

УДК 631.437:551.34

## **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ В ПРОФИЛЯХ СЛОЖНЫХ ПАЛЕОКРИОМОРФНЫХ ПОЧВ**

© 2012 В.М. Алифанов, И.М. Вагапов, Л.А. Гугалинская

Пушинский государственный естественно-научный институт  
Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,  
г. Пушкино

Поступила в редакцию 12.05.2012

Исследовалось пространственное распределение магнитной восприимчивости (МВ) в палеокриоморфных почвах центра Восточно-Европейской равнины. Установлено, что в межблочных понижениях над системой крупных палеокриогенных клиновидных деформаций существуют области, имеющие высокие значения МВ и увеличенную мощность. Кроме того, на основе МВ удалось обнаружить признаки, выявление которых морфологически было затруднено.

Ключевые слова: *магнитная восприимчивость, палеокриогенез, пространственная изменчивость*

Как известно [1,2, 5], почвообразующие породы обширной территории Восточно-Европейской равнины прошли криогенную стадию формирования, а ее современный почвенный покров представлен реликтовым криогенным микрорельефом. В связи с этим палеокриогенез обусловил значительную пространственную неоднородность свойств почв на разных уровнях их структурной организации. Актуальным является выявление закономерностей формирования этой неоднородности, необходимое для понимания многих процессов, протекающих и протекавших в почвах при их развитии.

Для выявления закономерностей в распределении почвенных свойств, обусловленных палеокриогенезом, мы использовали показатели объемной ( $\kappa$ ) и удельной ( $\chi$ ) магнитной восприимчивости (МВ), которые характеризуют способность почвенных Fe-содержащих компонентов намагничиваться в магнитном поле. Формы соединений железа характеризуют важнейшие генетические признаки почв, однако методы их идентификации, основанные на различной растворимости соединений железа, недостаточно точны, так как ни одна вытяжка не позволяет выделить определенную форму железа, не затрагивая другие [7]. В свою очередь, МВ определяется без какой-либо предварительной обработки образцов

(химической или физической) и позволяет диагностировать, в первую очередь сильномагнитные кристаллические окислы железа даже при очень незначительном их содержании (на уровне десятых и сотых долей процента).

Исследования проводились в Тульской области, на северо-востоке Среднерусской возвышенности, на черноземах глинисто-иллювиальных типичных и оподзоленных в разрезах обнажениях протяженностью от 12 до 23 м и глубиной от 3 до 8 м. Кроме современных почв были вскрыты погребенные почвы (ПП) и палеокриогенные структуры разных размеров, форм и генезиса. Величина  $\kappa$  измерялась каппаметром КТ-6 в узлах регулярной сетки с размерами ячеек 20×20 см,  $\chi$  определялась для каждого генетического горизонта путем деления  $\kappa$  на плотность почвы.

В настоящей работе приводятся данные по разрезам 1-2010 и 2-2010. Особенность первого разреза заключается в наличии большого количества хорошо сохранившихся реликтов палеокриогенеза – псевдоморфоз по повторно-жильным льдам, пятен-медальонов, солифлюкционных деформаций, клиньев, заклинков и карманов. В нижней части профиля разреза имеются горизонты криоморфных ПП. В разрезе мы выделяем межблочное понижение или межблочье (участок с горизонтальными отметками 0-5 м) и блочное повышение или блок (участок с горизонтальными отметками 7-10 м). В данном разрезе, как и в других ранее изученных, обнаружена следующая закономерность: в современных почвах над системой крупных палеокриогенных клиновидных деформаций наблюдаются области, имеющие высокие значения МВ и

