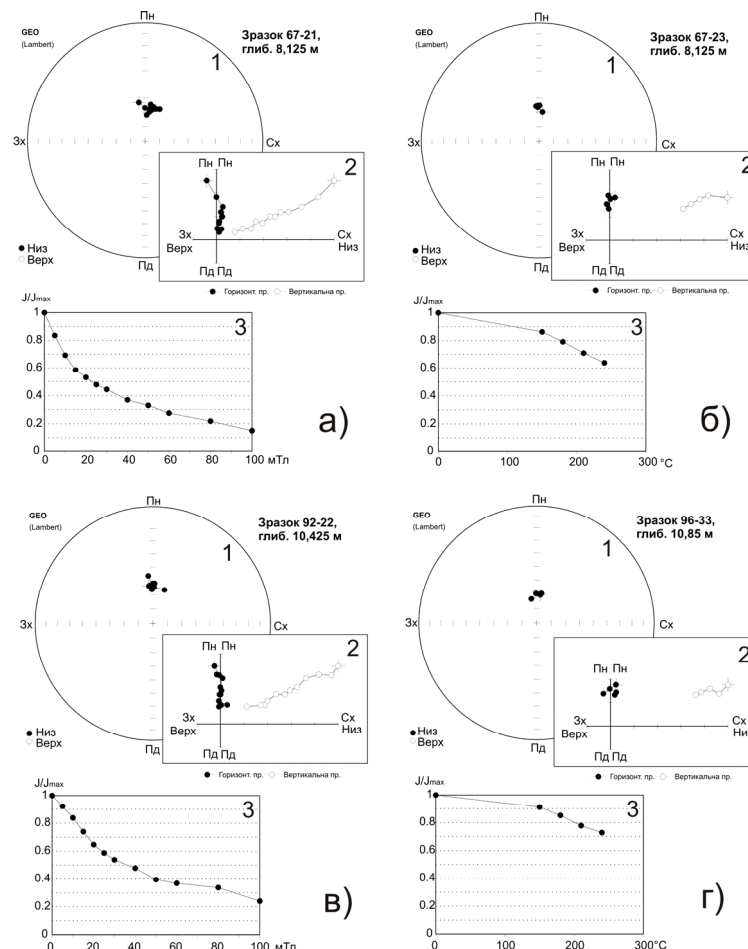


Рис. 6. Приклади ступінчастого розмагнічування магнітним полем (а, в) і температурою (б, г) типових зразків з розрізу Бояничі:

а, б – суглинки горохівського викопного ґрунтового комплексу; в, г – нижчезалегаючі карбонатні ліси (в, г);
1 – стереографічні проекції зміни напрямку вектора залишкової намагніченості у процесі розмагнічування, пусті (повні) круги – проекції векторів на верхню (нижню) півсферу у проекції Ламберта; 2 – діаграми Зйдервельда (повні і пусті круги – проекції відповідно на горизонтальну і вертикальну площину); 3 – нормовані криві розмагнічування NRM (J/J_{max})

Як бачимо, характер кривих розмагнічування зразків принципово відрізняється від аналогічних результатів, отриманих для лесово-ґрунтових товщ північного Причорномор'я (розріз Роксолани), де для розмагнічування зразків ґрунтів і лесів, відповідно до 5% і 10-15% від початкової NRM, досить було застосовувати поля 10-20 мТл або температуру 210°C [1]. У таких "магнітом'яких" зразках основним носієм NRM є магнетит (і, ймовірно, маггеміт) як аутигенного, так і алотигенного походження. У нашому випадку, на розрізах Бояничі та Коршів носієм висококоерцитивної компоненти намагніченості є "магнітожорсткий" мінерал, властивості якого подібні до магнітних властивостей гематиту. Але при розмагнічуванні зразків змінним магнітним полем 20-30 мТл NRM зменшується наполовину, що свідчить про присутність у зразках і деякої кількості "магнітом'якого" мінералу (імовірно, магнетиту). Також є зразки в нижній частині розрізу (підкоршівський лес і вищезалягаючий коршівський ґрунтовий горизонт), де після розмагнічування низькокоерцитивної компоненти у полях 10-15 мТл при подальшому розмагнічуванні до поля 100 мТл залишається 70-80% NRM (а при температурах 240°C залишається до 70-80% NRM), тобто у них абсо-

лютна перевага гематиту (або близького до нього "магнітожорсткого" мінералу).

