

УДК 631.437.8+631.472+631.48

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАППАМЕТРИИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПАЛЕОКРИОГЕННОГО МИКРОРЕЛЬЕФА

© 2010 В.М. Алифанов<sup>1,2</sup>, И.М. Вагапов<sup>2</sup>, Л.А. Гугалинская<sup>1,2</sup>, Л.А. Иванникова<sup>1,2</sup>,  
А.Г. Кондрашин<sup>2</sup>, А.Ю. Овчинников<sup>1</sup>, Д.А. Попов<sup>1</sup>, К.М. Рапацкая<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пущино

<sup>2</sup> Пущинский государственный университет

Поступила в редакцию 06.05.2010

Исследовано распределение и варьирование величин магнитной восприимчивости ( $\chi$ ) в профилях почв палеокриогенного комплекса Тульской области. В формировании высокомагнитных минералов выявлена значительная роль органического вещества, а также редокс-процессов. Показано, что в пределах постоянных глубин  $\chi$  незначительно варьирует в верхней части профиля и в погребенной почве и значительно – в подгумусовой части современного чернозема. Выявленные различия в пространственной изменчивости величин  $\chi$  во многом связаны с наличием палеокриогенных процессов, которые создают разные условия существования железосодержащих минералов.

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

Современная структура почвенного покрова Восточно-Европейской равнины, его комплексность и динамичность процессов во многом обусловлены древними, в частности, палеокриогенными процессами [1, 2]. Влияние палеокриогенеза на почвы проявляется на разных уровнях их структурной организации.

**Цель работы:** дифференциация почв на уровне палеокриогенного микро рельефа (комплекса блок-межблочье) с использованием каппаметрии, а именно – величин магнитной восприимчивости ( $\chi$ ).

Магнитная восприимчивость разных типов почв и их генетических горизонтов является физической величиной, характеризующей способность почвенных железосодержащих компонентов к намагничиванию. Величина  $\chi$  может служить хорошим критерием интенсивности протекания таких элементарных почвенных процессов

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

*Вагапов Ильядар Махмудович, магистрант. E-mail: vagarovim@mail.ru*

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

*Иванникова Людмила Алексеевна, кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник. E-mail: ljuiivannikova@rambler.ru*

*Кондрашин Александр Геннадьевич, аспирант. E-mail: soil\_alexander@mail.ru*

*Овчинников Андрей Юрьевич, кандидат биологических наук, главный специалист подразделения. E-mail: ovchinikov\_a@inbox.ru*

*Попов Дмитрий Алексеевич, аспирант. E-mail: growerer@mail.ru*

*Рапацкая Карина Михайловна, магистрант. E-mail: rapatskaya@mail.ru*

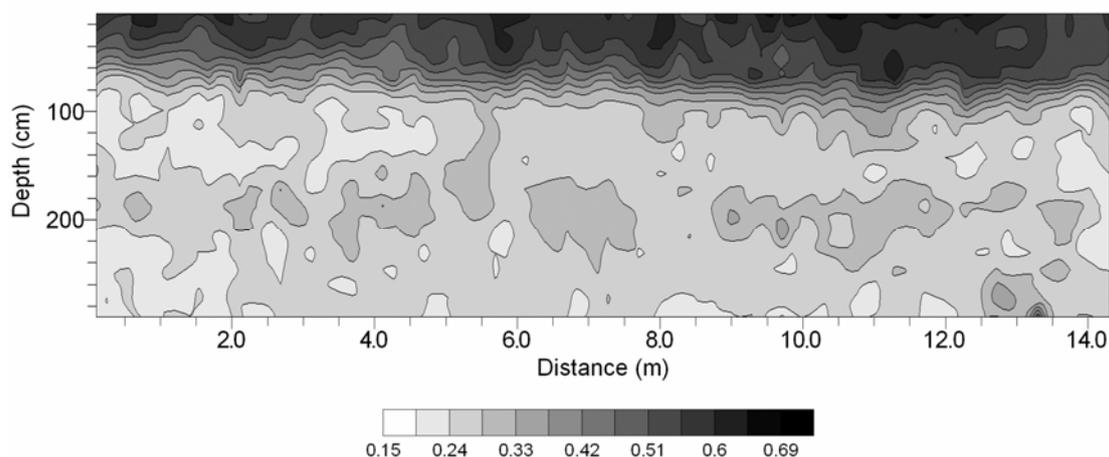
как гумусонакопление, оглеение, осолодение и др. [7].

