

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ГЕОФІЗИКИ ім. С.І. СУББОТІНА**

ГЛАВАЦЬКИЙ ДМИТРО ВІКТОРОВИЧ

УДК 550.384

**ПЕТРОМАГНЕТИЗМ І МАГНІТОСТРАТИГРАФІЯ
ЧЕТВЕРТИННИХ ЛЕСОВО-ГРУНТОВИХ ВІДКЛАДІВ УКРАЇНИ**

04.00.22 – геофізика

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата геологічних наук

Київ – 2017

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Інституті геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України.

Науковий керівник: доктор геологічних наук,
старший науковий співробітник
Бахмутов Володимир Георгійович,
Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України,
завідувач відділу.

Офіційні опоненти: доктор геологічних наук,
старший науковий співробітник
Сіренко Олена Ананіївна,
Інститут геологічних наук НАН України,
провідний науковий співробітник;

кандидат геологічних наук
Бондар Ксенія Михайлівна,
ННІ «Інститут геології» Київського національного
університету імені Тараса Шевченка,
старший науковий співробітник.

Захист відбудеться «27» грудня 2017 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.200.01 в Інституті геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України за адресою: 03680, м. Київ-142, просп. Академіка Палладіна, 32.
Факс: +380 (44) 450-25-20; e-mail: rada-igph@igph.kiev.ua.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України за адресою: 03680, м. Київ-142, просп. Академіка Палладіна, 32, та на електронному ресурсі <http://www.igph.kiev.ua>.

Автореферат розісланий «27» листопада 2017 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
доктор геологічних наук



Т.К. Бурахович

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність досліджень. На території України і сусідніх країн широко розповсюджені четвертинні покривні лесово-грунтові відклади. Вони тісно пов'язані з повсякденною діяльністю людини, спрямованою на вирішення різноманітних завдань господарського, будівельного, інженерно-геологічного, екологічного характеру. У вивченні лесово-грунтових серій, незважаючи на більш ніж столітню історію досліджень, залишається багато нерозв'язаних питань. Вони стосуються передусім проблеми кореляції стратиграфічних схем і палеогеографічних умов нагромадження лесових і палеогрунтових відкладів.

Наявні стратиграфічні схеми осадових відкладів плейстоцену Центральної та Східної Європи, незважаючи на детальність, мають суттєвий недолік, який не можна ігнорувати при будь-яких стратиграфічних узагальненнях. Унаслідок частішої зміни потужності реперних горизонтів і суттєвих змін умов седиментації (аж до повної її відсутності в окремі проміжки часу) навіть у межах невеликих провінцій виникають труднощі у кореляції стратиграфічних схем. Для території України існують щонайменше чотири стратиграфічні схеми лесово-грунтової серії: для центральної частини України [Веклич и др., 1984], для Волино-Поділля [Богущкий, 1986], для Західного Причорномор'я [Tsatskin et al., 2001] та для південно-західної частини України [Lindner et al., 2006]. Більшість континентальних плейстоценових товщ України фауністично німі, а спроби датування різними методами геохронології чи за результатами палеомагнітних досліджень, зокрема визначення границі палеомагнітних епох Матуяма-Брюнес (М/Б), дають суперечливі результати навіть в рамках одного розрізу.

Важливим є й питання вивчення етапності палеогеографічних умов у четвертинному періоді, кореляції періодів глобальних потеплінь і похолодань, довгострокового прогнозування кліматичних змін. Серед континентальних відкладів лесово-грунтові послідовності є якнайповнішим джерелом інформації про зміни ландшафтів і клімату у геологічному минулому. Детальні реконструкції природного середовища і клімату включають у себе використання комплексу різних методів, провідне місце серед яких займають дослідження магнітних властивостей порід. Петромагнітний і палеомагнітний методи дослідження успішно зарекомендували себе у вивченні лесово-грунтових відкладів Китайського лесового плато, Сибіру, Європи, Північної Америки та інших регіонів. Петромагнітні дослідження субаеральної формації України проводилися починаючи з 1970-х років, але вони обмежувалися здебільшого вимірами магнітної сприйнятливості і залишкової намагніченості, тому загальна картина змін магнітних властивостей є неповною. Для отримання детальної просторово-часової характеристики змін магнітних параметрів необхідним є вивчення всієї сукупності магнітних властивостей лесово-грунтових серій із різних фізико-географічних провінцій України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами. Робота виконувалася в рамках бюджетних тем *«Динаміка і моделі геомагнітного поля за результатами інструментальних спостережень і палеомагнітних*

досліджень» (державний реєстраційний номер 0109U000102) та «Палеомагнітна інформативність гірських порід південно-західної частини Східноєвропейської платформи у вирішенні регіональних задач стратиграфії та геодинаміки» (0114U000230), а також за підтримки грантів Президії НАН України на наукові роботи «Палеотектоніка Східноєвропейської платформи у середньо-палеозойський час» (0115U005276) і «Визначення границі Матуяма-Брюнес у лесово-грунтових відкладах для побудови єдиної стратиграфічної схеми України» (0117U003498).

Метою роботи є визначення петромагнітних характеристик та магнітостратиграфічних маркерів четвертинних лесово-грунтових товщ України.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні **завдання**.

1. Виконання детальних петромагнітних і магнітостратиграфічних досліджень опорних четвертинних розрізів із трьох фізико-географічних провінцій України: Волинської височини, Причорноморської низовини і Придніпровської низовини.

2. Виявлення закономірностей у зміні петромагнітних властивостей і встановлення механізмів їх формування у лесово-грунтових відкладах України.

3. Визначення характеристичної компоненти природної залишкової намагніченості, палеомагнітних напрямків для магнітостратиграфічної прив'язки границі М/Б та виділення елементів тонкої структури геомагнітного поля (епізодів, екскурсів, варіацій) у досліджуваних осадових товщах.

4. Побудова зведеного магнітостратиграфічного розрізу четвертинних субаеральних відкладів України.

Об'єктом дослідження є лесово-грунтовий покрив території України, а саме четвертинні субаеральні відклади опорних розрізів Бояничі, Коршів (Волинська височина), Роксолани (Причорноморська низовина) та В'язівки (Придніпровська низовина).

Предметом дослідження є магнітні властивості досліджуваних осадових порід.

Методи дослідження. У процесі виконання роботи було використано комплекс методів петромагнітних та палеомагнітних досліджень [Butler, 1992; Opdyke, Channell, 1996; Храмов, Молостовский, 1997; Dunlop, Özdemir, 1997; Evans, Heller, 2003; Tauxe et al., 2016 та ін.]. Петромагнітні методи полягають у визначенні та інтерпретації змін скалярних магнітних параметрів, які відображають сукупність магнітних властивостей гірських порід (магнітна сприйнятливість, природна залишкова намагніченість, коерцитивні параметри і їх співвідношення та ін.). В основі палеомагнітних методів лежить визначення векторних величин – напрямків компонент природної залишкової намагніченості (NRM). Для розділення компонент NRM використовувався метод компонентного аналізу, для виділення зон полярності – метод розрахунку дискримінантної функції d за [Mañ, 2008].

Лабораторні петромагнітні й палеомагнітні дослідження проведено на сучасній високоточній магнітометричній апаратурі (на криогенних SQUID-магнітометрах 2G Enterprises, спін-магнітометрах JR-6 і JR-6A, вимірювачах

коерцитивних параметрів MicroMag VSM і J-Meter, каппа-метрах МФК1-В та МФК1-ФА) провідних інститутів і геомагнітних центрів України, Росії, Польщі та Норвегії: в Центрі колективного користування унікальною магнітометричною апаратурою Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України (Київ), Палеомагнітному центрі ІНГГ СО РАН (Новосибірськ), Лабораторії палеомагнетизму і магнетизму гірських порід ІГНГТ КФУ (Казань), відділі магнетизму Інституту геофізики ПАН (Варшава) та Геомагнітній лабораторії ім. Айвара Джайєвера Університету Осло (Осло).

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Встановлено, що субаеральні відклади у розрізі Роксолани відносяться до «китайського» типу педогенезу, а у розрізах Бояничі, Коршів і В'язівок за характеристиками концентраційно-чутливих магнітних параметрів відклади не належать ні до «китайського», ні до «аляскінського» типу субаеральних відкладів. За визначеними просторово-часовими закономірностями варіацій петромагнітних параметрів уперше запропоновано районування субаеральної формації України на «північну» і «південну» провінції.

2. Уперше детально охарактеризовано ферромагнітні й парамагнітні мінерали-носії залишкової намагніченості досліджених четвертинних лесово-грунтових товщ України, причому магнітно-мінералогічні дослідження розрізів В'язівок і Коршів проведені вперше. На цих розрізах виявлено значний вклад у залишкову намагніченість гематиту, а в розрізі В'язівок – вагомий внесок парамагнітних мінералів у загальну магнітну сприйнятливість і параметри петлі гістерезису.