Таким чином, оцінка палеомагнітної стабільності порід, враховуючи результати AMS, не дає суттєвої переваги лесам відносно ґрунтів при виділенні ChRM-компоненти намагніченості, як це було виявлено під час досліджень Північного Причорномор'я [1]. Крім того, обумовленість ChRM присутністю у породі "магнітожорсткого" мінералу на зразок гематиту не дозволяє повністю розмагнічувати зразки змінним магнітним полем, а термочистка обмежена температурою 240°C.

З урахуванням цього, масова магнітна "чистка" зразків виконувалась при одноразовому нагріві до температури 210°C, а зразків-дублів – у змінному магнітному полі 20 мТл, результати по розрізу Бояничі наведено на рис. 7. Як бачимо, вектор залишкової намагніченості всіх зразків на всіх рівнях має пряму полярність. У відкладах дубнівського й піддубнівського горизонтів верхнього плейстоцену простежується зменшення нахилення I_0 , у деяких зразках до 30-20°, але у схиленні це тяжіння до зворотної полярності не проявляється. Така ж картина спостерігається й за результатами розмагнічування зразків розрізу Коршів: жоден зразок після магнітних чисток не показав зворотної полярності.

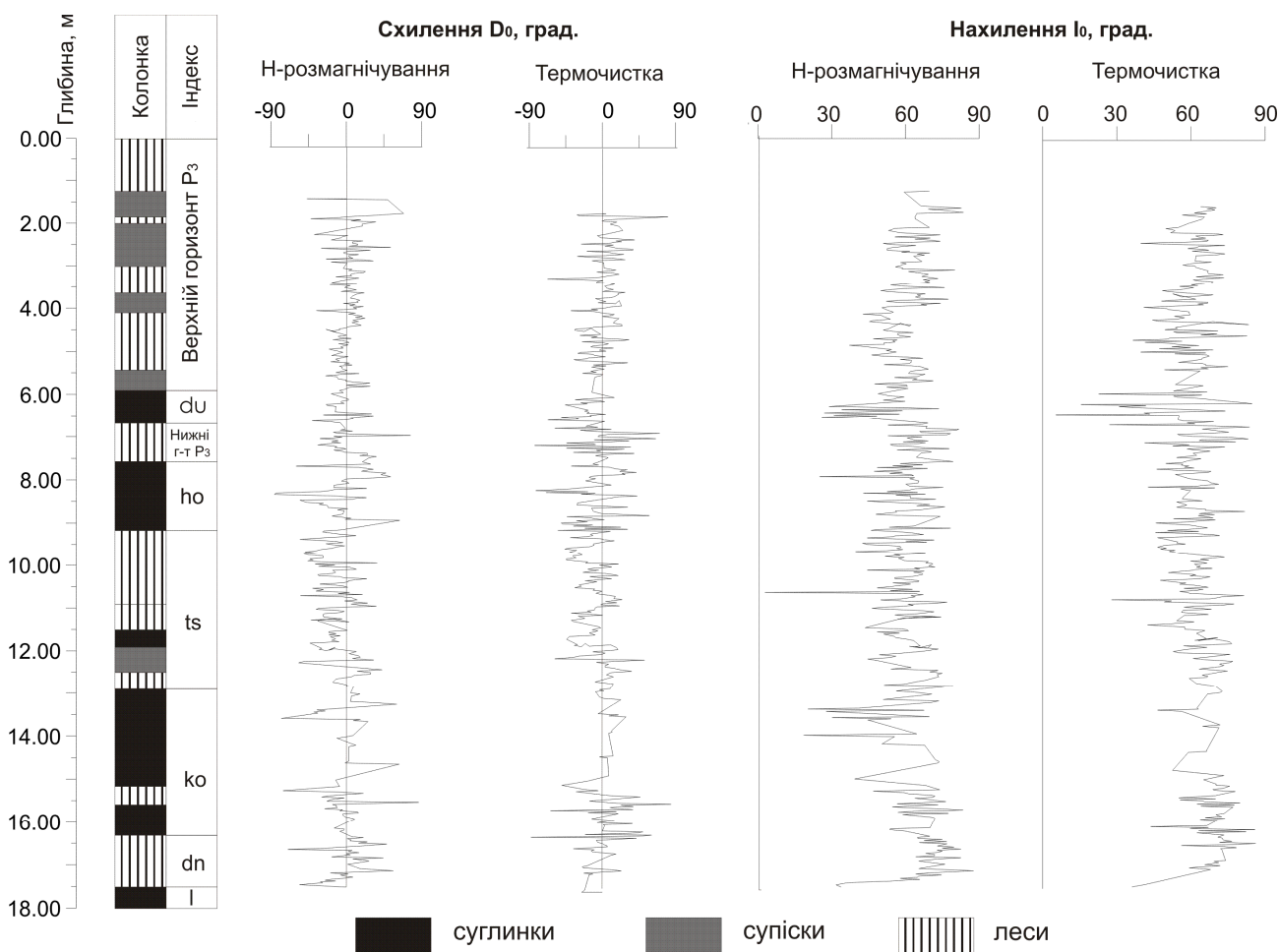


Рис. 7. Напрямки характеристичної компоненти намагніченості, отримані для зразків з розрізу Бояничі у результаті магнітних "чисток" магнітним полем $H = 20$ мТл і температурою 210°C

