

## Петромагнетизм и палеомагнетизм четвертичных лессово-почвенных отложений разреза Вязовок (Приднепровская низменность)

© Д. В. Главацкий<sup>1</sup>, Д. М. Кузина<sup>2</sup>, Н. П. Герасименко<sup>3</sup>, В. Г. Бахмутов<sup>1</sup>, 2016

<sup>1</sup>Институт геофизики НАН Украины, Киев, Украина

<sup>2</sup>Казанский федеральный университет, Казань, Россия

<sup>3</sup>Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина

Поступила 8 сентября 2016 г.

Представлено членом редколлегии О. Б. Гинтовым

Наведено результати петромагнітних і палеомагнітних досліджень лесово-грунтового розрізу В'язовок (Придніпровська низовина). Зміни природної залишкової намагніченості і магнітної сприйнятливості не корелюють з літологією. Породи характеризуються високою стабільністю до розмагнічування змінним магнітним полем і температурою через наявність магнітно-жорсткого мінералу — гематиту, а також інших мінералів заліза (магнетиту і магеміту). Парамагнітні мінерали істотно впливають на намагніченість і дуже спотворюють параметри петлі гістерезису та інші магнітні властивості порід. Характеристичній компоненті намагніченості властива пряма полярність для зразків до глибини 56,2 м у межах нижньої частини ширококинського ґрунтового горизонту. У підшві розрізу всі зразки демонструють обернену полярність. Обґрунтовано, що межа Матуяма—Брюнес зіставляється з цим горизонтом. Положення межі Матуяма—Брюнес у розрізах Роксолани і В'язовок не збігається за місцевими стратиграфічними схемами, що може бути пояснено або затримкою «магнітного запису» у ґрунтах, або неточним стратиграфічним розчленуванням розрізу (ймовірно Роксолани).

**Ключові слова:** розріз В'язовок, межа Матуяма—Брюнес, палеомагнітний метод, магнітна мінералогія, плейстоцен, лесово-грунтова послідовність.

**Введение.** Магнитные характеристики горных пород являются чувствительным индикатором изменений окружающей среды и климата [Evans, Heller, 2003]. Для четвертичных континентальных отложений наиболее полные архивы климатических изменений содержатся в магнитных свойствах лессово-почвенной серии. К настоящему времени на территории Украины изучены магнитные свойства более чем в 10 лессово-почвенных разрезах [Бахмутов, Главацкий, 2016]. Однако основным параметром при этих исследованиях являлась магнитная восприимчивость, тогда как остальные петромагнитные параметры были изучены на единичных образцах некоторых разрезов.

В настоящей статье представлены результаты исследований магнитных свойств разреза Вязовок с целью анализа закономерностей изменения петромагнитных характеристик четвертичных лессово-почвенных толщ Украины и определения ключевых стратиграфических палеомагнитных маркеров, в частности границы Матуяма—Брюнес.

Разрез четвертичных отложений Вязовок (49°33' с.ш., 32°98' в.д.) расположен в с. Вязовок Лубенского района Полтавской области в 8 км на юг от г. Лубны, на правом берегу р. Сулы, притоке Днепра. Разрез Вязовок — один из наиболее полных и хорошо изученных четвертичных разрезов Украины. Он характеризуется последовательностью хорошо развитых почв и мощных лессовых толщ общей мощностью почти 59 м. Детальная литолого-стратиграфическая характеристика представлена в работах [Веклич и др., 1967; Matviishina et al., 2001; Rousseau et al., 2011].

**Методика исследований.** Для петромагнитных исследований было отобрано 25 типичных образцов со всех горизонтов палеопочв и лессов, для палеомагнитных — 59 ориентированных образцов-монолитов с целью ступенчатого размагничивания магнитным полем (*H*-чистка) и 70 образцов из тех же или ближайших уровней для поэтапного размагничивания температурой (*T*-чистка). Измерения магнитно-минералогических параметров выполнялись в

лаборатории Палеомагнетизма и магнетизма горных пород Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского федерального университета. Палеомагнитные исследования проводились на магнитометрической аппаратуре Института геофизики НАН Украины.