**Объектом исследования** является разрез обнажения 1-2009, заложенный в стенке старого известнякового карьера (Венёвский р-н Тульской обл.), вскрывающий современный чернозем, несколько погребенных почв и палеокриогенные клиновидные грунтовые структуры (КГС) разных генераций. Измерение магнитной восприимчивости производилось каппаметром КТ-6 в узлах регулярной сетки с размерами ячеек 20×20 см. Обработка результатов измерений проводилась в программе Excel, а построение вариограмм – в программе Surfer. При этом использовался геостатистический метод интерполяции, учитывающий не только удаленность исходных точек от интерполируемых, но и их взаиморасположение.

Детальный морфологический анализ разреза 1-2009, вскрывающего обе части палеокриогенного комплекса – блочное повышение и межблочное понижение, показал существенные различия между последними. Характер различий выражается в наличии или отсутствии отдельных морфологических признаков (определенных генетических горизонтов), в их форме и степени выраженности. Одной из главных особенностей данного разреза является наличие погребенного палеокриогенного полигонально-блочного микро рельефа и связанной с ним крупной КГС, над которой сформировалось обширное межблочное понижение. Этот древний полигонально-блочный микро рельеф оказал влияние на всю перекрывающую КГС толщу суглинистых отложений. Из вариограммы на рис. 1, показывающей распределение величин магнитной

восприимчивости в ненарушенной почве, следует, что ее значения сильно варьируют в пространстве, самые высокие значения  $\chi$  приурочены к верхним горизонтам современного чернозема ( $0,3-0,69 \cdot 10^{-3}$  ед. СИ), а в целом, магнитная восприимчивость закономерно уменьшается вниз по профилю (до  $0,2 \cdot 10^{-3}$  ед. СИ). При подробном рассмотрении, на общем фоне, характеризующемся достаточно однородными значениями  $\chi$  ( $0,24-0,29 \cdot 10^{-3}$  ед. СИ), отчетливо проявляются пятна, имеющие субгоризонтальное распространение – магнитная восприимчивость

диагностирует погребенную почву, значения  $\chi$  которой варьируют в диапазоне  $0,3-0,35 \cdot 10^{-3}$  ед. СИ. Другим ярким проявлением неоднородности исследуемого разреза является характер границы между областями с высокими и низкими значениями  $\chi$  – она опускается от 0 метра к 11-му, т.е. от блочного повышения к межблочному понижению. В то же время в районе блочного повышения наблюдается преобладание светлых участков, показывающих самые низкие значения  $\chi$ .



**Рис. 1.** Пространственное распределение величин магнитной восприимчивости ( $10^{-3}$  ед. СИ) в профиле современного чернозема и погребенной почвы; разрез 1-2009 (Венёвский р-н Тульской обл.)

По данным корреляционного анализа наиболее выраженную связь с  $\chi$  имеет Сорг – значительная положительная связь на блоке ( $r=0,95$ ) и в межблочье ( $0,84$ ), а также рНводн ( $r=0,86$ ). Известно [4, 6], что факторами, определяющими величину  $\chi$ , являются изменяющиеся окислительно-восстановительные условия среды. Разложение органического вещества при слабой аэрации способствует восстановлению железистых минералов – снижает величину  $\chi$ , активная аэрация почв повышает ее. С этим хорошо согласуется тот факт, что над микропонижением, которое по причине наклоненной дневной поверхности в мезорельефе занимает более высокое положение, чем микроповышение, находятся самые высокие значения  $\chi$ . Кроме того, вариограмма показывает микрораспределение  $\chi$ , обусловленное протеканием на близких расстояниях диаметрально противоположных реакций окисления и восстановления.

Используя показатель аккумулятивности  $S$  [5], характеризующий степень накопления ( $0,5 < S < 1$ ) или выноса ( $0 < S < 0,5$ ) какого-либо вещества, получили на блоке  $S=0,60$ , в межблочье –  $S=0,72$ . Таким образом, распределение магнитной восприимчивости в обоих случаях имеет аккумулятивный характер, но в межблочье в большей степени, чем на блоке. Сравнение коэффициентов вариации ( $V$ ) в пределах постоянных глубин показывает незначительную изменчивость величин магнитной восприимчивости с поверхности и в погребенной почве

( $V < 10\%$ ) и значительную в подгумусовой части профиля современного чернозема ( $V > 20\%$ ). В первом случае незначительная изменчивость объясняется однородностью гумусовых горизонтов, а увеличение вариабельности во втором – с характером границы, о которой говорилось ранее.

