

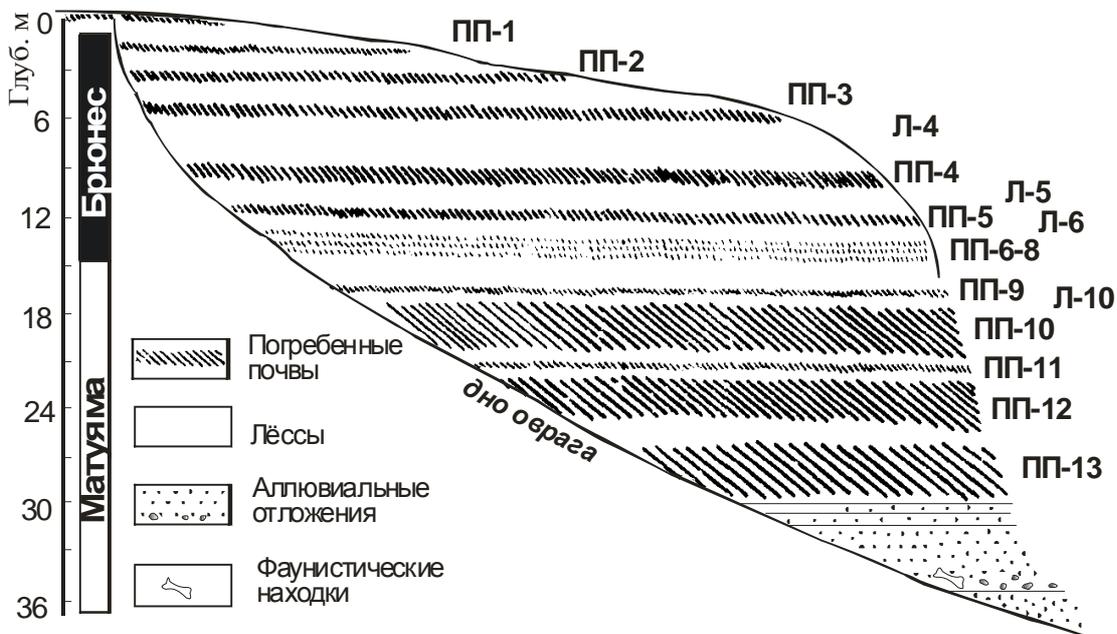
### **Фаустов С. С. Палеомагнетизм лёссов.**

(по материалам доклада на семинаре ИФЗ РАН 25 сентября 2006 г.)

Среди континентальных отложений лёссовая формация небезосновательно относится к толщам, в которых палеогеографические события запечатлены наиболее полно, хотя их расшифровка и сейчас остается весьма сложной задачей. Большие мощности, относительная непрерывность (и полнота) геологической летописи в лёссовых отложениях обусловили большой интерес к ним палеомагнитологов, поскольку, как будто бы, предоставлялась возможность детальной реконструкции истории геомагнитного поля в новейший геологический этап. Одновременно предполагалось решение важной прикладной задачи: стратиграфической корреляции новейших отложений на основе палеомагнитных данных, практически в глобальных масштабах. Особый интерес вызывало определение в лёссовых толщах позиции палеомагнитной границы Матуяма/Брюнес, поскольку в морских отложениях Прикаспия она была определена в тюркянских слоях и практически совпадала с границей плиоцена-плейстоцена (неоплейстоцена) (Трубихин, 1977).

Однако уже первые палеомагнитные исследования лёссовой формации стали выявлять серьезные несоответствия палеомагнитных результатов и стратиграфической интерпретации почвенных и лёссовых горизонтов. Так, например, в разрезе Новая Этулия, изученном нами совместно с О. П. Добродеевым в конце 60-х г. г., палеомагнитная граница Матуяма/Брюнес была определена под восьмой погребенной почвой (рис. 1), в основании так называемого «триплета» сближенных погребенных почв (Вирина, Добродеев, Фаустов, 1971).