Измерения температурной зависимости магнитной восприимчивости отобранных образцов проводились с помощью мультифункционального каппа-моста МФКА1-ФА, режим съемки от комнатной температуры до 700 °С при частоте 976 Гц. По всем образцам коллекции были получены кривые нормального намагничивания до поля 1,5 Тл. Для измерений использован коэрцитивный спектрометр J-meter [Yasonov et al., 1998]. Подготовка образцов к измерениям включала в себя измельчение в немагнитной агатовой ступке и упаковку в специализированные бумажные контейнеры. После этого каждый образец взвешивался, вес образца учитывался при измерениях.

Измерения объемной магнитной восприимчивости выполнялись на каппа-мостике МФК1-В, а естественной остаточной намагниченности — на спин-магнитометре JR-6. Для исключения эффекта подмагничивания магнитометр был размещен в немагнитной комнате MMLFC. Образцы подвергались стандартным процедурам магнитной чистки: ступенчатому терморазмагничиванию в установке MMTD80, также расположенной в немагнитной комнате, а образцы-дубли — размагничиванию переменным магнитным полем на установке LDA-3А. Для выделения направлений характеристической компоненты намагниченности (ChRM) использовалась программа Remasoft 3.0, расчеты компонент намагниченности выполнялись отдельно для каждого образца методом наименьших квадратов.

**Результаты петромагнитных исследований.** Средние значения естественной остаточной намагниченности разреза Вязовок  $J_n$  вдвое ниже, чем на разрезах северо-западной Украины (Боянычи, Коршев [Главацкий та ін., 2016]), и втрое ниже, чем южной Украины (Роксоланы [Бахмутов и др., 2014]), колеблясь в диапазоне 1—10 мА/м. Значения  $J_n$  не зависят от литологии: минимальные значения (1—3 мА/м) присущи лессам бугского, почвам завадовского лубенского и крыжановского горизонтов, максимальных значений (выше 5 мА/м) остаточная намагниченность достигает в лессах из нижней части днепровского горизонта, почвах витачевского, кайдакского и широкинского горизонтов.

Значения объемной магнитной восприимчивости (МВ,  $\chi$ ) аналогичны таковым в других лессово-почвенных разрезах Украины и колеблются в пределах  $50—780 \times 10^{-6}$  ед. СИ. Низкие значения МВ ( $50—150 \times 10^{-6}$  ед. СИ) характерны для почв из кайдакского, лубенского, крыжановского горизонтов, а также лессов со всей толщи тилигульского, приазовского и нижней части днепровского горизонтов. Самые высокие средние значения магнитной восприимчивости типичны для почв из завадовского и широкинского горизонтов (более  $500 \times 10^{-6}$  ед. СИ). Величины фактора Кенигсбергера  $Q$  (отношение естественной остаточной намагниченности образца к его индуктивной намагниченности) максимальны для кайдакского почвенного горизонта и составляют 2,1. Это может свидетельствовать об интенсивных педогенных процессах и образовании тонкозернистых магнитных минералов (био-) химического происхождения. Для остальных толщ значения  $Q$  в основном составляют 0,4—0,5.

На кривых температурных зависимостей удельной магнитной восприимчивости  $\chi(T)$  и для лессов, и для почв фиксируется точка Кюри магнетита (580 °С). Также на большинстве кривых  $\chi(T)$  присутствует выраженный пик в районе 250—350 °С, который можно интерпретировать как присутствие в образцах магнетита, который при нагреве до этих температур переходит в гематит, а при недостатке кислорода может частично восстанавливаться до магнетита [Матасова, 2006]. Почти все кривые охлаждения  $\chi(T)$  идут гораздо выше кривых нагрева. Предположительно, увеличение  $\chi$  происходит за счет превращения при нагреве первично слабомагнитных (парамагнетиков и диамагнетиков) глинистых и силикатных минералов в сильномагнитные (магнетит). Исключение составляют образцы лессов из приднепровского и тилигульского горизонтов, при нагреве которых кривая охлаждения почти повторяет кривую нагрева, свидетельствуя об отсутствии минералогических изменений и при нагревах.