3. Уперше проведено палеомагнітні дослідження розрізів Коршів і Бояничі. Встановлено приналежність цих лесово-грунтових відкладів виключно до епохи прямої полярності Брюнес.

4. Одержано нові результати про розташування границі М/Б у розрізі Роксолани на глибині 46,6 м, що за стратиграфічним розчленуванням [Богуцький та ін., 2013] відповідає межі лубенського й мартоносського ґрунтових горизонтів. Це відрізняється від даних попередніх досліджень, за якими границя М/Б позначена на 12 м вище і знаходиться у лесах L₆ тясминського горизонту.

5. За даними магніостратиграфічних досліджень розрізу В'язівок, де границю М/Б встановлено на глибині 56,2 м у нижній частині широкінського горизонту, отримано надійну аргументацію на користь необхідності перегляду сучасного стратиграфічного розчленування розрізу Роксолани.

Практичне значення. Отримані нові дані про просторово-часовий розподіл магнітних властивостей субаеральних відкладів України є суттєвою складовою для визначення закономірностей формування лесово-грунтових товщ в залежності від змін ландшафтів і клімату. Результати є вагомим внеском у базу палеомагнітних і петромагнітних даних по плейстоцену України – ключовому в Європі регіоні розповсюдження лесів. Це дає змогу вирішувати завдання, пов'язані з розчленуванням, кореляцією розрізів та палеокліматичними реконструкціями умов формування порід.

Нова магніостратиграфічна характеристика досліджених розрізів вносить значний вклад у вирішення проблеми положення границі М/Б в субаеральних відкладах України, що є предметом гострої дискусії протягом останніх десятиріч. Результати можуть бути використані стратиграфами при корекції стратиграфічних схем, географами – при побудові схем палеогеографічної етапності плейстоцену тощо.

Представлені в роботі матеріали використовуються в навчальному процесі і включені в курс «Палеогеографія антропогену» географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Особистий внесок здобувача. Автор брав участь у польових роботах зі збору колекцій зразків порід у складі 4 експедицій співробітників відділу петромагнетизму і морської геофізики Інституту геофізики НАН України у 2012-2015 рр. Самостійно підготував колекцію зразків, адаптованих для вимірів на сучасній магнітометричній апаратурі. Безпосередньо виконував лабораторні виміри 7270 зразків (із 8240).

За темою дисертації опубліковано загалом 15 робіт, з них 5 статей у фахових наукових журналах України, 4 публікації у періодичних виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз, і 7 тез конференцій.

Внесок здобувача у публікаціях, написаних у співавторстві, визначається таким чином. У роботах [Бахмутов, Главацкий, 2014а, б] автор виконав лабораторні дослідження, обробив експериментальні дані, брав участь в інтерпретації результатів і підготовці висновків. У роботі [Бахмутов, Главацкий, 2016] дисертант брав безпосередню участь в аналітичному огляді літератури, постановці задачі та обговоренні результатів. У роботах [Главацкий та ін., 2016; Главацкий и др., 2016; Bakhmutov et al., 2017] дисертанту належать більша частина лабораторних вимірювань магнітних характеристик, обробка та представлення результатів, їх інтерпретація та висновки.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень доповідались автором на всеукраїнських та міжнародних наукових конференціях:

- II всеукраїнській молодіжній конференції-школі «Сучасні проблеми геологічних наук», Київ, 12-15 квітня 2010 р.;
- IV всеукраїнській конференції-школі «Сучасні проблеми геологічних наук», Київ, 16-20 квітня, 2012 р.;
- XVIII українсько-польському польовому семінарі «Лесовий покрив Північного Причорномор'я», с. Роксолани, 8-13 вересня 2013 р.;
- XIV міжнародній конференції «Геоінформатика: теоретичні та прикладні аспекти», Київ, 11-14 травня 2015 р.;
- XIX українсько-польському семінарі «Леси і палеоліт Поділля», Тернопіль, 23-27 серпня 2015 р.;
- VI всеукраїнській молодіжній науковій конференції-школі «Сучасні проблеми геологічних наук», Київ, 14-16 квітня 2016 р.;
- міжнародній конференції з проблем палеомагнетизму і магнетизму гірських порід, Казань (Росія), 2-7 жовтня 2017 р.

Структура й обсяг дисертації. Робота складається з анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел після кожного розділу основної частини, додатків. Має 232 сторінки, у тому числі 142 основного тексту, 50 рисунків, 11 таблиць.

Подяка. Автор висловлює щирю вдячність науковому керівнику і наставнику В.Г. Бахмутову за всебічну підтримку при виконанні роботи. Особливу подяку здобувач висловлює близьким колегам Є.Б. Поляченко, В.В. Шпирі і провідним спеціалістам у галузі четвертинної стратиграфії Н.П. Герасименко, Ж.М. Матвіїшині, А.Б. Богуцькому, С.К. Прилипко, які супроводжували експедиційні роботи. Автор виражає подяку колегам по лабораторії В.І. Якухно, Т.В. Скарбовійчук, Л.М. Дячук, А.В. Висоцькій і співробітникам іноземних інститутів А.Ю. Казанському, Г.Г. Матасовій, Д.М. Кузіній, Т. Вернеру, М. Конджялко-Хофмоклъ, Б. Гурці-Кострубец, С. Дитлув, П. Дубровіну, Є. Кулакову за допомогу у вимірах.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У **вступі** обґрунтовано вибір теми дослідження, визначено мету роботи, основні завдання та методи їх вирішення, сформульовано наукові і практичні досягнення автора, відомості про апробацію і публікації результатів досліджень.

Розділ 1. Сучасний стан вирішення проблеми

У розділі наведено огляд основних етапів дослідження магнітних властивостей лесово-грунтових товщ та становлення магніостратиграфії плейстоцену України.

Відклади лесово-грунтової формації є якнайповнішим архівом континентальних «записів» змін природного середовища і клімату. Перші ж виміри магнітної сприйнятливості (1970-ті роки) показали чітку диференціацію магнітних властивостей лесів і палеоґрунтів, відтоді магнітні властивості субаеральних відкладів почали широко використовувати при палеокліматичних реконструкціях [Evans, Heller, 2003; Ding et al., 2004; Liu et al., 2015 та ін.].

Останні два десятиліття характеризуються активізацією петромагнітних і магніостратиграфічних досліджень четвертинних лесово-грунтових відкладів Центральної й Східної Європи, у т.ч. України. До теперішнього часу на території України вивчено магнітні властивості в декількох десятках лесово-грунтових розрізів [Третяк, Вигилянская, 1994; Vogucki et al., 1995; Nawrocki et al., 1996, 1999, 2003; Sartori, 2000; Gendler et al., 2006; Rossenau et al., 2011; Бахмутов, Главацкий, 2013, 2014а, б; Necula et al., 2015; Главацкий и др., 2016 та ін.]. На деяких розрізах визначення магнітних властивостей порід супроводжувалися палеомагнітними дослідженнями, однак результати часто були досить суперечливі. Так, положення границі М/Б визначалося різними авторами у різних стратиграфічних горизонтах навіть на одних і тих же розрізах. Наприклад, за результатами комплексних досліджень ключового розрізу Західного Причорномор'я – Роксолани [Tsatskin et al., 1998, 2001; Sartori, 2000; Dodonov et al., 2006] – положення границі М/Б було встановлено у лесах L₆ тясминського

горизонту (згідно із стратиграфічним розчленуванням розрізу українськими геологами [Богуцький та ін., 2013]). Відповідно до цього була представлена нова педостратиграфічна схема Західного Причорномор'я з подальшою її кореляцією із ізотопно-кисневою шкалою, що докорінно відрізнялося від педостратиграфічних схем вітчизняних дослідників, згідно з якими границя М/Б відповідає підшві мартоносського горизонту [Гожик, 2013].

Причинами таких протиріч є: розбіжності у виділенні первинної компоненти намагніченості у зразках з лесово-грунтових товщ; приуроченість границі М/Б або до лесових, або до ґрунтових горизонтів [Большаков, 2004]; протиріччя у датуванні цих товщ люмінесцентним, радіовуглецевим і калій-аргоновим методами [Гожик, 2013]; відсутність сучасної уніфікованої стратиграфічної схеми лесово-грунтових відкладів України і суміжних регіонів. Останнє призвело до існування кількох регіональних стратиграфічних схем [Веклич и др., 1984, 1987; Богуцький та ін., 1986, 2012; Lindner et al., 2006], які не узгоджуються між собою, особливо в інтервалі середнього і нижнього плейстоцену.