---

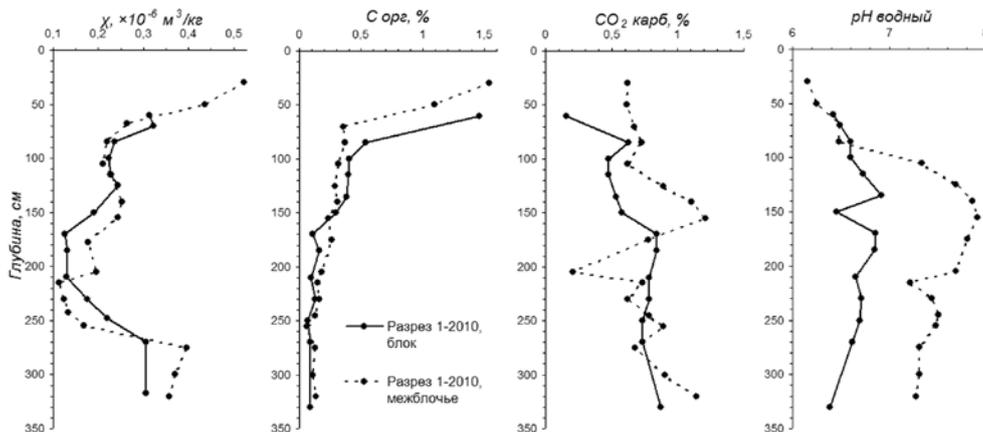
*Алифанов Валерий Михайлович, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией. E-mail: alifanov\_v@mail.ru*

*Вагапов Ильдар Махмудович, аспирант. E-mail: vagarovim@mail.ru*

*Гугалинская Любовь Анатольевна, доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник. E-mail: gugali@rambler.ru*

увеличенную мощность. Распределение величин МВ здесь положительно связано ( $R^2=0,95$ ) с профильным распределением Сорг. (рис. 1), а высокие значения МВ обусловлены присутствием педогенных высокомагнитных оксидов Fe (типа магнетита). Этот факт, как считается, свидетельствует о чередовании на данном участке процессов увлажнения-иссушения, соответствующих

анаэробным и аэробным периодам, переменном рН и участии в эти процессах органического вещества [4, 6]. Повышенные значения МВ и  $CO_2$  карбонатов в горизонте В4 в межблочье (глубина 120-170 см) могут быть связаны с синтезом новообразованного магнетита, возможным в условиях присутствия закисного железа в виде  $FeCO_3$  и щелочной реакции [3].



**Рис. 1.** Распределение величин  $\chi$  и некоторых физико-химических показателей в профилях почв блока и межблочья (разрез 1-2010)

На глубине около 250 см (рис. 2) между горизонтами [A1] и [A1B] ПП было выявлено резкое увеличение значений МВ до значений, характерных гумусовым горизонтам современных почв. Этот факт может свидетельствовать о наличии между указанными горизонтами литологической границы. Следовательно, можно уверенно предположить, что горизонт [A1B] на самом деле является самостоятельной ПП, сформировавшейся в автоморфной позиции при относительно теплых климатических условиях, сезонном иссушении и преобладании окислительных условий.

Аномально высокие значения МВ ( $1,44-3,03 \times 10^{-3}$  ед. СИ) обнаруживаются на глубине около 280 см, на контакте горизонта [A1B] и морены. Этот факт мы объясняем наличием уклона древней поверхности и различием в гранулометрическом составе выше и ниже лежащих толщ, что способствует современному внутрипочвенному латеральному стоку, обуславливающему здесь контрастный водно-воздушный режим. В литературе такая ситуация обычно связывается с благоприятными для хемосинтеза сильномагнитных железистых минералов условиями. В нашем случае наличие контрастного водно-воздушного режима подтверждается присутствием здесь многочисленных субгоризонтальных и субвертикальных охристых прослоев шириной 0,5-1,0 см. Высокие значения МВ в морене могут быть связаны с увеличением содержания железа в составе

парамагнитных глинистых минералов, а их сохранение обеспечивается засолением, за счет замедленной лимонитизации.

Картина распределения МВ вдоль некоторой линии опробования (вдоль траншеи) может стать предметом автокорреляционного анализа с целью определения радиуса корреляции, т.е. того минимального расстояния между точками опробования, начиная с которого результаты опробования могут считаться взаимно независимыми. В качестве рабочего инструмента для исследования пространственной вариабельности МВ мы использовали семивариограмму – график зависимости полудисперсии МВ от расстояния между точками опробования. Полудисперсия рассчитывалась как полусумма квадратов приращений значений в точках, разделенных некоторым расстоянием [8].