На всех кривых изотермической остаточной намагниченности  $SIRM_1(T)$  первого нагрева у подавляющего количества образцов выделяются деблокирующие температуры в диапазоне 550—590 °С, после нагрева выше 670 °С SIRM полностью разрушается или остается небольшая часть SIRM (0—10 %). В большинстве образцов из разных горизонтов почв и лессов фиксируется гематит. Точки Кюри магнетита хорошо прослеживаются на кривых образцов

лессов из днепровского, бугского, приазовского горизонтов. На кривых повторного нагрева фиксируется присутствие гематита.

Для определения магнитной жесткости и доменного состояния зерен магнитной фракции анализировались параметры магнитного гистерезиса  $B_{cr}$ ,  $B_{cr'}$ ,  $J_s$ ,  $J_{rs'}$ , которые зависят от состава, концентрации магнитной фракции, формы и размеров магнитных зерен. Отношения этих параметров ( $B_{cr'}/B_{cr}$ ,  $J_{rs'}/J_s$ ) характеризуют преобладающие размеры магнитных частиц и/или соотношения магнитных фракций различной доменной структуры. Общепринятой формой представления этих характеристик является диаграмма Дея—Данлопа [Dunlop, 2002].

На диаграмме Дея—Данлопа (рис. 1) фигуративные точки палеопочвенных образцов располагаются в интервале значений  $B_{cr'}/B_{cr}$  от 2,5 до 3,9, а лессовых — в промежутке от 3,3 до 4,4. Соотношения  $J_{rs'}/J_s$  для почв составляют от 0,14 до 0,33, для лессов несколько ниже — от 0,11 до 0,15. Все образцы компактно располагаются в псевдооднородной области (с незначительным тяготением лессов к многодоменной области) и в соответствии с реферативной кривой Данлопа [Dunlop, 2002] содержат от 15 до 25 % однодоменных частиц в общем ансамбле ферромагнитных зерен (см. рис. 1).

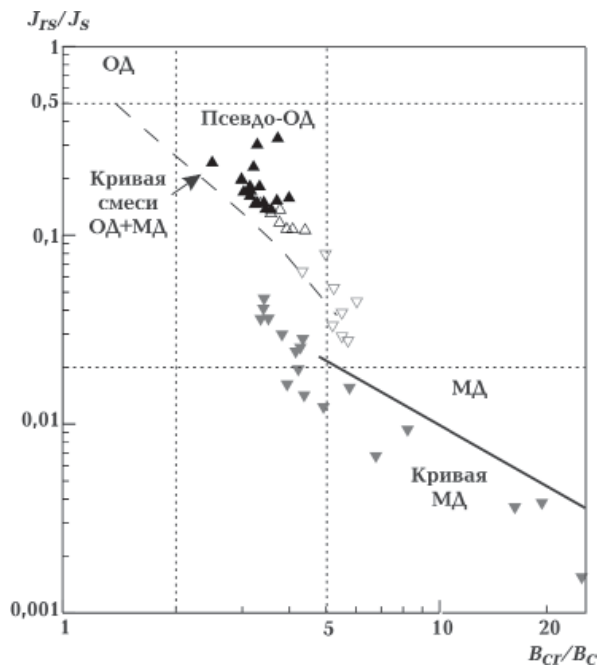


Рис. 1. Диаграмма Дея—Данлопа образцов лессов (полые фигуры) и почв (затитые фигуры) с разреза Вязовок до (перевернутые серые треугольники) и после (прямые черные треугольники) поправки на парамагнитный фон.

Важным вопросом является определение вклада парамагнитной составляющей, поскольку исследования лессово-почвенных отложений Европы и Китая показали, что вклад парамагнитных минералов в магнитную восприимчивость, в естественную остаточную намагниченность, а в высоких полях в коэрцитивную силу и остаточную намагниченность насыщения может быть значительным и составлять до 90 % [Матасова, 2006]. Недоучет парамагнитной составляющей может сильно исказить выводы относительно размеров магнитных зерен.