Розділ 2. Геолого-стратиграфічна характеристика об'єктів дослідження

Основу роботи склали результати вивчення опорних розрізів субаеральної формації України, які розташовані у межах різних фізико-географічних провінцій. У північно-західній Україні (Волинська височина) вивчено 2 розрізи – Бояничі і Коршів, у Західному Причорномор'ї (Причорноморська низовина) – розріз Роксолани, у центральній частині України (Придніпровська низовина) – розріз В'язівок. У розділі наведено їх детальну літолого-стратиграфічну характеристику.

Розріз Бояничі (50°29' пн.ш., 24°10' сх.д.) розміщений на південно-західній околиці с. Бояничі Сокальського району Львівської обл. Розріз є стратотипом сокальського ґрунту і бояницького палеокріогенного етапу [Богуцький та ін., 2008].

Розріз Коршів (50°39' пн.ш., 25°07' сх.д.) знаходиться біля с. Новокоршів на південний захід від м. Луцька, є одним із найбільш повних у Європі і вважається стратотипом коршівського ґрунтового комплексу і луцького ґрунту [Богуцький, Волошин, 2013].

Розріз Роксолани (46°10' пн.ш., 30°27' сх.д.) є одним із найвідоміших і багаторазово досліджуваних європейських лесових профілів. Його особливістю є перешарування численних і добре розвинених викопних ґрунтів, розділених потужними горизонтами лесів. Розріз розташований на лівому березі Дністерського лиману на північ від с. Роксолани Овідіопольського району Одеської обл. в межах південно-західної частини Причорноморської низовини. Розріз є найбільш дискусійним з огляду на протиріччя у його стратиграфічному розчленуванні, результатах абсолютного датування методами геохронології та магнітостратиграфічній прив'язці границі М/Б [Богуцький та ін., 2013].

Розріз В'язівок (49°33' пн.ш., 32°98' сх.д.) розташований у с. В'язівок Лубенського району Полтавської обл. на правому березі річки Сула – притоки Дніпра, лежить у межах Придніпровської низовини. Це один із найбільш повних

плейстоценових розрізів Придніпров'я [Веклич и др., 1967; Matviishina et al., 2001; Rousseau et al., 2001].

Розділ 3. Методика петромагнітних і палеомагнітних досліджень

Для вирішення завдань роботи виконувалися польові і лабораторні дослідження, останні включали в себе комплекс петромагнітних і палеомагнітних методів.

Під час експедиційних робіт орієнтовані монолітні блоки порід відбиралися суцільними секціями з подальшим виготовленням стандартних орієнтованих зразків циліндричної (діаметром 25 мм, висотою 20 мм) і кубічної (ребром 20 мм) форм. Паралельно проводився геолого-стратиграфічний опис, фіксація географічних координат об'єкта GPS-приймачем. Загалом відібрано 110 орієнтованих зразків-циліндрів і 526 орієнтованих штуфів, з яких для палео- і петромагнітних досліджень виготовлено 7565 орієнтованих (від двох до шести зразків з кожного з 490 рівнів у розрізі Бояничі, 304 у розрізі Коршів, 503 у розрізі Роксолани, 692 у розрізі В'язівка) і додатково 675 неорієнтованих зразків.

Лабораторні дослідження проводилися за загальноприйнятими у світовій практиці методиками на сучасній високоточній апаратурі в Інституті геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України та у провідних геомагнітних центрах Росії, Польщі і Норвегії. Результати вимірів зразків-дублів у різних лабораторіях добре узгоджуються між собою, що підтверджує достовірність отриманих даних, незважаючи на низькі концентрації магнітних мінералів у лесово-грунтових товщах.

Одержані петромагнітні параметри розділено на 5 груп відповідно до роботи [Матасова, 2006]:

1. *Концентраційно-чутливі*: магнітна сприйнятливість (об'ємна – k , питома – χ , ферримагнетиків – χ_{fer}), намагніченість насичення J_s , ізотермічна залишкова намагніченість J_r (IRM), залишкова намагніченість насичення J_{rs} (SIRM), ідеальна залишкова намагніченість J_{ri} (ARM), природна залишкова намагніченість J_n (NRM).

2. *Магнітно-мінералогічні*: фактор Q , показник відношення магнітом'яких і магнітожорстких мінералів S , поле насичення H_s , коерцитивна сила B_c , залишкова коерцитивна сила B_{cr} , температури Кюрі $\chi(T)$, $J_s(T)$ і деблокуючі температури SIRM(T), NRM(T) при нагріві зразків до 700°C, медіанні руйнівні поля MDF, залишкова частина намагніченості після максимального розмагнічування J/J_{max} , магнітожорстка залишкова намагніченість насичення HIRM.

3. *Структурно-чутливі*: FD%-фактор, відношення χ /SIRM, J_{rs}/J_s , B_{cr}/B_c .

4. *Параметри анізотропії магнітної сприйнятливості (AMS)*: коефіцієнти лінійної L і площинної F текстури, ступінь анізотропії P , параметр форми T , напрямки осей еліпсоїда AMS k_1 , k_2 , k_3 .

5. *Парамагнітні параметри*: повна намагніченість J_{max} , намагніченість парамагнетиків J_{par} , парамагнітна сприйнятливість χ_{par} і суперпарамагнітна сприйнятливість χ_{sp} .

На етапі палеомагнітних досліджень зразки піддавалися детальному ступеневому температурному розмагнічуванню до повного руйнування

залишкової намагніченості, а зразки-дублі – ступеневому розмагнічуванню змінним магнітним полем. Вимірювання виконувалися на криогенному магнітометрі 2G SQUID DC (виробництво США) з приставкою для розмагнічування змінним магнітним полем та на двошвидкісних спін-магнітометрах серії JR-6, які розміщені у немагнітних кімнатах MMLFC.

Температурне розмагнічування виконано в установках MMTD80, також розміщених в екранованих кімнатах. Зразки піддавалися серії послідовних нагрівів при 3-7 і більше ступенях розмагнічування до температур 300-400 °С. Мінералогічні зміни в зразках під час нагрівання контролювалися вимірами магнітної сприйнятливості після кожного кроку розмагнічування. Для зразків-дублів виконано розмагнічування змінним магнітним полем на приставці SQUID і на установці LDA-3A при 12-15 кроках ступеневого розмагнічування за максимальних значень поля 100 мТл. Магнітна сприйнятливість та анізотропія магнітної сприйнятливості вимірювалися на каппа-метрі MFK-1B, параметри AMS розраховувались за програмою Anisoft 4.2.

Результати розмагнічування аналізувалися методом головних компонент [Kirshvink, 1980] з використанням пакету Remasoft 3.0 [Chadima, Hroudá, 2006]. На діаграмах Зйдервельда [Zijderveld, 1967] компоненти розраховувались окремо для кожного зразка в середньому для 3-5 ступенів розмагнічування.

Розділ 4. Петромагнітні характеристики лесово-грунтових серій України

Концентраційно-чутливі магнітні параметри. В субаеральних відкладах України зафіксовано низькі концентрації магнітного матеріалу. Всі концентраційно-чутливі магнітні параметри у цілому ведуть себе синхронно. Середня величина магнітної сприйнятливості к лесово-грунтових відкладів змінюється у незначних межах ($100-200 \times 10^{-6}$ од. CI), що на порядок менше, ніж у відкладах Китайського лесового плато (КЛП) чи Аляски. За величиною к ці відклади ближчі до найбільш слабوماгнітних європейських, проте за характером залежності к від літології є суттєві відмінності.

Середні значення концентраційно-чутливих параметрів к, SIRM, NRM лесів приблизно однакові у всіх розрізах, незалежно від географічного положення, що свідчить про єдине дистальне джерело надходження еолового (лесового) матеріалу на всій території України. Натомість за поведінкою к похованих ґрунтів географічно можна виділити дві області:

1. «Північна» провінція. У розрізах півночі України – Бояничі, Коршів і В'язівок – як лесові, так і ґрунтові горизонти мають близькі середні значення к ($100-200 \times 10^{-6}$ од. CI), тому ці відклади не можна віднести ні до «китайського» (коли значення к у ґрунтах у 3-4 рази вищі, ніж у лесах) [Hus, Nan, 1991; Banerjee et al., 1993; Evans, Heller, 2003 та ін.], ні до «аляскінського» (коли значення к у лесах у 1,5-3 рази вищі, ніж у ґрунтах) [Beget et al., 1990] типу формування магнітних властивостей субаеральних відкладів. Такі зміни магнітної сприйнятливості, що не залежать від літології, характерні також для розрізів Польщі, Аргентини, Пакистану, Сибіру [Матасова, 2006; Главацький та ін., 2016].

2. «Південна» провінція. У розрізі Роксолани концентраційно-чутливі магнітні параметри чітко диференціюються вздовж літологічної колонки:

поховані ґрунти мають підвищені значення (k досягає $500-900 \times 10^{-6}$ од. СІ і більше), а лесові – понижені ($70-100 \times 10^{-6}$ од. СІ), і їх можна віднести до «китайського» типу субаеральних відкладів.