Однако впоследствии О. П. Добродеев и Г. Н. Дорош, проигнорировав палеомагнитные данные, отнесли 6-10 лёссы с включенными в них 6-9 погребенными почвами к днепровскому оледенению с межстадиалами (Добродеев, Дорош, 1973) и, таким образом, граница Матуяма/Брюнес оказалась **в отложениях среднего плейстоцена** (рис. 1). Приведенный пример сейчас можно рассматривать как курьез, но он является яркой иллюстрацией недостаточной разработанности в 70-х годах стратиграфии лёссовой формации. Впрочем, и сейчас в стратиграфии лёссовых отложений Восточно-Европейской равнины остаются нерешенные вопросы. Так, например, в разрезах бассейна нижнего Дона и Приазовья палеомагнитная граница Матуяма/Брюнес определяется в лёссе, который некоторые палеогеографы идентифицируют как «донской», с чем, по нашему мнению, нельзя согласиться (Новейшие отложения..., 2004).



Стратиграфическая трактовка горизонтов по Добродееву и Дорош (1973)

- ПП-1 - аллередское потепление;
- ПП-2 - уласский межстадиал;
- ПП-3 - брянский межстадиал;
- лесс-4 - ранневалдайское оледенение;
- ПП-4 - московско-валдайское потепление;
- лесс-5 - московское оледенение;
- ПП-5 - днепровско-московское время;
- лесс-6 - заключительная фаза днепровского оледенения;
- ПП-(6-9) - межстадиалы днепровского оледенения;
- лессы 7-10 - днепровское оледенение
- ПП-10 - лихвинское межледниковье

**Рис 1.** Схематическое строение разреза Новая Этулия по Добродееву, Дорош (1973) с палеомагнитными данными (Вирина, Добродеев, Фаустов, 1971).

Результаты палеомагнитных исследований отложений лёссовой формации вызывают много вопросов. Почему до сих пор стратиграфическое положение границы Матуяма/Брюнес в отложениях лёссовой формации не определено однозначно? Почему она (граница) определяется, как правило, в лёссах (образованиях *холодных* эпох), в то время как в морских отложениях она связана с отложениями *теплой* 19-й изотопно-кислородной стадии, да и в морских отложениях Прикаспия она приурочена к отложениям теплой регрессивной фазы Каспия (тюркянским слоям)? Почему экскурсы геомагнитного поля (количество которых в хроне Брюнес по данным некоторых исследователей достигает 12 и более), в разрезах лёссовой формации даже с высокими скоростями

седиментации, где мощности отдельных лёссовых горизонтов достигают 20 м и более, явление исключительное, чрезвычайно редкое? И, наконец, является ли намагниченность, выделяемая в погребенных почвах и лёссах лабораторными методами магнитной чистки, действительно «характеристической», отражающей геомагнитное поле времени накопления лёссов и формирования древних почв? Этим перечнем вопросов далеко не исчерпываются проблемы палеомагнетизма лёссовой формации, но мы не ставим перед собой задачу дать ответы даже на все эти вопросы. Мы не будем обсуждать здесь проблемы стратиграфической идентификации лёссовых и почвенных горизонтов и неполноты геологической летописи в лёссово-почвенной формации, которые, безусловно, могут играть определяющую роль в решении некоторых вопросов.

Здесь мы хотели бы предложить для обсуждения только проблему адекватности (синхронности) геомагнитному полю так называемой «характеристической» намагниченности в лёссах и почвах, важнейшую проблему любого палеомагнитного исследования.

Наша точка зрения заключается в том, что **стабильная намагниченность в лёссах и погребенных почвах**, выделяемая лабораторными методами магнитной чистки, не является «характеристической», поскольку **не синхронна геомагнитному полю** времени накопления и формирования лёссов и почв.