Можна впевнено говорити про приналежність ґрунтово-лесових товщ, які відслонюються у розрізах Бояничі та Коршів, до епохи прямої полярності Брюнес. Оскільки по розрізах не виділено рівнів з короткочасною оберненою полярністю (екскурсів), а границя Матуяма-Брюнес (враховуючи й дані стратиграфії) залягає

нижче підосви розрізів, виконати їх магнітостратиграфічну прив'язку до ґрунтово-лесових товщ сусідніх регіонів (або у глобальному масштабі) проблематично.

Висновки. Отже, за результатами досліджень магнітних властивостей плейстоценових відкладів Волинської височини можна зробити такі висновки:

1. Зміни природної залишкової намагніченості та магнітної сприйнятливості за глибиною не корелюють з літологією розрізів, тому лесово-ґрунтову товщу Волинської височини не можна віднести ані до "аляскінського", ані до "китайського" типу;

2. Незважаючи на слабку анізотропію магнітної сприйнятливості, особливо в похованих ґрунтах, лесово-ґрунтові відклади переважно зберігають первинну осадову магнітну текстуру;

3. У розрізах Бояничі та Коршів носієм висококоерцитивної компоненти намагніченості є "магнітожорсткий" мінерал – імовірно, гематит;

4. Границю Матуюма-Брюнес у нижній частині обох розрізів прогнозовано не виявлено, а короточасові епізоди, або екскурси, оберненої полярності відсутні, що не дозволяє виконати магніостратиграфічну кореляцію з іншими розрізами.