Магнітна мінералогія. На всіх кривих $\chi(T)$, $SIRM(T)$ зразків лесів і палеоґрунтів фіксується точка Кюрі магнетиту ($575-580^\circ\text{C}$). На більшості кривих $\chi(T)$ спостерігається виражений пік у районі $250-350^\circ\text{C}$, який інтерпретується як наявність у зразках маггеміту. На діаграмах $SIRM(T)$ деблокуючі температури близькі до температур Кюрі магнетиту і гематиту.

У розрізі Роксолани концентрація гематиту незначна (значення параметру магнітної жорсткості S близькі до одиниці). У розрізах Бояничі, Коршів і В'язівок концентрація гематиту суттєво вища, про що свідчать більш низькі значення S (особливо у соліфлюкційних горизонтах) і порівняно більш високі значення IRM . Це вказує на те, що формування викопних ґрунтів у «північній» провінції субаеральної формації України відбувалося в інших умовах, ніж у «південній». Напевно, періодичне зволоження на території Волинської височини і Придніпровської низовини за рахунок близькості льодовикового щита сприяло окисненню ферримагнітних зерен і формуванню висококоерцитивних магнітних мінералів.

Структурно-чутливі магнітні параметри. Відносні розміри магнітних зерен оцінювалися за співвідношенням гістерезисних параметрів J_{rs}/J_s , B_{cr}/B_c , що характеризують доменний стан магнітних зерен [Day et al., 1977]. Останній у більшості зразків можна віднести до псевдооднодоменного. Якщо псевдооднодоменний стан зерен розглядати як суміш однодоменних і багатодоменних зерен [Dunlop, 2002], то доля однодоменних зерен у четвертинних лесово-ґрунтових відкладах України складе близько 20 %, а багатодоменних – 80 %. Псевдооднодоменний стан також характерний для розрізів КЛП і Європи, що пов'язано із надходженням еолового матеріалу з дистальних джерел. Крім псевдооднодоменних зерен наявні у дещо меншій мірі багатодоменні, особливо у відкладах Волинської височини, тобто еоловий матеріал надходив також із ближніх джерел.

Анізотропія магнітної сприйнятливості. Субаеральні відклади України слабоанізотропні, що характерно для «китайського» (безвітрового) типу формування відкладів. Параметр ступеню AMS у лесово-ґрунтових відкладах змінюється у незначних межах ($P \sim 1,01-1,08$). У трьох розрізах «північної» провінції лесові горизонти відрізняються від ґрунтових дещо більшими значеннями P і мають типову площинну текстуру AMS, у той час як на магнітну текстуру ґрунтів могли впливати педогенні або інші вторинні процеси. У розрізі Роксолани леси і ґрунти за параметрами AMS не диференціюються. Результати вказують на перевагу площинного типу анізотропії з мінімальними осями еліпсоїдів, перпендикулярними площині напластування (близькими до вертикалі). У той же час, незважаючи на низький ступінь анізотропії, лесово-ґрунтові відклади переважно характеризуються первинною осадовою магнітною текстурою, тобто є перспективними для магнітостратиграфічних досліджень з точки зору формування седиментаційної (первинної) намагніченості [Главацький та ін., 2016].

Парамагнітні характеристики. У лесово-грунтових товщах вклад парамагнітних параметрів у загальну магнітну сприйнятливість, природну залишкову намагніченість, а у сильних полях і в коерцитивну силу може бути значним і складати 50-90 % [Вирина и др., 2001; Матасова, 2006]. Ігнорування парамагнітної складової може призводити до хибних результатів відносно встановлення речовинного складу, розмірів і доменного стану магнітних зерен, ландшафтно-геохімічних умов формування відкладів.

Значення магнітної сприйнятливості парамагнетиків у всіх розрізах подібні (у середньому $4-5 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$), при цьому значення χ_{par} палеоґрунтів у 1,3-1,5 рази вищі, ніж у лесах, але не залежать від величини χ , і, як наслідок, від інтенсивності педогенних процесів [Bakmutov et al., 2017].

Відсоткове відношення χ_{par}/χ не вказує на великий вклад парамагнітного сигналу у початкову магнітну сприйнятливість. У середньому у розрізі Коршів доля парамагнітної сприйнятливості складає 5,6 %, у розрізі Бояничі – 4,3 %, у розрізі Роксолани ще менше – 3,1 %. Аналогічні дані були отримані по лесовим рівнинам Сибіру [Матасова, 2006]. У розрізі В'язівок вклад парамагнітної складової у загальну магнітну сприйнятливість порівняно високий: у середньому 37 % у ґрунтах і лесах, але набагато менший, ніж у відкладах КЛП (50-90 %). Таким чином, відклади розрізу В'язівок за характером поведінки парамагнітної сприйнятливості тяжіють до «сильної» сибірської моделі педогенезу [Матасова, 2006; Главацкий и др., 2016].

Таблиця. Порівняння петромагнітних властивостей лесово-грунтових відкладів України, Китаю і Сибіру

Параметри	Лесово-грунтові послідовності України			Китайське лесове плато	Сибірська субаеральна формація
	«Південна» провінція	«Північна» провінція			
	Причорно-морська низовина	Волинська височина	Придніпровська низовина		
Магнітна сприйнятливість	у ґрунтах у 3-8 разів вища, ніж у лесах	не залежить від літології	у деяких ґрунтах у 2-3 рази вища, ніж у лесах	у ґрунтах у 3-4 рази вища, ніж у лесах	у лесах у 1,5-3 рази вища, ніж у ґрунтах
Магнітна жорсткість	у ґрунтах нижча, ніж у лесах	у ґрунтах вища, ніж у лесах	у ґрунтах вища, ніж у лесах	у ґрунтах нижча, ніж у лесах	у ґрунтах вища, ніж у лесах
Доменний стан	переважно псевдоодно-доменний	переважно псевдоодно-доменний	переважно псевдоодно-доменний	переважно псевдоодно-доменний	переважно багато-доменний
Ступінь анізотропії R	менше 1,03	менше 1,05	менше 1,08	менше 1,5	більше 1,5
Відношення χ_{par}/χ	3 %	3-5 %	37 %	50-90 %	менше 40 %, переважно 2-5 %

Однак частка парамагнітного сигналу при намагніченості у сильних полях досить висока, у середньому 74-87 %, що наближається до значень у відкладах Європи чи КЛП. Це можна пояснити спільним вкладом парамагнетиків і гематиту.

Крім того, у більшості горизонтів похованих ґрунтів присутні суперпарамагнітні зерна, кількість яких (χ_{sp}) у всіх досліджених розрізах лінійно залежить від величини χ . Це вказує на перевагу єдиного педогенного механізму формування магнітних властивостей лесово-ґрунтових відкладів у Причорномор'ї, Придніпров'ї і на Волинській височині. Для розрізів Роксолани і Бояничі цей механізм було встановлено раніше [Nawrocki et al., 1996; Gendler et al., 2006], а для розрізів В'язівок і Коршів вперше. Відмінності у складі суперпарамагнітних зерен у розрізах відображають інтенсивність процесів ґрунтоутворення: викопні ґрунти Волинської височини менш розвинені, ніж у Придніпров'ї чи Причорномор'ї.

Узагальнення результатів петромагнітних досліджень та їх порівняння з магнітними характеристиками лесово-ґрунтових відкладів Китаю і Сибіру наведено у таблиці. За характером варіацій петромагнітних властивостей встановлено перехідний механізм формування магнітних властивостей лесово-ґрунтових серій України двох типів – «китайського» (який домінує у «південній» провінції) із посиленням у напрямку на північ впливу «сибірського» типу.

Розділ 5. Магніостратиграфічні дослідження розрізів четвертинних відкладів України

Характер кривих ступеневого розмагнічування (магнітної чистки) зразків із трьох розрізів північної частини України принципово відрізняється від результатів, отриманих у лесово-ґрунтових товщах розрізу Роксолани. Поетапне розмагнічування колекції зразків змінним магнітним полем (т.зв. «Н-чистка») показало, що у зразках із розрізів Бояничі, Коршів і В'язівок присутня «магнітожорстка» складова, яка складає від 10 до 40 % початкової NRM при розмагнічуванні у полі 100 мТл. При розмагнічуванні температурою («Т-чистка») до 240°C у зразках із розрізів Волинської височини залишається від 40 до 70 % початкової NRM, а у зразках із розрізу В'язівок – у середньому 30 %. 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 «магнітом'якого» мінералу (магнетиту). У зразках розрізу Роксолани при розмагнічуванні у полях 10-20 мТл або температурою 210°C у ґрунтах залишається до 5 %, а у лесах – 10-15 % початкової NRM [Бахмутов, Главацкий, 2014а, б]. У таких «магнітом'яких» зразках основним носієм NRM є магнетит (і, ймовірно, маггеміт) як алотигенного, так і аутигенного походження.

