

УДК 551.4.02+551.89+550.8.028+550.8.838

МАГНИТНЫЙ КЛЮЧ К ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПОЧВ И ОТЛОЖЕНИЙ

**В. А. Лобков^{1, 2)}, И. Г. Шоркунов^{1, 2)}, Е. В. Гаранкина^{1, 2)},
Е. Д. Шеремецкая²⁾, В. А. Шевченко¹⁾**

¹⁾Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
Ленинские горы, 1, 119991, г. Москва, Россия ²⁾Институт географии РАН,
Старомонетный пер., 29/4, 119017, г. Москва, Россия, vasilylobkov@igras.ru

Рассмотрены информационная роль магнитной фракции почв и отложений, а также особенности ее изучения в условиях педолитокомплексов Валдайской перигляциальной зоны. Предложен алгоритм исследования магнитных свойств на различных масштабах, включая недостаточно используемый метод магниторазведки. Подчеркивается роль площадных магнитных исследований для определения пространственной организации почвенно-литологических толщ.

Ключевые слова: палеопочвы; покровные суглинки; перигляциальная зона; поздний плейстоцен; капаметрия; магниторазведка.

MAGNETIC KEY TO THE SPATIAL ORGANIZATION OF SOILS AND SEDIMENTS

**V. A. Lobkov^{1, 2)}, I. G. Shorkunov^{1, 2)}, E. V. Garankina^{1, 2)}
E. D. Sheremetskaya²⁾, V. A. Shevchenko¹⁾**

¹⁾Lomonosov Moscow State University, Leninskiye Gory, 1, 119991, Moscow, Russia
²⁾Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Staromonetny lane, 29, 119017,
Moscow, Russia, vasilylobkov@igras.ru

The informational role of the magnetic fraction of soil and sediments, as well as the features of its analysis in pedolithocomplexes of the Valdai periglacial area are considered. A multi-scale approach to magnetic properties analysis is proposed, including previously underutilized magnetic survey. The role of area studies of magnetic properties for determination of the spatial organization of soil-sediment sequences is emphasized.

Keywords: paleosols; cover loams; periglacial area; Late Pleistocene; kappametry; magnetic survey.

Магнитные методы исследований нашли широкое применение в области изучения четвертичных образований, особенно лито- и педостратиграфии, реконструкции природной среды и определения современной динамики ландшафтов. Роль магнитного носителя информации в почвах и отложениях играют ферримагнитные минералы железа [1]. При

обычно незначительном содержании в четвертичных осадочных породах магнитные оксиды железа обладают крайне высоким вкладом в магнитную восприимчивость и остаточную намагниченность. По происхождению в магнитной фракции различают первичную и вторичную части. По их соотношению в том или ином материале можно судить о процессах диагенеза и почвообразования. Особый интерес представляет аутигенная фракция, состоящая из суперпарамагнитных тонкодисперсных частиц магнетита и маггемита. Их формирование в субаэральных условиях связано с процессами окисления, зависящими от изначального запаса железа, гидрологического режима, климата, пожарной активности и времени [1, 2, 3, 4]. Кроме процессов химической трансформации *in situ* оксиды железа также подвержены вертикальному и латеральному перемещению, которое может их как рассеивать, так и концентрировать. В условиях преобладания аккумуляции сформировались высокоразрешающие магнитные записи внеледниковых лессовых областей Евразии, запечатлевшие смену природных обстановок в ледниково-межледниковом цикле [5, 6].

В то же время в более северных перигляциальных и ледниковых областях в условиях более сжатых толщ и многочисленных перерывов в осадконакоплении минералы железа были вовлечены в формирование более сложных записей, в которых разновременные признаки накладывались, видоизменяли и частично стирали друг друга. Так в том числе были сформированы позднеплейстоцен-голоценовые почвенно-литологические толщи возвышенностей центра Восточно-Европейской равнины, для которых отмечается высокая вертикальная и латеральная неоднородность, обилие реликтовых форм микрорельефа, педогенных и криогенных признаков [7]. Эта крупномасштабная дифференциация отразилась и на пространственном распределении магнитных свойств [8]. Таким образом, для достоверной интерпретации магнитных данных в подобных условиях становится критически важным учет пространственной вариации, обусловленной в том числе прошлыми условиями осадконакопления и почвообразования.

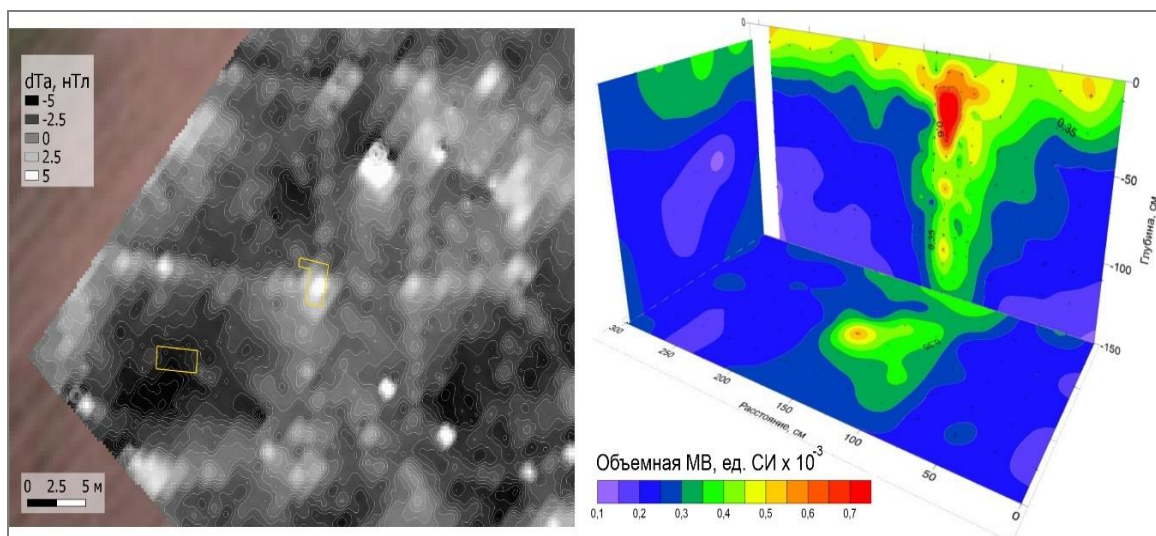
В ходе исследований последних лет мы предприняли попытку интегрировать магнитные методы в детальное исследование почвенно-литологических толщ междуречий севера Валдайской перигляциальной зоны в ряду масштабов [7, 9]. Для этого успешные наработки по изучению магнитной восприимчивости [6, 8] были соединены с гораздо менее распространенными в практике почвоведения и палеогеографии площадными магнитометрическими съемками.