В разрезе Вязовок величина парамагнитной восприимчивости колеблется в пределах  $2,41\text{--}7,59 \times 10^{-8} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1}$  и составляет в среднем в почвах  $5,18 \times 10^{-8} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1}$ , в лессах  $4,05 \times 10^{-8} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1}$ . Вклад парамагнитной составляющей в общую восприимчивость высок: отношение  $\chi_{\text{par}}/\chi$  в горизонтах палеопочв составляет в среднем 37 %, достигая 80 % в лубенском ( $l_{b2}$ ) и крыжановском (kr) горизонтах. Доля парамагнитной компоненты восприимчивости в лессах составляет в среднем 35% без значительных колебаний по разрезу.

Аналогичные расчеты были сделаны для полной намагниченности  $J_{\text{max}}$  в поле 1,5 Тл. Вклад парамагнитной составляющей  $J_{\text{par}}$  в полную намагниченность значителен и в целом одинаков в почвенных (в среднем 87 %, а в лубенском горизонте до 99 %) и лессовых (84 %) горизонтах. Очевидно, заметное влияние на такие высокие значения парамагнитной составляющей вносит гематит, особенно в погребенных почвах. К сожалению нельзя представить отдельно степень влияния парамагнитных минералов и гематита на полную намагниченность  $J_{\text{max}}$ .

Влияние парамагнитных минералов при оценке параметров петли гистерезиса наглядно продемонстрировано на диаграмме Дея—Данлопа (см. рис. 1). Без поправки на парамагнитный фон общая картина кардинально искажается: все значения перемещаются в сторону многодоменной области, что особенно выражено для почв с огромным спектром коэрцитивных отношений (от 3,3 до 23,9). После удаления парамагнитного вклада (рассчитанного по уклону линейной части гистерезиса в поле 0,25—0,3 мТл) наблюдается компактная группа гистерезисных отношений в псевдооднородной области.

**Результаты палеомагнитных исследований.** Для выделения компонент остаточной намагниченности образцов лессов и почв вы-

полнялась стандартная процедура размагничивания переменным магнитным полем при 12—15 шагах размагничивания до 100 мТл (*H*-чистка) и ступенчатое размагничивание температурами 210°, 240°, 270° и 300 °С с измерением остаточной намагниченности и магнитной восприимчивости после каждого шага размагничивания (*T*-чистка). Измерять намагниченность образцов-монолитов после нагревов выше 300 °С не представлялось возможным из-за их разрушения. Всего было размагничено переменным магнитным полем 59, а температурой — 70 образцов из всех горизонтов лессов и почв.

Нормированные кривые  $J/J_0$  показали, что в отложениях практически всех толщ разреза Вязовок присутствует магнитно-жесткая составляющая, которая в среднем по разрезу составляет 30 % после размагничивания полем 20—80 мТл и температурой 270—300 °С от первоначальной намагниченности. В некоторых горизонтах — как почвенных, так и лессовых — вклад этой высококоэрцитивной компоненты очень высок: даже под воздействием магнитного поля 80 мТл во многих образцах из кайдакского почвенного, бугского и приазовского лессовых горизонтов остается более 50 % начальной остаточной намагниченности. Еще больше образцов оказались стабильны к воздействию температуры. После нагрева температурой 300 °С 45 % первоначальной намагниченности остается в почвах прилуцкого горизонта, 70—80 % в почвах кайдакского горизонта, 30—60 % в лессах тилигульского горизонта, 55 % в нижней части лубенской почвы, 50—70 % в большинстве образцов с илиичевского и крыжановского горизонтов. Такое преобладание высококоэрцитивной компоненты намагниченности может свидетельствовать о большом вкладе в общую намагниченность минерала гематита.

Кроме того, треть всех образцов теряет 80 % своей остаточной намагниченности уже после размагничивания магнитным полем 15—20 мТл. К ним относятся образцы из почвенных горизонтов: верхней части прилуцкого, с потягайловского, завадовского, широкинського и крыжановского горизонтов. Есть и образцы, в которых остается только 5—15 % от первоначальной намагниченности после нагрева до 270—300 °С. Это в основном также почвы витачевского, верхней части прилуцкого, потягайловского, завадовского, верхней части лубенского, широкинського горизонтов. В этих почвенных горизонтах должно быть полное преобладание магнетита.