У результаті на більшій частині зразків виділено дві компоненти намагніченості: менш стабільна, в'язкого походження, і більш стабільна, характеристична (ChRM), яка має всі ознаки первинної намагніченості. В'язка компонента усувається здебільшого при нагрівах до 180-210°C або у процесі

чистки змінним магнітним полем 10-40 мТл. ChRM-компонента виділяється в діапазоні температур 210-270°C або при магнітних полях 20-40 мТл. Після усунення в'язкої (вторинної) компоненти ChRM-компонента на діаграмах Зйдервельда апроксимується прямою лінією, що прямує до початку координат. Визначення зон прямої й оберненої полярності у розрізах за напрямками ChRM-компоненти зразків виконувалось за алгоритмом [Man, 2008] за результатами Т-чистки (як більш інформативної при виділенні ChRM-компоненти).

Розрізи Волинської височини. Розраховані напрямки ChRM-компоненти (схилення D_0 , нахилення I_0) всіх зразків у розрізах Бояничі і Коршів вказують виключно на пряму полярність. Отже, лесово-грунтові товщі формувались під час епохи прямої полярності Брюнес, тобто їх вік менше 780 тис. років. Оскільки на розрізах не виявлено рівнів з короткочасовою оберненою полярністю (екскурсів), виконати їх магніостратиграфічну кореляцію з іншими лесово-грунтовими послідовностями четвертинних відкладів інших регіонів неможливо.

Розріз Роксолани. У розрізі Роксолани розрахунок напрямків ChRM-компоненти виконано за результатами ступеневого розмагнічування зразків температурою і змінним магнітним полем (відповідно чорні і сірі точки на рис. 1). Особлива увага була приділена зоні нижче прилуцького ґрунтового комплексу (РК₆), де за даними авторів [Tsatskin et al., 1998, 2001 та ін.] на глибині 34,0 м була виявлена зміна полярності геомагнітного поля – границя М/Б. В інтервалі глибин 34,0-54,5 м палеомагнітним методом було досліджено 128 рівнів при середньому кроці відбору зразків на цій ділянці 0,16 м. У ці дані ввійшли також результати дослідження 10 зразків із інтервалу глибин 34,0-42,0 м, що були продубльовані у двох інших розчистках, на яких працював колектив авторів [Tsatskin et al., 1998, 2001; Sartori, 2000; Dodonov et al., 2006].

Границя М/Б визначається на контакті ґрунтів лубенського й мартоноського горизонтів (за стратиграфічним розчленуванням [Богущкий та ін., 2013]) на глибині 46,6 м. Нижче всі зразки характеризуються оберненою полярністю ChRM-компоненти. У діапазоні глибин 38,0-46,6 м напрямки ChRM-компоненти 8 зразків за результатами Т-чистки вказують на обернену полярність, з них 3 зразки на ділянці 40,6-42,4 м (верхня частина завадівського ґрунту), де також 3 зразки-дублі тяжіють до оберненої полярності за даними Н-чистки. Відповідна цим зразкам зона оберненої полярності винесена на палеомагнітний розріз і умовно може бути зіставлена з магнітним епізодом Emperor/Big Lost, але для його однозначної інтерпретації недостатньо даних. На глибині 34,0-42,0 м результати дослідження зразків із двох інших розчисток вказують на пряму полярність ChRM-компоненти.

Це дозволяє оцінити вік формування товщі лесово-грунтових відкладів від верхніх горизонтів до лубенського ґрунту включно (0-46,6 м) у 780 тис. років. Нижче, починаючи від покрівлі мартоноського ґрунтового горизонту, відклади формувалися в епоху оберненої полярності Матуяма. Відсутність тут зразків із прямою полярністю (епізоду Харамільйо) дозволяє обмежити вік формування алювію VII тераси близько 1 млн років тому. Якщо зону оберненої полярності на рівні 40,6-42,4 м зіставити з магнітною подією Emperor/Big Lost, то вік покрівлі завадівського горизонту можна оцінити в 560-570 тис. років.

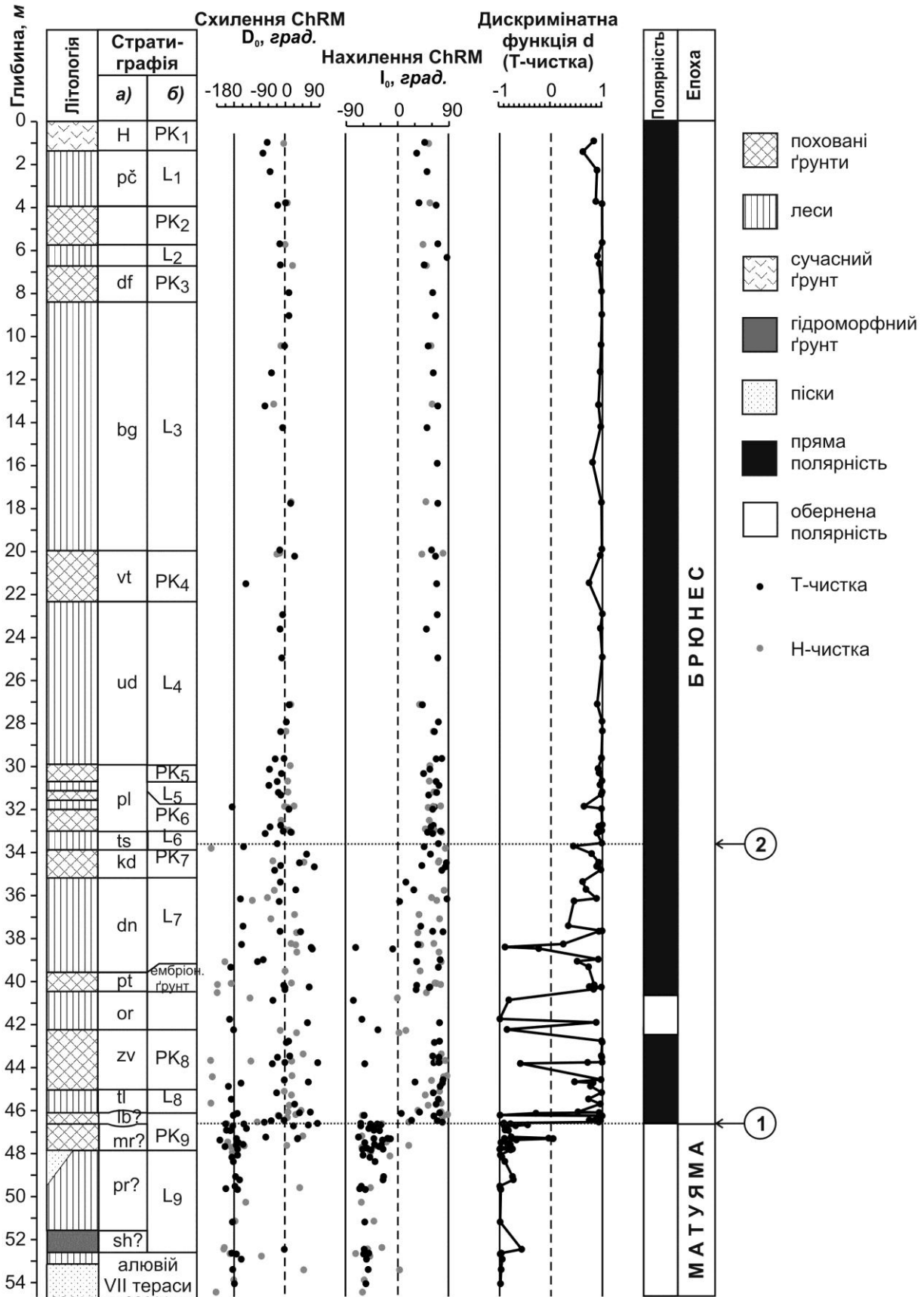


Рис. 1. Результати палеомагнітних досліджень розрізу Роксолани. Праворуч цифрами позначена границя Матуяма-Брюнес: 1 – за даними автора; 2 – згідно з [Tsatskin et al., 1998]. Стратиграфічна колонка: а) за [Богуцький та ін., 2013]; б) за [Tsatskin et al., 1998].