Квантильный анализ (рис. 2), предложенный Ю.Н. Благовещенским, Е.А. Дмитриевым и В.П. Самсоновой [3], проделанный для обоих участков палеокриогенного комплекса, позволяет судить о характере изменчивости изучаемого свойства по профилю. Прежде всего, заслуживает внимания анализ размаха колебаний между  $\alpha$ - и  $(1 - \alpha)$ -квантилями. Отклонения таких квантилей от медианы отражают как вариации переменной, так и асимметричность в ее изменчивости. Так, крайние квантили в верхней части профиля блока отличаются хорошей симметричностью, в отличие от аналогичного участка в межблочье. Это свидетельствует о присутствии в межблочье, по меньшей мере, двух фаз, обладающих разной величиной  $\chi$ , и, следовательно, связано с различными процессами. Подобные участки встречаются и в других частях обоих профилей, но не в такой яркой степени. Нужно отметить, что истинную неоднородность можно уловить, только если размер ячеек регулярной сетки, по которой проводилась каппаметрия, будет соизмерим с теми локальными участками (морфонами) почвы, которые обуславливают микрострату величин  $\chi$ .

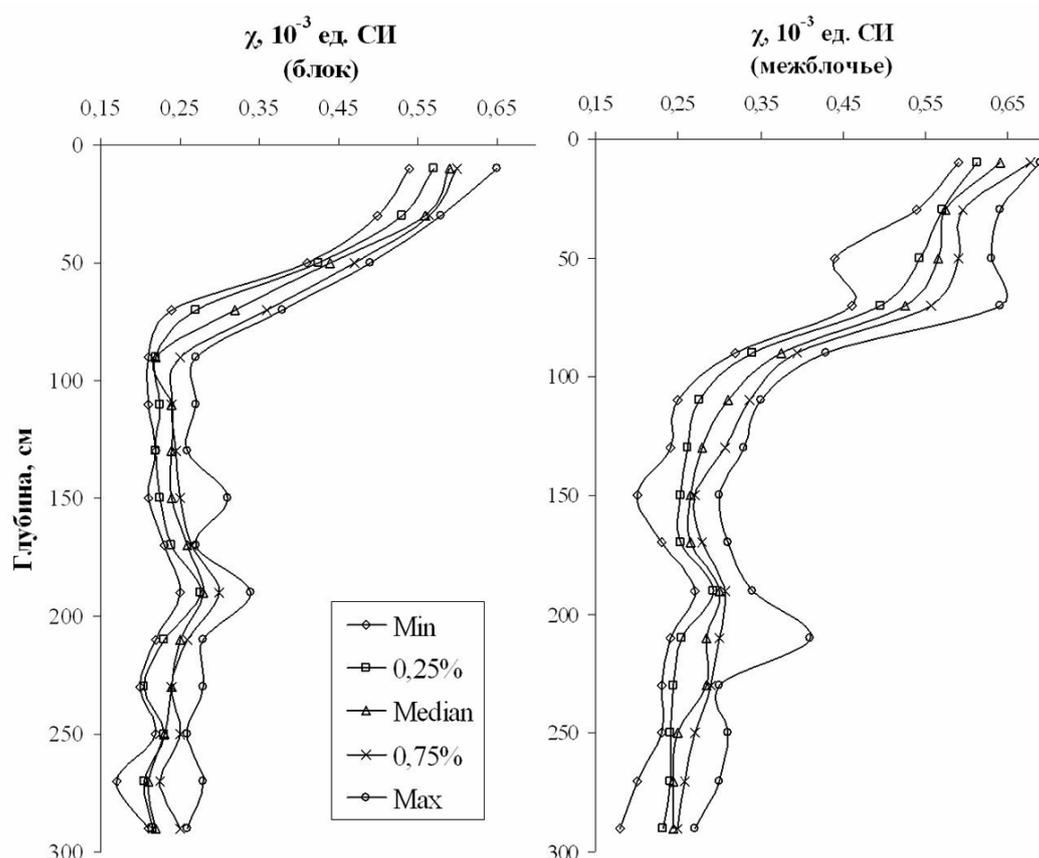


Рис. 2. Изменение квантилей величин магнитной восприимчивости в профилях современного чернозема и погребенной почвы на блоке и в междюльче; разрез 1-2009 (Венёвский р-н Тульской обл.)