На рис. 2 представлены результаты определения направления характеристической компоненты намагниченности ( $ChRM$ ), рассчитанные после *H*-чистки и *T*-чистки (преимущественно из одних и тех же уровней). Среднее направление по всем образцам выше 56,2 м равно 63° для наклоения и 356° для склонения. Только в трех образцах выше 56,2 м (два с верхней части широкинського горизонта и один из завадовского горизонта), которые были размагничены температурой, наблюдается обратная полярность, что отображено в правой части рис. 2 дискриминантной функцией, рассчитанной по алгоритму [Man, 2008].

Результаты ниже глубины 56,2 м, соответствующей нижней части широкинської почвы, после обоих видов магнитных чисток четко указывают на смену полярности с прямой на обратную, что интерпретируется нами как граница Матуяма—Брюнес (М/Б). Средние результаты по наклоению и склонению равны соответственно –56° и 166°.

Граница между эпохой обратной полярности геомагнитного поля Матуяма и эпохой прямой полярности Брюнес считается ключевым магнитостратиграфическим репером плейстоцена. Ее возраст, определенный по изверженным породам, оценивается около 780 тыс. лет, а в осадочных отложениях ее положение сопоставляется с биостратиграфическими подразделениями, выделенными и в глубоководных, и в континентальных осадках. По изотопно-кислородной шкале эта граница попадает в 19-ю межледниковую изотопно-кислородную стадию глубоководных осадков MIS19 (Marine oxygen isotope stage 19).

Во многих исследованиях, посвященных магнетизму евроазиатских лессово-почвенных толщ, отмечается «плавающее» положение этой границы, обусловленное процессами намагничивания и «задержкой» фиксации направления остаточной намагниченности в породе. Вероятно, именно в связи с этим положение границы М/Б в лессово-почвенных толщах Центральной Европы определялось как в интергляциальных палеопочвах, так и в лессах [Бахмутов и др., 2016].

Согласно современным представлениям, на стратиграфической схеме четвертичных отложений Украины [Гожик, 2013] граница М/Б соответствует мартоношскому горизонту. Однако, если проанализировать местоположение границы М/Б в разных разрезах, очевидны кардинальные расхождения. Кроме того, есть расхождения и в определении границы