Все семивариограммы распределения МВ (рис. 3) имеют циклический тренд, а их параметры свидетельствуют о чередовании почвенных структур с шагом около 250 см в поверхностном горизонте, около 700 см на глубине 30 см и 550 см в горизонте A1A2B. Радиус корреляции показывает, что в горизонте A1старопах расстояние, в пределах которого существует тесная пространственная зависимость данных, составляет 50 см. На глубинах 30 и 50 см расстояния, на которых значения МВ оставались пространственно скоррелированы, находились в пределах 450 и 250 см,

соответственно. Анализ параметров семивариограмм показал, что в разрезе-траншее 2-2010 на глубине 30-50 см имеется две структуры клиновидной формы с повышенными значениями МВ, тогда как на глубине 10 см области с высокими значениями МВ встречаются через каждые 250 см, т. е. их около пяти. Таким образом, в межблочных понижениях над системой крупных палеокриогенных клиновидных деформаций

существуют области, имеющие высокие значения МВ и увеличенную мощность. Факт сохранения аномально высоких значений МВ на контакте горизонта [A1B] и морены – своеобразным геохимическим и литологическим барьером, свидетельствует о существовании здесь благоприятных для хемосинтеза сильномагнитных железистых минералов условий.

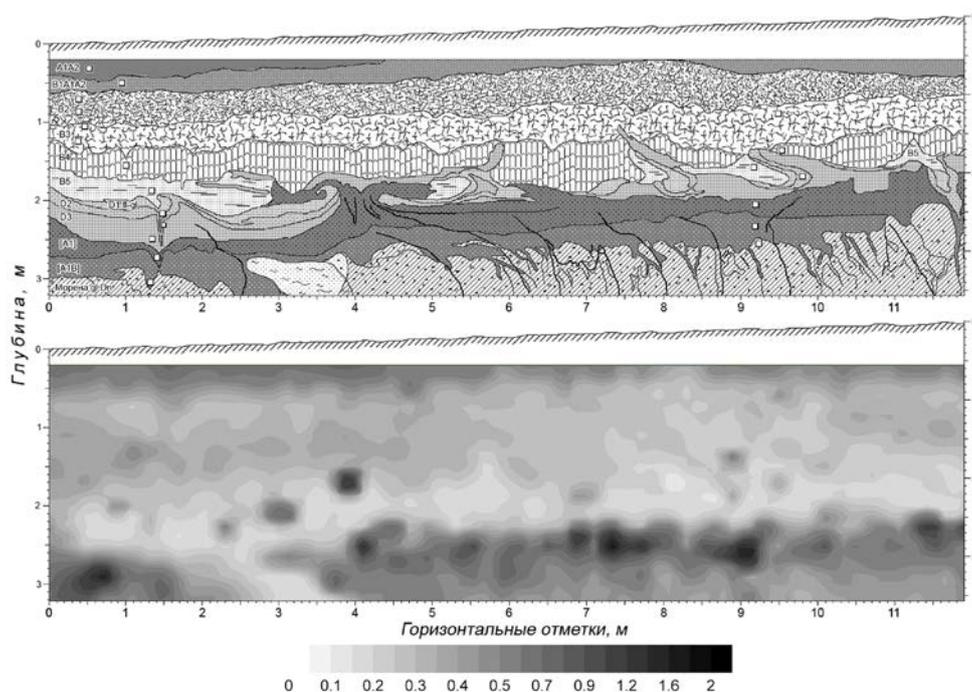


Рис. 2. Схема профиля разреза 1-2010 и топоизоплеты пространственного распределения величин МВ ( $\times 10^{-3}$  ед. СИ)