**Выводы:** анализ пространственной изменчивости величин магнитной восприимчивости в горизонтальном и вертикальном направлениях представляет интерес как в теоретическом отношении (с точки зрения формирования почвенной неоднородности), так и прикладном – является составной частью комплекса палеопедологических методов реконструкций природной среды разных периодов исторического и геологического времени. Выявленные различия в пространственной изменчивости величин  $\chi$  во многом связаны с наличием палеокриогенных процессов, которые создают разные условия существования железосодержащих компонентов. Корреляционный анализ выявил важную роль органического вещества в формировании высокомагнитных минералов, а также редокс-процессов. В изученных почвах магнитная восприимчивость хорошо диагностирует фрагменты палеопочв (гумусовые прослои), реликты палеокриогенеза и выходы коренных пород.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (08-04-00331), Программы Президиума РАН (№15), Программы «Научный потенциал высшей школы» (код 1109).

#### 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. Благовещенский, Ю.Н. Метод квантилей в исследовании изменчивости свойств почв / Ю.Н. Благовещенский, Е.А. Дмитриев, В.П. Самсонова // Почвоведение. – 1983. – №2. – С. 125-134.
4. Вадюнина, А.Ф. Магнитная восприимчивость некоторых почв СССР / А.Ф. Вадюнина, В.Ф. Бабанин // Почвоведение. – 1972. – №10. – С. 55-66.
5. Водяницкий, Ю.Н. Анализ кривых распределения соединений железа по профилю почвы // Почвоведение. – 1991. – №5. – С. 29-36.
6. Водяницкий, Ю.Н. Минералы железа как память почвенных процессов // Память почв: почва как память биосферно-геосферно-антропоферных взаимодействий / Отв. ред. В.О. Таргульян, С.В. Горячкин. – М.: ЛКИ, 2008. – С. 289-313.
7. Водяницкий, Ю.Н. Магнитный метод / Ю.Н. Водяницкий, М.И. Скрипникова // Руководство по изучению палеоэкологии культурных слоев древних поселений. – М.: РАН, МГУ, 2000. – 88 с.

---

## APPLICATION OF THE KAPPOMETRY TO DETECTION THE ELEMENTS OF PALEOCRYOGENIC MICRORELIEF

© 2010 V.M. Alifanov<sup>1,2</sup>, I.M. Vagapov<sup>2</sup>, L.A. Gugalinskaya<sup>1,2</sup>, L.A. Ivannikova<sup>1,2</sup>, A.G. Kondrashin<sup>2</sup>, A.Yu. Ovchinnikov<sup>1</sup>, D.A. Popov<sup>1</sup>, K.M. Rapatskaya<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute for Physicochemical and Biological Problems of Agrology RAS, Pushchino

<sup>2</sup> Pushchino State University

The distribution and variation of magnetic susceptibility ( $\chi$ ) in soil profiles of a paleocryogenic complex of the Tula area is investigated. In the formation of highly magnetic minerals the significant role of organic substance, and also redoks-processes is revealed. It is shown, that within constant depths  $\chi$  varies only slightly in the upper part of the and in fossil soil and significantly - in subhumic part of modern chernozem. The revealed distinctions in spatial variability of  $\chi$  sizes in many respects are connected with presence paleocryogenic processes which create different conditions for existence of ferriferous minerals.

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

---

*Valeriy Alifanov, Doctor of Biology, Professor, Head of the*

*Laboratory, Prorector. E-mail: alifanov\_v@mail.ru*

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

*Lyubov Gugalinskaya, Doctor of Biology, Professor, Leading  
Research Fellow. E-mail: gugali@rambler.ru*

*Ludmila Ivannikova, Candidate of Biology, Associate Professor,*

*Senior Research Fellow. E-mail: ljuivannikova@rambler.ru*

*Alexander Kondrashin, Post-graduate Student. E-mail:*

*soil\_alexander@mail.ru*

*Andrey Ovchinnikov, Candidate of Biology, Main Specialist of*

*Subdivision. E-mail: ovchinnikov\_a@inbox.ru*

*Dmitriy Popov, Post-graduate Student. E-mail: growerer@mail.ru*

*Karina Rapatskaya, Student. E-mail: rapatskaya@mail.ru*