Уже в первые годы изучения палеомагнетизма погребенных почв и лёссов, мы обращали внимание на то, что гумусовые горизонты почв активно перемешиваются различными землероющими организмами: червями, личинками насекомых, грызунами. Кстати, по Дарвину «десятиметровый слой садовой почвы... в течение десяти лет весь проходит через кишечник червей» (цитируется по Л. О. Карпачевскому, 1983). В некоторых черноземах «верхний слой целиком состоит из копролитов – комочков почвы, прошедших пищевой тракт дождевого червя» (Карпачевский, 1983). Физико-химические процессы, связанные с трансформацией органического вещества, вместе с деятельностью организмов, приводят к созданию прочных органоминеральных агрегатов, в результате чего создается своеобразная почвенная структура, которая является одной из характернейших морфологических особенностей почвы. Создание агрегатов и их перемешивание землероющими организмами, очевидно, должно проявляться в хаотизации магнитных частиц, в потере как ориентационной намагниченности почвообразующей породы и почвы, так и химической намагниченности, связанной с аутигенными минералами, образующимися в процессе почвообразования (Фаустов, Большаков, Вирина, Демиденко, 1986).

В работе 1989 г. (Фаустов, Вирина, 1989) мы обращали внимание на то, что отмеченные выше процессы должны приводить к запаздыванию палеомагнитной записи: «стиранию» прежней палеомагнитной записи в почвообразующих лёссах в процессе формирования почв и возникновению намагниченности в новом поле, в результате чего палеомагнитная граница будет

опускаться в более древние горизонты. Это процесс будет происходить до тех пор, пока образовавшаяся почва не будет погребена вновь накапливающимися лёссами и она перестанет существовать как особое, «живое», природное тело. Можно представить себе масштабы преобразования лёссов почвообразующими процессами, если учесть, что в неоплейстоцене межледниковые периоды, во время которых формировались почвы, были более продолжительными, чем ледниковья, а в разрезах суммарная мощность почвенных горизонтов часто сопоставима с лёссами. Нами был сделан вывод: «В периоды быстрых изменений геомагнитного поля (во время переполусовок, экскурсов) запаздывание магнитной записи, особенно если оно происходит неравномерно как по глубине, так и по простиранию (чего как раз и следует ожидать в катенах<sup>1</sup>), может привести к сильному искажению реальной картины изменений геомагнитного поля» (Фаустов, Вирина, 1989). Безусловно, этот вывод является хотя и умозрительным, но, как нам представляется, вполне обоснованным.

Здесь важно отметить и то, что накопление лёссов Юго-запада Русской равнины (Украины и Молдовы) сопровождается сингенетическими почвообразующими процессами. Именно поэтому, как мы полагаем, в лёссах разреза Н. Этулия отмечен магнетит с такими же свойствами, как и в погребенных почвах (Фаустов, Большаков, Вирина, Демиденко, 1986). Иными словами, утрируя, лёсс можно рассматривать как зачаточную почву в самой начальной стадии формирования, и в нем должны протекать те же процессы, что и в почвах, хотя и не в такой степени проявленные.