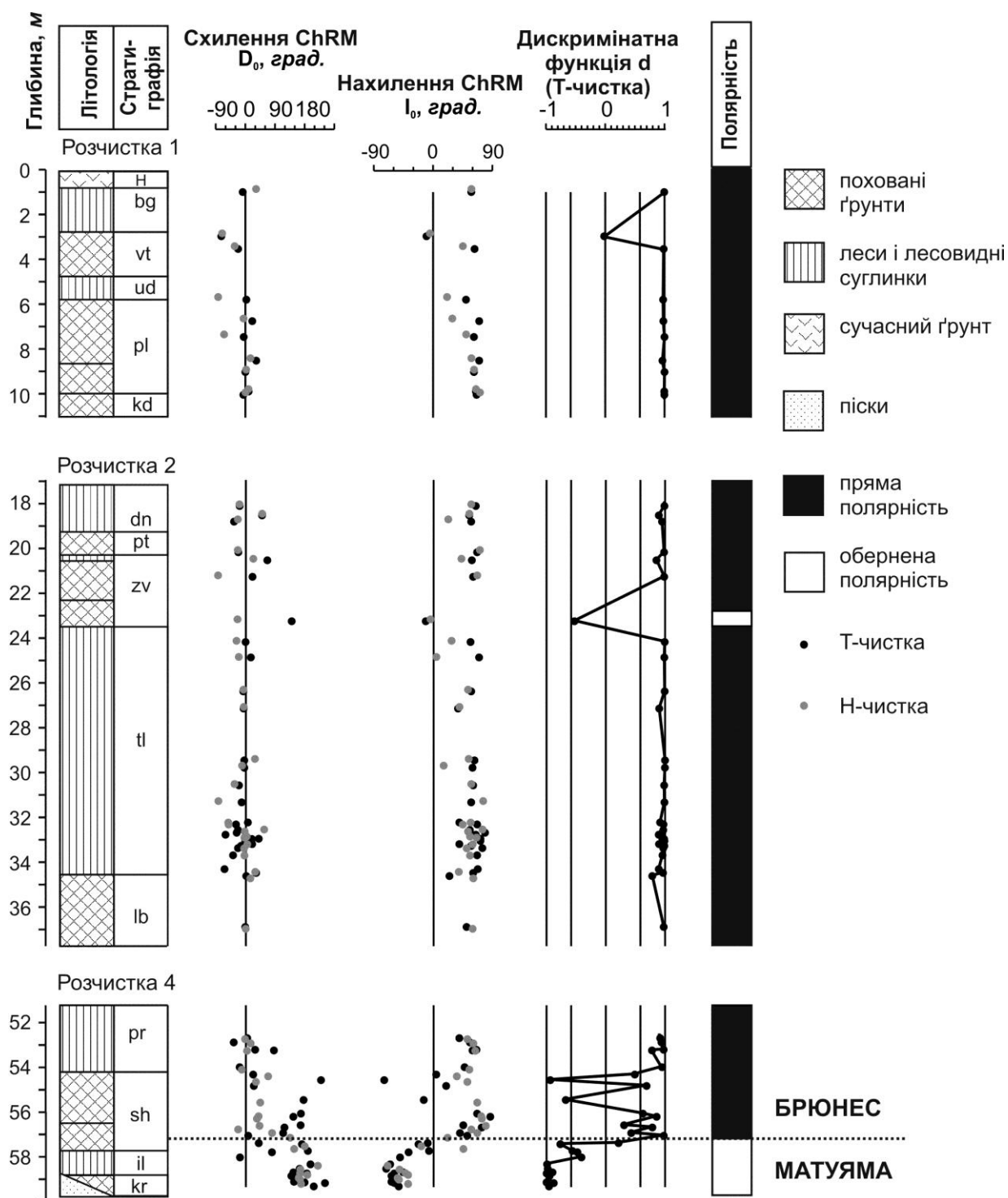


Рис. 2. Результати палеомагнітних досліджень розрізу В'язівок.

Нові результати не підтверджують дані, за якими границя М/Б знаходиться на глибині близько 34,0 м у тясминських лесах (L_6 , вище педокомплексу PK_7) [Tsatskin et al., 1998, 2001; Sartori, 2000; Dodonov et al., 2006], але відповідають сучасним уявленням українських геологів про стратиграфію четвертинних лесово-ґрунтових комплексів півдня України [Гожик, 2013 та ін.].

Розріз В'язівок. На рис. 2 приведені напрямки ChRM після Т-чистки і Н-чистки. За двома методами розмагнічування середнє значення схилення становить 356° і нахилення 63° для зразків вище 56,2 м. Лише два зразки з верхньої частини

широкінського горизонту і один із завадівського демонструють обернену полярність. Результати обох видів магнітної чистки вказують на зміну полярності на глибині 56,2 м у нижній частині широкинського ґрунтового горизонту (розчистка 4 на рис. 2), що інтерпретується як границя М/Б. Нижче середнє значення схилення і нахилення складає відповідно 166° і -56° . Субхрон Харамільйо (прямої полярності) у підшві розрізу не виявлено, тобто вік підшви не перевищує 1 млн років тому [Hlavatskyi, 2016].

У розрізах Роксолани і В'язівок на рівні завадівського горизонту декілька зразків без ознак порушень осадової текстури демонструють обернену полярність,

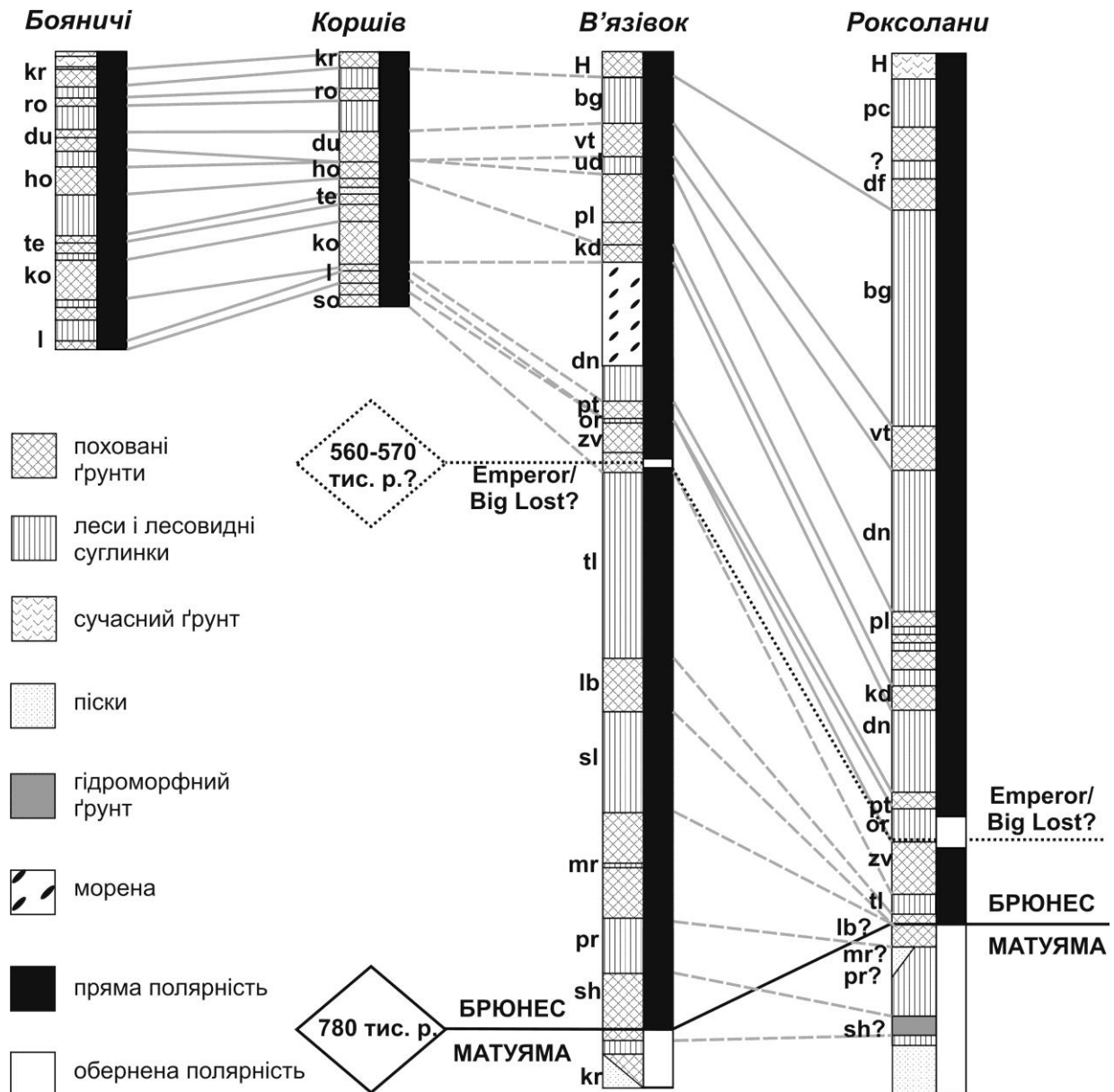


Рис. 3. Кореляція досліджених розрізів. Сірими суцільними лініями сполучені горизонти, у стратиграфічному розчленуванні яких немає суперечностей; штриховими – кореляція і/або розчленування яких вважається проблемним. Чорною суцільною лінією проведена кореляція розрізів В'язівок і Роксолани за встановленою границею Матуяма-Брюнес, а пунктирною – умовно зіставлено зони оберненої полярності (попередньо Emperor/Big Lost).