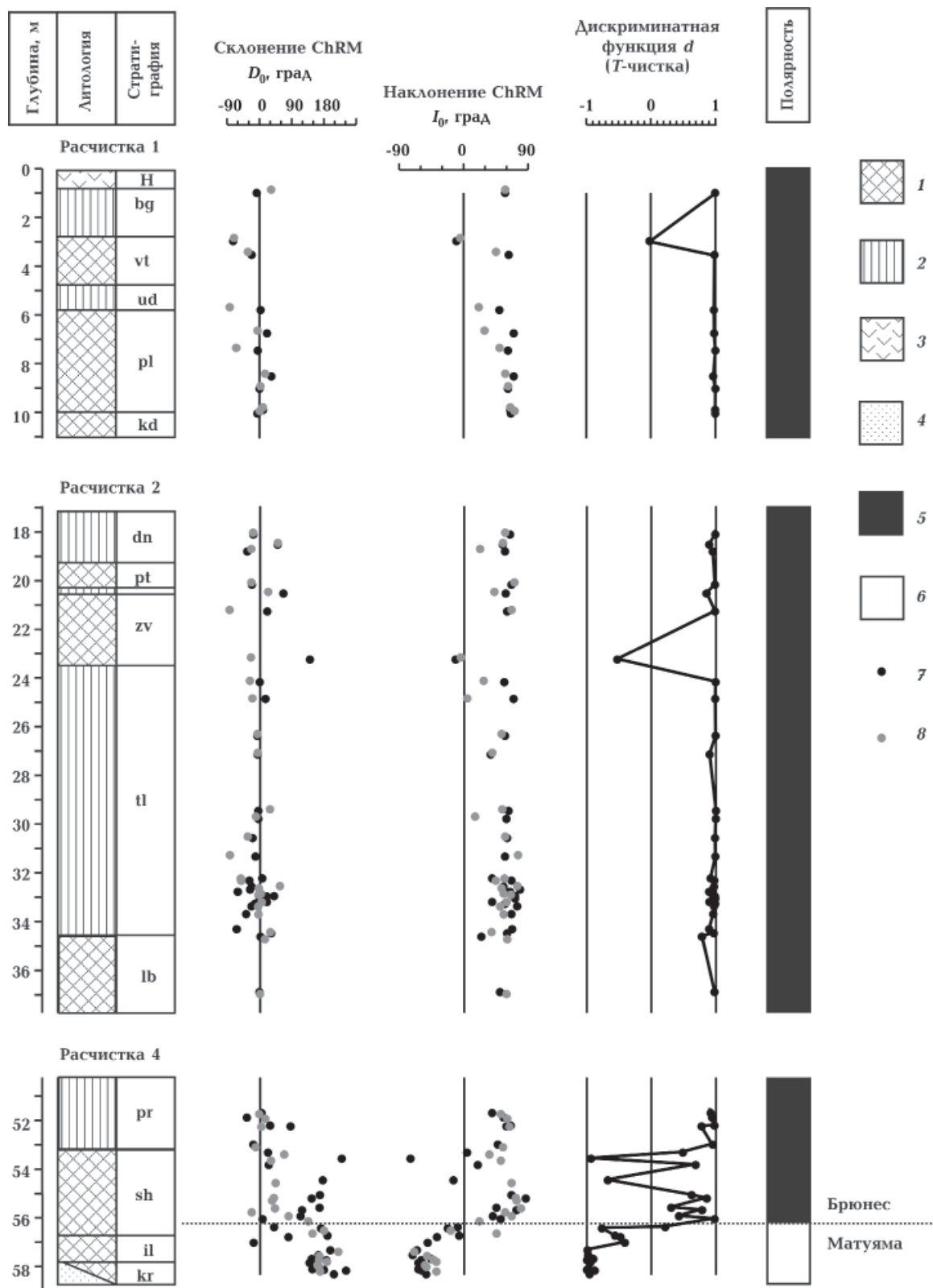


Рис. 2. Результаты палеомагнитного изучения разреза Вязовок. 1 — погребенные почвы, 2 — лессы, 3 — современная почва, 4 — пески, 5 и 6 — прямая и обратная полярности, 7 и 8 — T- и H-чистки. Стратиграфические горизонты: Н — голоценовый, bg — бутский, vt — витачевский, ud — удайский, pl — прилуцкий, kd — кайдакский, dn — днепровский, pt — потягайловский, zv — завадовский, tl — тилигульский, lb — лубенский, pr — приазовский, sh — широкинский, il — илличевский, kr — крыжановский.

в рамках одного разреза по данным разных авторов. Последнее наглядно демонстрирует серия работ на разрезе Роксоланы [Бахмутов, Главацкий, 2014].

Недавние палеомагнитные исследования разреза Роксоланы авторами [Бахмутов, Главацкий, 2014] определили границу М/Б на глубине 46,6 м на стыке погребенных почв лубенского и мартоношского горизонтов. В целом это согласуется с представлениями о стратиграфии четвертичных толщ юга Украины [Гожик, 2013]. Но в разрезе Вязовок ее местоположение соответствует нижней части ширококинской почвы. Такое расхождение в местоположении границы на стратотипичных разрезах Роксоланы и Вязовок можно объяснить двумя причинами.

Первая — климатостратиграфическое противоречие, связанное с удревнением ее положения в разрезе Вязовок, что может быть связано с влиянием вторичных процессов намагничивания на палеомагнитную запись. Кроме того, это можно объяснить особенностями не магнитной записи, а палеоклиматической интерпретации условий формирования горизонтов лессов и почв в различных регионах.

Вторая — стратиграфическое расчленение разрезов (либо одного из разрезов) не соответствует действительности. По нашему мнению, это касается разреза Роксоланы, где авторами

[Богущий та ін., 2013] расчленение нижней части разреза представлено только предварительно.