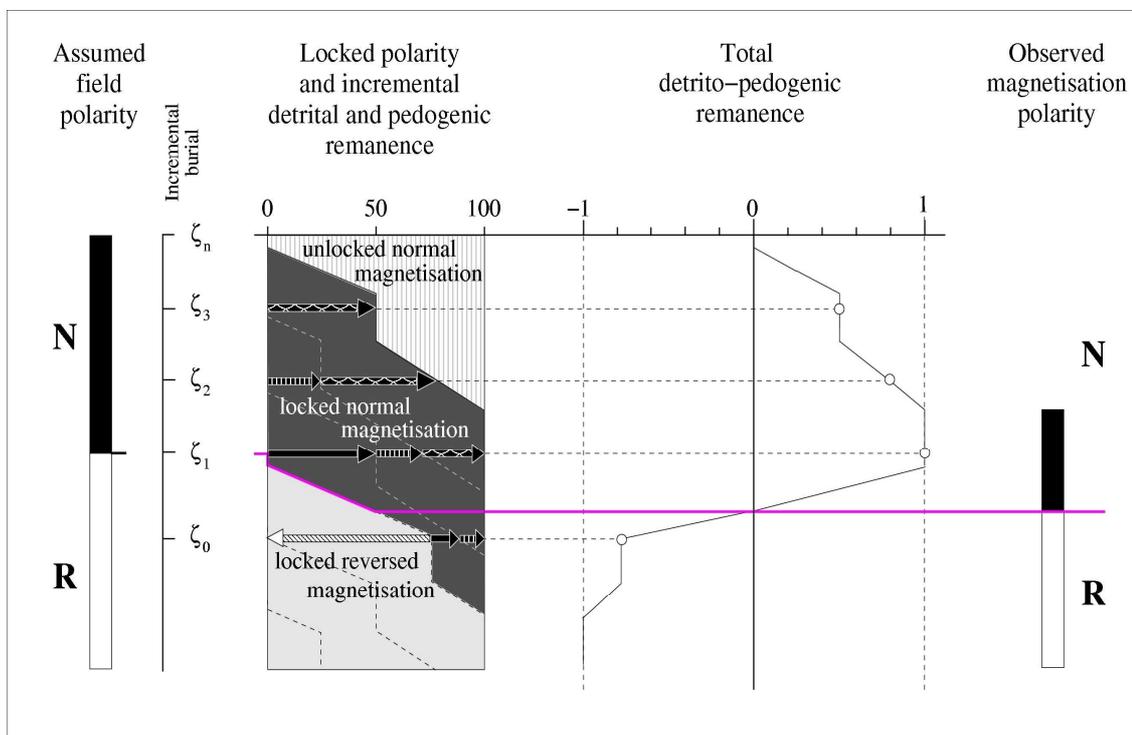
Первое экспериментальное открытие явления метахронности палеомагнитной записи в отложениях лёссовой формации было опубликовано в работе Zhou L.P., Shackleton N.J. (1999) с характерным названием «Вводящее в заблуждение положение границ инверсий в евразийских лёссах...». Авторы сопоставили широко известный разрез Луочан (Лёссовое плато Китая) и скважину глубоководного бурения ODP 769A. Для обоих разрезов имеются палеомагнитные данные, а для колонки ODP определена возрастная шкала. Что очень важно: и в том и другом обнаружены прослойки, обогащенные микротектитамы, связанными с одним и тем же *impact*-событием. Это, вместе с коррелируемыми данными по магнитной восприимчивости в лёссовом разрезе и морскими изотопно-кислородными стадиями по ODP 769A, позволило сопоставить положение границы Матуяма/Брюнес. Оказалось, что **измеренная** (measured) граница Матуяма/Брюнес в разрезе Луочан расположена **ниже** слоя с микротектитамы, а в колонке ODP – **выше** и, как ей и «положено», совпадает с 19-й ИКС. Это дало авторам основание определить положение **истинной** границы Матуяма/Брюнес в лёссовом разрезе в 7-й погребенной почве, а не в 8-м лёссе, где установлена «измеренная» граница. Таким образом, авторы пришли к заключению

---

<sup>1</sup> Под катеной почвоведы понимают цепь, ряд почв в ландшафте формирующихся в различных геоморфологических условиях (на водоразделе, склоне, нижних частях склона) и в связи с этим имеющих различные профили, мощности гумусовых и др. горизонтов и т. д.

об «удревнении» измеренной границы Матуяма/Брюнес в лессовом разрезе на  $10^3 - 10^4$  лет вследствие перемагничивания части 8-ого лесса в магнитном поле хрона Брюнес.

В 2003 г опубликована статья (S. Spassov, F. Heller и др., 2003), в которой предложена модель, позволившая объяснить наблюдаемые «щелчки» (flips) полярности и низкие значения намагниченности (не связанные с инверсионным переходом) в пограничном интервале Матуяма/Брюнес в разрезе Lingtai (Центральное лёссовое плато Китая). Но, что особенно важно, эта модель объясняет стратиграфический «сдвиг» границы Матуяма/Брюнес в «холодный» лёсс L8 в сопоставлении с морскими данными. Авторы объясняют эти явления сосуществованием в одном слое двух противоположно ориентированных намагниченностей: детритовой, сформировавшейся вскоре после отложения лёссов, и химической, более молодого возраста, что хорошо иллюстрируется на рис. 2



**Рис. 2. Схематический процесс синхронизации двухкомпонентной (детритовой и педогенной) намагниченности во время инверсии (по Spassov и др., 2003)**

Приведенная схема хорошо согласуется с результатами, полученными независимо Т. С. Гендлер, по исследованию превращений железосодержащих минералов (Gendler и др., 2006), по профилю лёсс-почва в разрезах Н. Этулия и Роксоланы под влиянием почвообразующих процессов.