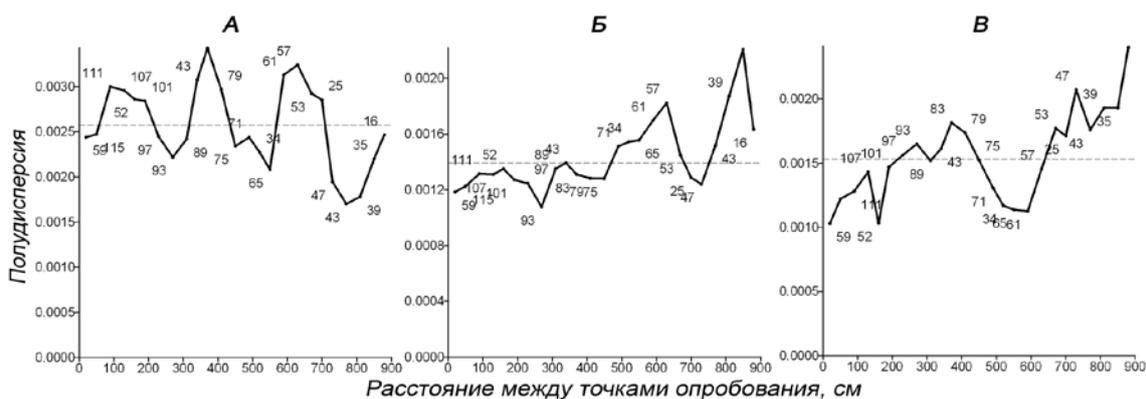


Рис. 3. Экспериментальные семивариограммы МВ, построенные для линий опробования в пределах постоянных глубин разреза 2-2010 (пунктирная линия – величина дисперсии, цифры у точек указывают количество пар, используемых в анализе): А – линия опробования вдоль горизонта А1старопах (глубина 10 см), В – вдоль горизонта А1А2 (30 см), В – вдоль горизонта А1А2В (50 см)

На основе МВ удалось инструментально обнаружить признаки, выявление которых морфологически было затруднено. Так, погребенная почва, в профиле которой морфологически были выделены два генетических гумусовых подгоризонта, представляет собой две

самостоятельные, наложенные друг на друга (сдвоенные) погребенные почвы. Кроме того, горизонт В4 современного чернозема, обладающая более высокими значениями МВ в районе межблочного понижения, может рассматриваться как самостоятельное элементарное почвенное

образование (слабовыраженная погребенная почва), условия формирования которого отличались от таковых в перекрывающем и подстилающем его материале.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты №№ 11-04-00354, 11-04-01083).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Алифанов, В.М. Палеокриогенез и структура почвенного покрова Русской равнины / В.М. Алифанов, Л.А. Гугалинская // Почвоведение. 1993. № 7. С. 65-75.
2. Алифанов, В.М. Палеокриогенез и современные черноземы / В.М. Алифанов, Л.А. Гугалинская // Почвенные процессы и пространственно-временная организация почв. – М.: Наука, 2006. С. 45-70.
3. Бабанин, В.Ф. Магнетизм почв / В.Ф. Бабанин, В.И. Трухин, Л.О. Карпачевский и др. – М.-Ярославль: ЯГТУ, 1995. 222 с.
4. Вадюнина, А.Ф. Магнитная восприимчивость некоторых почв СССР / А.Ф. Вадюнина, В.Ф. Бабанин // Почвоведение. 1972. № 10. С. 55-66.
5. Величко, А.А. Палеокриогенез, почвенный покров и земледелие / А.А. Величко, Т.Д. Морозова, В.П. Нечаев, О.М. Порожнякова. – М.: Наука, 1996. 150 с.
6. Водяницкий, Ю.Н. Минералы железа как память почвенных процессов // Память почв: почва как память биосферно-геосферно-антропоферных взаимодействий. – М.: ЛКИ, 2008. С. 289-313.
7. Зонн, С.В. Железо в почвах (генетические и географические аспекты). – М.: Наука, 1982. 208 с.
8. Webster, R. Statistical methods in soil and land resource survey / R. Webster, M.A. Oliver. – Oxford, UK, Oxford University Press (OUP), 1990. 316 p.

## DISTRIBUTION OF MAGNETIC SUSCEPTIBILITY IN PROFILES OF COMPLEX PALEOCRYOMORPHIC SOILS

© 2012 V.M. Alifanov, I.M. Vagapov, L.A. Gugalinskaya

Pushchino State Institute of Natural Sciences

Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science RAS, Pushchino

We studied the spatial distribution of magnetic susceptibility (MS) in paleocryomorphic soils of Center of the East European Plain. It is found, that in interblock depressions over the system of large paleocryogenic wedge-shaped deformities there were areas with high values of MS and the increased depth. Moreover based on the MS we succeeded to detect signs which were difficult to determine morphologically in a field.

Key words: *magnetic susceptibility, paleocryogenesis, spatial variability*

---

Valeriy Alifanov, Doctor of Biology, Professor, Head of the Laboratory.

E-mail: alifanov\_v@mail.ru

Ildar Vagapov, Post-graduate Student. E-mail: vagapovim@mail.ru

Lyubov Gugalinskaya, Doctor of Biology, Professor, Leading Research

Fellow. E-mail: gugali@rambler.ru