Список використаної літератури

- Бахмутов В. Новые данные по границе Матуюма-Брюнес в разрезе Роксоланы / В. Бахмутов, Д. Главацкий // Геологический журнал. – К., 2014. – №2 (347). – С. 73-84.
- Бахмутов В. Магніостратиграфія плейстоцена: сучасне становище, проблеми та перспективи досліджень / В. Бахмутов // Проблеми середньopleйстоценового інтерґляціалу : Матер. XIV українсько-польського семінару. – Львів, 2007. – С. 96-108.
- Богущий А. Волинська височина: головні риси геологічної будови та рельєфу / А. Богущий, Б. Голуб, М. Ланцонт // Проблеми середньopleйстоценового інтерґляціалу : Матер. XIV українсько-польського семінару. – Львів, 2007. – С. 6-10.
- Akram H. Rock magnetic properties of the late Pleistocene Loess-Paleosol deposits in Haro River area, Attock basin, Pakistan: Is magnetic susceptibility a proxy measure of paleoclimate? / H. Akram, M. Yoshida, M. Ahmad // *Earth Planets Space*. – 1998. – V. 50. – P. 129-139.
- Bidegain J. A magneto-climatological investigation of Pampean Loess, Argentina / J. Bidegain, M. Evans, J. Velzen // *Geophysical Journal International*. – 2005. – V. 160. – P. 55-62.
- Chlachula J. A magnetic investigation of a Late Quaternary loess/paleosol record in Siberia / J. Chlachula, M. Evans, N. Rutter // *Geophys. J. Int.* – 1998. – V. 132. – P. 128-132.
- Chlachula J. A late Quaternary loess-paleosol record at Kurtak, southern Siberia / J. Chlachula, N. Rutter, M. Evans // *Can. J. Earth Sci.* – 1997. – V. 34. – P. 679-686.
- Forster T. Paleomagnetism of loess deposits from the Tajik depression (central Asia) / T. Forster, F. Heller // *Earth Planet. Sci. Lett.* – 1994. – V. 128. – P. 501-512.
- Hayward R. Variations in loess accumulation rates in the mid-continent, United States, as reflected by magnetic susceptibility / R. Hayward, Th. Lowell // *Geology*. – 1993. – V. 21. – P. 821-824.
- Magnetostratigraphy of Chinese loess-paleosol sequences / Q. Liu, C. Jin, P. Hu et al. // *Earth-Science Reviews*. – 2015. – V. 150. – P. 139-167.
- Matasova G. Magnetic properties and magnetic fabrics of Pleistocene loess/paleosol deposits along west-central Siberian transect and their palaeoclimatic implications / G. Matasova, A. Kazansky // *Magnetic Fabric: Methods and Applications*. Geological Society. – 2004. – V. 238. – P. 145-173.
- Nawrocki J. The magnetic susceptibility record in the Polish and western Ukrainian loess-paleosol sequences conditioned by palaeoclimate / J. Nawrocki, A. Bogucki, A. Wojcik // *Boreas*. – 1996. – V. 25. – P. 161-169.
- Stacked 2.6-Ma grain size record from the Chinese loess based on five sections and correlation with the deep sea $\delta^{18}\text{O}$ record / Z. Ding, E. Derbyshire, S. Yang et al. // *Paleoceanography*. – 2002. – V. 17 (3). – P. 5-1-5-21.
- Tarling D. The magnetic anisotropy of rocks / D. Tarling, E. Hrouda. – London: Publ. by Chapman and Hall., 1993. – 217 p.
- The Matuyama-Brunhes boundary and the nature of magnetic remanence acquisition in the loess-paleosol sequences from the western part of the East European Loess province / J. Nawrocki, A. Bogucki, M.

Łanczont, N. Nowaczyk / *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. – 2002. – V. 188. – P. 39-50.

16. The Paleo- and petromagnetic record in the Polish and Ukrainian loess-paleosol sequences / J. Nawrocki, V. Bakhmutov, A. Bogucki, L. Dolecki // *Phys. Chem. Earth (A)*. – 1999. – V. 24. – P. 773-777.

17. The paleoenvironmental-magnetic record of the Gold Hill Steps loess section in central Alaska / P. Vlag, E. Oches, S. Banerjee, P. Solheid // *Phys. Chem. Earth, A*. – 1999. – V. 24. – P. 779-783.