Подводя итоги, следует отметить, что сегодня имеются убедительные данные о том, что стабильная намагниченность, выделяемая лабораторными методами в лёссовых разрезах Китайского и Украинского типа, не синхронна геомагнитному полю времени их накопления.

Первичная намагниченность лёссов и погребенных почв искажается постдетритовыми (если этот термин применим к почвам) процессами. И этот факт необходимо учитывать как при палеомагнитных стратиграфических исследованиях лёссовой формации, так и при реконструкции тонкой структуры геомагнитного поля на основании изучения лёссовых разрезов.

### Литература

*Вирина Е. И., Добродеев О. П., Фаустов С. С.* Палеомагнетизм и корреляция новейших отложений юга Русской равнины. // В кн.: Проблемы периодизации плейстоцена. Л.: Географ. о-во СССР, 1971. С. 258-262

*Добродеев О. П., Дорош Г. Н.* История почвообразования юго-запада Русской равнины в плейстоцене. // Сб. «Новейшая тектоника, новейшие отложения и человек». Вып. 5. Под ред. академика К. К. Маркова и проф. Н. И. Николаева. М.: изд. МГУ, 1973. С. 207-240.

*Карпачевский Л. О.* Зеркало ландшафта. М.: Мысль, 1983. 156 с.

Лёссово-почвенная формация Восточно-Европейской равнины. Палеогеография и стратиграфия. Отв. ред. А. А. Величко. М.: Институт географии РАН, 1997. 142 с.

Новейшие отложения и палеогеография Окско-Донской древнеледниковой зоны. Отв. ред. Н. Г. Судакова и С. С. Фаустов. Смоленск: Маджента, 2004. 120 с.

*Трубихин В. М.* Палеомагнетизм и стратиграфия акчагыльских отложений Западной Туркмении. // Труды ГИНа, вып. 301. М.: Наука, 1977. 79 с.

*Фаустов С. С., Большаков В. А., Вирина Е. И., Демиденко Е. Л.* Итоги науки и техники (палеогеография, т.3), М.: Изд. ВИНТИ, 1986 г. 192 с.

*Фаустов С. С., Вирина Е. И.* Проблемы палеомагнитной стратиграфии лёссово-почвенной формации Украины и Молдавии // В сб. «Четвертичный период: стратиграфия. XXVIII сес. междунар. геол. конгр. (Вашингтон, июль 1989)». М.: Наука, 1989. С. 96-102.

*Фаустов С. С., Вирина Е. И.* О стратиграфическом положении границы Матуяма-Брюнес в лёссовой формации Русской равнины. // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. М.: Геос. 2001. № 64. С. 21 – 31.

*Gendler T.S., Heller F., Tsatskin A., Spassov S., Du Pasquier J. and Faustov S.S.* Roxolany and Novaya Etuliya – key sections in the western Black Sea loess area: Magnetostratigraphy, rock magnetism, and paleopedology. // Quaternary International, 2006, v. 152/153. pp 78-93.

*Spassov S., Heller F., Evans M.E., Yue L.P., T. von Dobeneck.* A lock-in model for the complex Matuyama-Brunhes boundary record of the loess/palaeosol sequence at Lingtai (Central Chinese Loess Plateau) // Geophys. J. Int., 2003, 155. pp 350-366.

*Zhou L.P., Shackleton N.J.* Misleading positions of geomagnetic reversal boundaries in Eurasian loess and implications for correlation between continental and marine sedimentary sequences // Earth and Planetary Science Letters. 1999. 168. pp 117–130