**Выводы.** 1. Изменения естественной остаточной намагниченности и магнитной восприимчивости в целом не коррелируют с литологией разреза.

2. Магнитно-минералогические исследования указывают на значительный вклад магнитно-жесткого минерала — гематита. Также присутствуют магнетит и маггемит. На диаграмме Дея—Данлопа все образцы из лессовых и почвенных горизонтов попадают в псевдооднородную область.

3. Вклад парамагнитных минералов в максимальную намагниченность значителен (до 99 %) и сильно влияет на оценку преобладающих размеров зерен магнитной фракции и связь гистерезисных параметров с вещественным составом, литологией разреза.

4. Граница Матуяма—Брюнес определена на глубине около 56,2 м в нижней части ширококинской почвы.

5. Противоречия в определении границы Матуяма—Брюнес в разрезах Роксоланы и Вязовок можно объяснить либо удревнением в последнем магнитной записи, либо неверным стратиграфическим расчленением одного из разрезов (вероятно, разреза Роксоланы).

### Список литературы

- Бахмутов В., Главацкий Д. Новые данные по границе Матуяма—Брюнес в разрезе Роксоланы. *Геолог. журн.* 2014. № 2. С. 73—84.
- Бахмутов В., Главацкий Д. Проблемы магнитостратиграфии плейстоценовых лессово-почвенных отложений юга Украины. *Геофиз. журн.* 2016. Т. 38. № 4. С. 59—74.
- Богущий А., Ланчонт М., Гожик П., Комар М. Лесовий розріз Роксолани: розташування, історія досліджень, характеристика відкладів. В кн.: *Лесовий покрив Північного Причорномор'я*. Люблін, 2013. С. 47—58.
- Веклич М. Ф., Артюшенко А. Т., Сиренко Н. А., Дубняк В. А., Мельничук И. В., Паришкура С. И. Опорные геологические разрезы антропогена Украины. Киев: Наук. думка, 1967. С. 13—50.
- Главацкий Д., Бахмутов В., Богущий А., Волошин П. Петромагнетизм і палеомагнетизм субаеральних відкладів розрізів Бояничі і Коршів (Волинська височина). *Вісник КНУ. Геологія*. 2016. № 1(72). С. 43—51.
- Гожик П. До питання вивчення розрізу Роксолани. В кн.: *Лесовий покрив Північного Причорномор'я*. Люблін, 2013. С. 17—33.
- Матасова Г. Г. Магнетизм позднеплейстоценовых лессово-почвенных отложений Сибирской субаеральной формации: Дис. ... д-ра геол.-мин. наук. Новосибирск, 2006. 276 с.
- Dunlop D. J., 2002. Theory and application of the Day plot (Mrs/Ms versus Hcr/Hc) 2. Application to data for rocks, sediments and soils. *J. Geophys. Res.* 107, 1582.
- Evans M. E., Heller F., 2003. Environmental Magnetism. Principles and Applications of Enviromagnetics. New York: Academic Press. 299 p.
- Man O., 2008. On the identification of magnetostratigraphic polarity zones. *Studia Geophysica et Geodaetica*. 52, 173—186.
- Matviishina Zh., Mel'nichuk I., Perederyi V., Gerasimenko N., 2001. Vyazivok section. *The Ukraine Quaternary explored. Excursion guide of the SEQS 2001 conference, Ukraine*. 23—36.

- Rousseau D.-D., Gerasimenko N., Matviischina Zh., Kukla G., 2001. Late Pleistocene Environments of the Central Ukraine. *Quaternary Res.* 56, 349—356. doi:10.1006/qres.2001.2270
- Yassonov P. G., Nourgaliev D. K., Burov B. V., Heller F., 1998. A modernized coercivity spectrometer. *Geologica Carpathica* 49, 224—226.