що може бути ознакою магнітного епізоду Emperor/Big Lost, вік якого оцінюється у 560-570 тис. років. Така ж зона оберненої полярності була раніше виявлена у завадівському горизонті розрізу Долинське [Бахмутов и др., 2005].

Положення границі М/Б у розрізах Роксолани і В'язівок за регіональними стратиграфічними схемами не співпадає (рис. 3). Це навряд чи можна пояснити затримкою магнітного «запису» у ґрунтах у процесі педогенезу. Більш ймовірно пояснення, що стратиграфічне розчленування одного з розрізів, ймовірно, Роксолани, виконано некоректно [Главацкий и др., 2016]. Стратиграфічний опис нижніх горизонтів у публікації [Богуцький та ін., 2013] самими ж авторами поставлений під знак питання, також автори не надали уваги «зайвому» верхньому ґрунту РК₂, який більше ніде в регіоні не описувався і насправді може виявитися давнішим, ніж вважається.

У зведеній кореляційній схемі (рис. 3) границя М/Б зіставлена із нижньою частиною широкінського горизонту на тій підставі, що стратиграфічне розчленування розрізу В'язівок не викликає суперечностей.

ВИСНОВКИ

Дослідження магнітних властивостей четвертинних лесово-ґрунтових відкладів, які відслонюються у розрізах Бояничі і Коршів (Волинська височина), Роксолани (Причорноморська низовина), В'язівок (Придніпровська низовина), дали змогу визначити просторово-часовий характер змін петромагнітних параметрів і провести достовірне магніостратиграфічне розчленування лесово-ґрунтових серій України.

1. За характером поведінки петромагнітних параметрів уперше запропоновано районування субаеральної формації України на «північну» і «південну» провінції. Встановлено, що магнітні властивості четвертинних лесово-ґрунтових відкладів розрізу Роксолани у «південній» провінції формувалися відповідно до «китайського» (педогенного) механізму, тобто за рахунок утворення дрібних суперпарамагнітних частинок. Магнітна сприйнятливість змінюється в залежності від літології, маючи підвищені значення у ґрунтах і понижені в лесах, а у магнітній фракції переважають дрібні псевдооднородні зерна. Така ж поведінка петромагнітних характеристик спостерігається у лесово-ґрунтових відкладах Китаю, Європи, Середньої Азії, Африки.

2. Магнітна сприйнятливість відкладів розрізів Бояничі, Коршів і В'язівок у «північній» провінції не залежить від літології, а у ґрунтах концентрація магнітожорстких мінералів підвищена. Виявлено значний вклад гематиту у залишкову намагніченість і парамагнітних мінералів у коерцитивні параметри. Це вказує на інший тип ґрунтоутворення, ніж у Причорномор'ї, що могло бути зумовлено близькістю розрізів Бояничі, Коршів і В'язівок до льодовикового щита. Подібний характер зміни магнітної сприйнятливості і магнітної жорсткості спостерігається також у лесово-ґрунтових серіях Польщі, Аргентини, Пакистану, Сибіру. За перерахованими ознаками відклади «північної» провінції віднесено до проміжного «сибірського» типу субаеральних відкладів із домінуванням вкладу педогенних чинників.

3. Лесово-грунтові товщі Волинської височини формувалися в епоху прямої полярності Брюнес, тобто їх вік менше 780 тис. років. У розрізах не виділено епізодів оберненої полярності та границі М/Б, тому виконати їх магніостратиграфічну кореляцію з лесово-грунтовими товщами інших регіонів неможливо.

4. У розрізах Роксолани і В'язівок встановлено границю М/Б. У розрізі Роксолани вона проходить на глибині 46,6 м на межі двох ґрунтів, які за стратиграфічним розчленуванням [Богуцький та ін., 2013] відповідають лубенському й мартоносському горизонтам. Це не підтверджує результати попередніх досліджень [Tsatskin et al., 1998, 2001 та ін.], в яких границю М/Б визначено в тясминському горизонті (L₆) на глибині 34 м. У розрізі В'язівок границю М/Б встановлено на глибині близько 56,2 м у нижній частині ґрунту, який за стратиграфічним розчленуванням [Matviishyna et al., 2001] належить до широкінського горизонту. У завадівському горизонті обох розрізів виявлено епізод оберненої полярності, ймовірно, Emperor/Big Lost (560-570 тис. років тому).

5. Для пояснення протиріччя у стратиграфічному положенні границі М/Б у розрізах Роксолани і В'язівок запропоновано дві гіпотези. Згідно з першою, мала місце затримка магнітного «запису» у ґрунтах, що пов'язано із впливом процесів педогенезу на магнітні характеристики, палеогеографічними особливостями формування вторинної намагніченості у різних провінціях. Згідно з другою, на думку автора, більш ймовірною, стратиграфічне розчленування одного з розрізів, а саме Роксолани, є некоректним і потребує уточнення. У зведеному магніостратиграфічному розрізі вивчених лесово-грунтових серій границя Матуяма-Брюнес зіставлена із нижньою частиною широкінського ґрунту, оскільки стратиграфічне розчленування розрізу В'язівок суперечностей не викликає.

Отримані результати удосконалюють уявлення про стратиграфію четвертинних лесово-грунтових товщ України і можуть бути використані фахівцями для корекції місцевих стратиграфічних схем і побудови палеогеографічних реконструкцій. Вирішення проблеми магніостратиграфічного положення границі Матуяма-Брюнес є одним із фундаментальних питань палеогеографії, стратиграфії і палеокліматології плейстоцену.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Бахмутов В.Г., Главацкий Д.В. Новые данные по границе Матуяма-Брюнес в разрезе Роксоланы. *Геологічний журнал*. Київ, 2014. № 2 (347). С. 73-84.
2. Бахмутов В.Г., Главацкий Д.В. Определение границы Матуяма-Брюнес по результатам палеомагнитных исследований разреза Роксоланы (Западное Причерноморье). *Доповіді Національної академії наук України*. Київ, 2014. № 10. С. 92-98.
3. Бахмутов В.Г., Главацкий Д.В. Проблемы магнитостратиграфии плейстоценовых лесово-почвенных отложений юга Украины. *Геофизический журнал*. Киев, 2016. Т. 38, № 4. С. 59-75.

4. **Главацкий Д.В.**, Кузина Д.М., Герасименко Н.П., Бахмутов В.Г. Петромагнетизм и палеомагнетизм четвертичных лессово-почвенных отложений разреза Вязовок (Приднепровская низменность). *Геофизический журнал*. Киев, 2016. Т. 38, № 6. С. 186-193.

Статті в іноземних виданнях та у виданнях України, що входять до міжнародних наукометричних баз

5. **Главацкий Д.**, Бахмутов В., Богуцький А., Волошин П. Петромагнетизм і палеомагнетизм субаеральних відкладів розрізів Бояничі і Коршів (Волинська височина). *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. Київ, 2016. № 1 (72). С. 43-51.

6. **Главацкий Д.** Интерпретация результатов петромагнитных и палеомагнитных исследований лессов Волинской возвышенности. *Научный взгляд в будущее*. Одесса, 2016. № 4, т. 5. С. 72-77.

7. **Glavatskyi D.** Determination of the Matuyama-Brunhes boundary in the loess-paleosol sequence at Vyazivok (Ukraine). *Научные труды Sworld*. Иваново, 2016. № 45, т. 9. С. 20-26.

8. Bakhmutov V.G., Kazanskii A.Yu., Matasova G.G., **Glavatskii D.V.** Rock magnetism and magnetostratigraphy of the loess-sol series of Ukraine (Roksolany, Boyanychi, and Korshev sections). *Izvestiya, Physics of the Solid Earth (Fizika Zemli)*. Pleiades Publishing Ltd., 2017. Vol. 53, № 6. P. 864-884.

Тези доповідей, матеріали конференцій, збірники наукових праць

9. **Главацкий Д.В.** Магнітостратиграфія плейстоцену Волинської височини. *II Всеукр. молодіжна конференція-школа «Сучасні проблеми геологічних наук»*, 12-15 квітня 2010 р., Київ, Україна.

10. **Главацкий Д.В.** Магнітостратиграфія та її роль у геології. *IV Всеукр. конференція-школа «Сучасні проблеми геологічних наук»*, 16-20 квітня 2012 р., Київ, Україна. GPH-33.