References

- Bakhmutov, V., Hlavatskyi, D. (2014). New data about Matuyama-Brunhes boundary in Roxolany section [Novye dannye po granitse Matuyama-Bryunes v razreze Roksolany]. *Heolohichnyi zhurnal – Geological journal*, 2 (347), 73-84. [In Russian].
- Bakhmutov, V. (2007). Pleistocene magnetostratigraphy: a modern status, problems and long-term researches [Magnitostatigrafiya pleystotsena: sovremennoe sostoyanie, problem i perspektivy issledovaniy]. Proceedings from Problemy serednyopleystotsenovocho interhlyatsialu [Problems of Middle Pleistocene Interglacial]: *Materialy XIV ukrayinsko-polskoho seminaru – XIV Ukrainian-Polish conference*. (pp. 96-108). Lviv. [In Russian].
- Bogucki, A., Holub, B., Łanczont, M. (2007). Volynian Upland: the main features of geologic structure and relief [Volynska vysochyna: holovni rysy heolohichnoyi budovy ta relyefu]. Proceedings from Problemy serednyopleystotsenovocho interhlyatsialu [Problems of Middle Pleistocene Interglacial]: *Materialy XIV ukrayinsko-polskoho seminaru – XIV Ukrainian-Polish conference*. (pp. 6-10). Lviv. [In Ukrainian].
- Akram, H., Yoshida, M., Ahmad M. (1998). Rock magnetic properties of the late Pleistocene Loess-Paleosol deposits in Haro River area, Attock basin, Pakistan: Is magnetic susceptibility a proxy measure of paleoclimate? *Earth Planets Space*, 50, 129-139.
- Bidegain, J., Evans, M., Velzen, J. (2005). A magneto-climatological investigation of Pampean Loess, Argentina. *Geophysical Journal International*, 160, 55-62.
- Chlachula, J., Evans, M., Rutter, N. (1998). A magnetic investigation of a Late Quaternary loess/paleosol record in Siberia. *Geophys. J. Int.*, 132, 128-132.
- Chlachula, J., Rutter, N., Evans, M. (1997). A late Quaternary loess-paleosol record at Kurtak, southern Siberia. *Can. J. Earth Sci.*, 34, 679-686.
- Forster, T., Heller, F. (1994). Paleomagnetism of loess deposits from the Tajik depression (central Asia). *Earth Planet. Sci. Lett.*, 128, 501-512.
- Hayward, R. & Lowell, Th. (1993). Variations in loess accumulation rates in the mid-continent, United States, as reflected by magnetic susceptibility. *Geology*, 21, 821-824.
- Liu, Q., Jin, C., Hu, P., Jiang, Z., Ge, K., Roberts, A. (2015). Magnetostratigraphy of Chinese loess-paleosol sequences. *Earth-Science Reviews*, 150, 139-167.
- Matasova, G., Kazansky, A. (2004). Magnetic properties and magnetic fabrics of Pleistocene loess/paleosol deposits along west-central Siberian transect and their palaeoclimatic implications. *Magnetic Fabric: Methods and Applications*. Geological Society, 238, 145-173.
- Nawrocki, J., Bogucki, A., Wojcik, A. (1996). The magnetic susceptibility record in the Polish and western Ukrainian loess-paleosol sequences conditioned by palaeoclimate. *Boreas*, 25, 161-169.
- Ding, Z.L., Derbyshire, E., Yang, S.L., Yu, Z.W., Xiong, S.F., Liu, T. S. (2002). Stacked 2.6-Ma grain size record from the Chinese loess based on five sections and correlation with the deep sea $\delta^{18}\text{O}$ record. *Paleoceanography*, 17 (3), 5-1-5-21. DOI:10.1029/2001PA000725.
- Tarling, D.H., Hrouda, E. (1993). The magnetic anisotropy of rocks. London: *Publ. by Chapman and Hall.*, 217 p.
- Nawrocki, J., Bogucki, A., Łanczont, M., Nowaczyk, N. (2002). The Matuyama-Brunhes boundary and the nature of magnetic remanence acquisition in the loess-paleosol sequences from the western part of the East European Loess province. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 188, 39-50.
- Nawrocki, J., Bakhmutov, V., Bogucki, A., Dolecki, L. (1999). The Paleo- and petromagnetic record in the Polish and Ukrainian loess-paleosol sequences. *Phys. Chem. Earth (A)*, 24, 773-777.
- Vlag, P., Oches, E., Banerjee, S., Solheid, P. (1999). The paleoenvironmental-magnetic record of the Gold Hill Steps loess section in central Alaska. *Phys. Chem. Earth, A*, 24, 779-783.