## Petromagnetism and palaeomagnetism of Quaternary loess-soil sediments of Vyazivok section (Dnieper Lowland)

© D. V. Havatskyi, D. M. Kuzina, N. P. Gerasimenko, V. G. Bakhmutov, 2016

The results of petromagnetic and palaeomagnetic research of Vyazivok loess-paleosol sequence (Dnieper Lowland) are presented. Variations of natural remanent magnetization and magnetic susceptibility are not correlated with lithology. The rocks are characterized by high stability to alternating magnetic field demagnetization and temperature demagnetization due to the presence of highly coercive magnetic mineral — hematite. The other ferromagnetic minerals (magnetite and maghemite) are also presented. The paramagnetic minerals have a significant influence to magnetization and strongly affect to hysteresis loop parameters and other magnetic properties of rocks. The characteristic components of magnetization are characterized by normal polarity of samples above 56.2 m depth within the lower part of Shyrokino soil horizon. At the bottom of the section all samples demonstrate the reverse polarity. We proved that the Matuyama—Brunhes inversion is correlated with this level. The position of Matuyama—Brunhes boundary in Roxolany and Vyazivok sections are controversial following the local stratigraphy schemes, which can be explained either by delay of «magnetic record» in soil or incorrect stratigraphic subdivision of section (probably Roxolany).

**Key words:** Vyazivok section, Matuyama—Brunhes boundary, palaeomagnetic method, magnetic mineralogy, Pleistocene, loess-soil sequence.

### References

- Bakhmutov V., Glavatskiy D., 2014. New data about Matuyama—Brunhes boundary in Roxolany section. *Geologichnyy zhurnal* (2), 73—84 (in Russian).
- Bakhmutov V., Glavatskiy D., 2016. Problems of magnetostratigraphy of Pleistocene loess-soil deposits of the South of Ukraine. *Geofizicheskiy zhurnal* 38(4), 59—74 (in Russian).
- Bogutskyy A., Lanchont M., Gozhik P., Komar M., 2013. Loess Roxolany section: location, history of studies, characteristics of deposits. In: *Loess-covering of the North Black Sea region*. Lublin, P. 47—58 (in Ukrainian).
- Veklich M. F., Artyushenko T. A., Sirenko N. A., Dubnyak V. A., Melnichuk I. V., Parishkura S. I., 1967. Key sections of the antropogene of Ukraine. Kiev: Naukova Dumka, P. 13—50 (in Russian).
- Hlavatskiy D., Bakhmutov B., Bogutskyy A., Voloshin P., 2016. Petromagnetism and Paleomagnetism subaerial deposits of Boyanychi and Korshiv sections (Volyn Upland). *Visnyk KNU. Geologiya* (1), 43—51 (in Ukrainian).
- Gozhik P., 2013. Study questions of Roxolany section. In: *Loess-covering of the North Black Sea region*. Lublin, P. 17—33 (in Ukrainian).
- Matasova G. G., 2006. Magnetism of Late Pleistocene loess-palaesol sediments of Siberian subaerial formation: Dis. Dr. geol. and min. sci. Novosibirsk, 276 p. (in Russian).
- Dunlop D. J., 2002. Theory and application of the Day plot (Mrs/Ms versus Hcr/Hc) 2. Application to data for rocks, sediments and soils. *J. Geophys. Res.* 107, 1582.
- Evans M. E., Heller F., 2003. Environmental Magnetism. Principles and Applications of Enviromagnetics. New York: Academic Press. 299 p.
- Man O., 2008. On the identification of magnetostratigraphic polarity zones. *Studia Geophysica et Geodaetica*. 52, 173—186.
- Matviishina Zh., Mel'nichuk I., Perederyi V., Gerasimenko N., 2001. Vyazivok section. *The Ukraine Quaternary explored. Excursion guide of the SEQS 2001 conference, Ukraine*. 23—36.
- Rousseau D.-D., Gerasimenko N., Matviischina Zh.,

*Kukla G.*, 2001. Late Pleistocene Environments of the Central Ukraine. *Quaternary Res.* 56, 349—356. doi:10.1006/qres.2001.2270

*Yassonov P. G., Nourgaliev D. K., Burov B. V., Heller F.*, 1998. A modernized coercivity spectrometer. *Geologica Carpathica* 49, 224—226.