11. Бахмутов В.Г., **Главацкий Д.В.** Палеомагнитные исследования разреза Роксоланы: обзор предыдущих работ и новые предварительные результаты. *Лесовий покрив Північного Причорномор'я. Збірник наукових праць (до XVIII українсько-польського семінару. Роксолани, 8-13 вересня 2013 р.)*. Люблін: KARTPOL s.c. Lublin, 2013. С. 72-83.

12. **Главацкий Д.В.** Магнітостраграфія плейстоцену і границя Матуяма-Брюнес у лесово-грунтової формації України. *XIV Міжнародна Конференція «Геоінформатика: теоретичні та прикладні аспекти»*, 11-14 травня 2015 р., Київ, Україна.

13. **Главацкий Д.В.** Палеомагнітні дослідження плейстоценових відкладів лесово-грунтових розрізів України. *Тези доповідей XIX українсько-польського семінару «Леси і палеоліт Поділля» (м. Тернопіль, 23-27 серпня 2015 р.)*. Львів, 2015. С. 52-53.

14. **Главацкий Д.В.** Магнетизм лесового розрізу В'язівок (Полтавська обл.). *Матеріали VI Всеукраїнської молодіжної наукової конференції-школи «Сучасні проблеми геологічних наук» (м. Київ, 14-16 квітня 2016 р.)*. Київ, 2016. С. 99-102.

15. **Ilavatskyi D.V.**, Bakhmutov V.G. New data on the stratigraphic position of the Matuyama-Brunhes boundary in loess-palaesol sequence at Roxolany (Western Black Sea region). *International Conference on Paleomagnetism and Rock Magnetism (Kazan, 2-7 October, 2017): Book of abstracts*. Kazan: Kazan University Press, 2017. P. 33.

АНОТАЦІЯ

Главацький Д.В. Петромагнетизм і магніостратиграфія четвертинних лесово-грунтових відкладів України. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 04.00.22 – геофізика. – Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, 2017.

Отримано нові результати за петромагнітними характеристиками лесово-грунтових відкладів України на розрізах Бояничі і Коршів (Волинська височина), Роксолани (Причорноморська низовина) і В'язівок (Придніпровська низовина). Виконано оцінювання палеомагнітної інформативності порід для визначення магніостратиграфічних маркерів, на їх основі проведено кореляцію розрізів.

За розподілом магнітних параметрів, залежних від концентрації, складу, структури, доменного стану та інших характеристик магнітних мінералів, запропоновано районування субаеральної формації України на «північну» і «південну» провінції. Встановлено, що магнітні властивості відкладів південної провінції відповідають «китайському» педогенному механізму формування лесово-грунтових відкладів, а північної провінції – проміжному «сибірському» типу.

За результатами магніостратиграфічних досліджень визначено, що відклади Волинської височини формувалися під час епохи Брюнес, але їх магніостратиграфічна кореляція із четвертинними відкладами інших регіонів проблематична.

У розрізі Роксолани границю Матуяма-Брюнес встановлено на глибині 46,6 м на стику ґрунтів лубенського й мартоносського горизонтів, а у розрізі В'язівок – на глибині 56,2 м у нижній частині широкінського ґрунтового горизонту. Це протиріччя можна пояснити або затримкою магнітного «запису» у ґрунтах, або, що більш ймовірно, неточним стратиграфічним розчленуванням розрізу Роксолани.

Ключові слова: петромагнетизм, магніостратиграфія, границя Матуяма-Брюнес, палеомагнітний метод, плейстоцен, лесово-грунтова товща.

АННОТАЦИЯ

Главацкий Д.В. Петромагнетизм и магнитостратиграфия четвертичных лесово-почвенных разрезв Украины. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата геологических наук по специальности 04.00.22 – геофизика. – Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Киев, 2017.

Получены новые результаты по петромагнитным характеристикам лесово-почвенных отложений Украины на разрезах Боянычи и Коршев (Волинская

возвышенность), Роксоланы (Причерноморская низменность) и Вязовок (Приднепровская низменность). Выполнена оценка палеомагнитной информативности пород для определения магнитостратиграфических маркеров, на их основе выполнена корреляция разрезов.

По магнитным параметрам, которые отражают концентрацию, состав, структуру, доменное состояние и другие характеристики магнитных минералов, предложено разделение субаэральной формации четвертичных отложений Украины на «северную» и «южную» провинции. Установлено, что магнитные свойства отложений южной провинции соответствуют «китайскому» педогенному механизму формирования лессово-почвенных отложений, а северной провинции – промежуточному «сибирскому» механизму.

По результатам магнитостратиграфических исследований определено, что отложения Волынской возвышенности формировались в эпоху Брюнес, но их магнитостратиграфическая корреляция с четвертичными отложениями других регионов проблематична.

В разрезе Роксоланы границу Матуяма-Брюнес установлено на глубине 46,6 м на стыке почв лубенского и мартоношского горизонтов, а в разрезе Вязовок – на глубине 56,2 м в нижней части широкинского почвенного горизонта. Такое противоречие объясняется либо задержкой магнитной «записи» в почвах, либо, что более вероятно, неточным стратиграфическим расчленением разреза Роксоланы.

Ключевые слова: петромагнетизм, магнитостратиграфия, граница Матуяма-Брюнес, палеомагнитный метод, плейстоцен, лессово-почвенная толща.

ABSTRACT

Hlavatskyi D.V. Rock magnetism and magnetostratigraphy of Quaternary loess-paleosol sediments of Ukraine. – Manuscript.

The thesis for the degree of Candidate of Geological Sciences (Ph.D.), specialty 04.00.22 – geophysics. – S.I. Subbotin Institute of Geophysics, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2017.

Actual problems of Quaternary stratigraphy, magnetostratigraphy and petromagnetic properties of the loess-soil sequences of Ukraine are quoted in the thesis.

Previous rock magnetic and paleomagnetic studies of Quaternary loess-soil deposits in Ukraine are described in [Tretyak, Vigilyanskaya, 1994; Bogucki et al., 1995; Nawrocki et al., 1996; 1999; 2003; Sartori, 2000; Evans, Heller, 2003; Gendler et al., 2006; Rossenau et al., 2011; Bakhmutov, Hlavatskyi, 2013; 2014; Necula et al., 2015]. However they show different results in the stratigraphic position of the Matuyama-Brunhes boundary.

New data were obtained from Quaternary key sections of Ukraine: Boyanychi and Korshiv (Volhynian Upland), Roxolany (Black Sea Lowland) and Vyazivok (Dnieper Lowland). The magnetic parameters of 8240 specimens which represent all Pleistocene and Holocene stratigraphic loess-soil horizons were measured using modern highly precise equipment in geomagnetic laboratories of Ukraine, Russia, Poland and Norway.

According to the magnetic parameters which dependent on concentration, composition, structure, domain state and other characteristics of the magnetic minerals,

the zoning into "northern" and "southern" provinces of the subaerial formation of Quaternary deposits of Ukraine is proposed.

The formation of the magnetic properties of soils in all studied sections followed the Chinese (pedogenic) scenario. However, this mechanism had different intensity in the paleosols of the different sections, which probably depends on the particular pattern of the pedogenic processes. The variations in NRM and magnetic susceptibility in the Boyanychi and Korshiv sections mainly barely depend on lithology. Therefore the loess-soil sequence of the Volhynian Upland can neither be attributed to the purely Alaskan nor purely Chinese type, and the northern province is closer to the intermediate "Siberian" type.

The paleomagnetic results for the Roxolany section uncover fundamental contradictions in the magnetostratigraphic reconstructions obtained by different authors, which are based on the determination of the Matuyama-Brunhes boundary's position. According to new results this boundary is located at a depth of 46.6 m at the contact of buried soils of the Lubny and Martonosha horizons. This is consistent with the present-day notions of the group of Ukrainian scientists about the Quaternary stratigraphy of the south of Ukraine and inconsistent with the previous results that placed this boundary at a depth of 34 m in loesses L_6 above the PK_7 level.

The Matuyama-Brunhes boundary was also defined at Vyazivok section. It lies at a depth of 56.2 m in the lower part of Shyrokino paleosol horizon. The position of this boundary in Roxolany and Vyazivok sections is controversial following by local stratigraphic schemes, which can be explained both of peculiarities of magnetic "record" in soil and incorrect stratigraphic subdivision of Roxolany section.

The short reversed polarity zone within the Brunhes chron which was revealed in Roxolany and Vyazivok sections in Zavadiivka soil probably refers to Emperor/Big Lost event (560-570 ka).

The Matuyama-Brunhes boundary or any short reversed-polarity episode were not determined in the Volhynian Upland sections. Therefore, magnetostratigraphic correlation of Boyanychi and Korshiv sections with other loess-soil sequences looks like impossible.

Key words: rock magnetism, magnetostratigraphy, Matuyama-Brunhes boundary, paleomagnetic method, Pleistocene, loess-soil sequence.