Надійшло до редколегії 14.03.16

D. Hlavatskyi, Research Associate
E-mail: hlvatskyi@gmail.com;
V. Bakhmutov, Dr. Sci. (Geol.-Min.)
E-mail: bakhmutovvg@gmail.com;
Subbotin Institute of Geophysics, National Academy of Sciences of Ukraine
32 Palladina Ave., Kyiv, 03680 Ukraine;
A. Bogucki, Cand. Sci. (Geol.-Min.), Prof.
E-mail: pleistocene@ukr.net;
P. Voloshyn, Cand. Sci. (Geol.-Min.), Assoc. Prof.
E-mail: petro.voloshyn@lnu.edu.ua
Ivan Franko National University of Lviv
41 P. Doroshenka Str., Lviv, 79000 Ukraine

PETROMAGNETISM AND PALAEOMAGNETISM OF SUBAERIAL DEPOSITS OF BOYANYCHI AND KORSHIV SECTIONS (VOLHYNIAN UPLAND)

A petromagnetic and palaeomagnetic research of Boyanychi and Korshiv loess-paleosol sequences (Volhynian Upland) were carried out. The distributions of magnetic parameters along lithostratigraphy column (natural remanent magnetization, magnetic susceptibility, anisotropy of magnetic susceptibility parameters) are presented. Variations of magnetic parameters do not correlate with lithology and cannot be attributed to the "alaskan" or the "chinese" type of subaerial deposits. The rocks are characterized by high stability to alternating magnetic field demagnetization and temperature demagnetization due to the presence of highly coercive magnetic mineral (probably hematite). Both loess and soils have mainly primary sedimentary magnetic texture. The characteristic component of magnetization has only normal polarity and no samples with reverse polarity. In the bottom of the sections the Matuyama-Brunhes boundary was not recognized, that prove the formation of deposits occurred during normal polarity Brunhes zone no later than 780 kyr.

Keywords: Boyanychi section, Korshiv section, Matuyama-Brunhes boundary, palaeomagnetic method, Pleistocene, loess-soil sequence.

Д. Гловацкий, млад. науч. Сотруд.
E-mail: hlvatskyi@gmail.com;
В. Бахмутов, д-р геол.-минералог. наук
E-mail: bakhmutovvg@gmail.com
Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины
пр. Палладина, 32, г. Киев, 03860, Украина;
А. Богущкий, канд. геол.-минералог. наук, проф.
E-mail: pleistocene@ukr.net;
П. Волошин, канд. геол.-минералог. наук, доц.
E-mail: petro.voloshyn@lnu.edu.ua
Львовский национальный университет имени Ивана Франко,
ул. П. Дорошенко, 41, г. Львов, 79000, Украина

ПЕТРОМАГНЕТИЗМ И ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ СУБАЭРАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РАЗРЕЗОВ БОЯНЫЧИ И КОРШЕВ (ВОЛЫНСКАЯ ВОЗВЫШЕННОСТЬ)

Проведены петромагнитные и палеомагнитные исследования лессово-почвенных разрезов Боянычи и Коршев (Волынская возвышенность). Представлено распределение магнитных параметров вдоль литостратиграфической колонки (естественная остаточная намагниченность, магнитная восприимчивость, параметры анизотропии магнитной восприимчивости). Вариации магнитных параметров не коррелируют с литологией разрезов, поэтому лессово-почвенную толщу Волынской возвышенности нельзя причислить ни к "аласкинскому", ни к "китайскому" типу субаэральных отложений. Породы характеризуются высокой стабильностью к влиянию переменного магнитного поля и температуры, что обусловлено присутствием высококоэрцитивного магнетита, вероятно, гематита. И в лессах, и в почвах, в основном, сохраняется первичная осадочная магнитная текстура. У выделенной характеристической компоненты намагниченности исключительно прямая полярность, ни в одном уровне не обнаружены экскурсы обратной полярности. Граница Матуяма-Брюнес в нижней части обоих разрезов не установлена, формирование отложений происходило в эпоху прямой полярности Брюнес, т.е. позже, чем 780 тыс. лет тому назад.

Ключевые слова: разрез Боянычи, разрез Коршев, граница Матуяма-Брюнес, палеомагнитный метод, плейстоцен, лессово-почвенная толща.