В смежных областях исследований эти методы неразрывно связаны [10], однако в изучении почвенного покрова площадное измерение компонент магнитного поля Земли применяется единично [11]. Карты аномального магнитного поля, получаемые в результате детальной (расстояние между измерениями первые десятки см – первые м) площадной магниторазведки (проводимой с помощью квантовых магнитометров (например, Геодевайс «Quantummag»)) представляют объективный материал, на основании которого можно экстраполировать данные, полученные в отдельных выработках (шурфах, скважинах).

Особую ценность такой материал представляет на этапе выбора мест расположения выработок. Так, комплекс валдайских перигляциальных форм микрорельефа (полигонально-блочного, термокарстового и др.), зачастую нивелированный процессами естественного и антропогенного выравнивания, за счет сохранившихся в толще палеоструктур (например, псевдоморфоз по ледяным жилам) и почвенных тел формирует достаточный геофизический контраст для определения его пространственной конфигурации с точностью до первых десятков см (рис.). Высокая производительность метода позволяет изучать участки от первых тысяч до первых десятков тысяч м² в день.

При этом необходимо учитывать интегральный характер магнитных параметров, которые редко можно связать с единственным типом объектов и/или процессом. Для этого магнитная съемка калибруется детальной каппаметрией (измерением магнитной восприимчивости). Мы используем съемку объемной магнитной восприимчивости с помощью полевого каппаметра (например, SatisGeo КМ-7) по регулярной сети измерений с шагом 10-30 см на вертикальных и горизонтальных срезах шурфов, что позволяет накапливать статистику для макроморфологических выделов (рис.).

В свою очередь, полевая каппаметрия завершается лабораторными измерениями удельной магнитной восприимчивости (пересчитанной на вес образца). Измерение этого параметра на разных двух частотах (например, 500 и 4000 Гц) позволяет рассчитать частотно-зависимую магнитную восприимчивость. С ее помощью полуколичественно оценивается доля суперпарамагнитной тонкодисперсной фракции, что позволяет судить об условно лито-, пиро- и педогенном вкладе в магнитные параметры [3, 4].



Пространственные вариации магнитных параметров (Суздальское ополье): фрагмент карты аномального магнитного поля с тетрагональной системой положительных магнитных аномалий, унаследованной от изначальных понижений полигонального-блочного микрорельефа (слева) и повышение магнитной восприимчивости, приуроченное к палеокриогенной структуре (справа).

Более детальное исследование, направленное на определение генезиса и минерального магнитной фракции, предполагает измерение других магнитных параметров, мессбауэровскую спектроскопию, определение содержания соединений железа, а также непосредственное изучение магнитных частиц с помощью электронной микроскопии [12].

Библиографические ссылки

1. Водяницкий, Ю. Н. Минералы железа как память почвенных процессов / Память почв: почва как память биосферно-геосферно-антропогенных взаимодействий // Отв. ред. В. О. Таргульян, С. В. Горячкин. М.: ЛКИ, 2008. С. 289-313.
2. Бабанин В. Ф., Трухин В. И., Карпачевский Л. О. Магнетизм почв. М. Ярославль, 1995. 222 с.
3. Dearing, J. A., Dann, R. J. L., Hay, K., Lees, J. A., Loveland, P. J., Maher, B. A., O'Grady, K. Frequency-dependent susceptibility measurements of environmental materials // Geophys. J. Int. 1996. 124. P. 228-240.
4. Jordanova, D., Jordanova, N., Barrón, V., and Petrov, P. The signs of past wildfires encoded in the magnetic properties of forest soils // Catena. 2018. 171. P. 265-279.
5. Maher B. A. The magnetic properties of Quaternary aeolian dusts and sediments and their palaeoclimatic significance // Aeolian Res. 2011. 3. P. 87-144.
6. Алексеев А. О., Калинин П. И., Алексеева Т. В. Почвенные индикаторы параметров палеоэкологических условий на юге Восточно-Европейской равнины в четвертичное время // Почвоведение. 2019. № 4. С. 389-399.
7. Garankina E. V., Lobkov V. A., Shorkunov I. G., Belyaev V. R. Identifying relict periglacial features in watershed landscape and deposits of Borisoglebsk Upland, Central European Russia // Journal of Geological Society. 2022. 179.

8. Ваганов И. М., Алексеев А. О. Магнитная восприимчивость в оценке пространственной и профильной неоднородности почв, обусловленная палеоэкологическими факторами // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2015. № 5. С. 99–106.

9. Valdai Periglacial Field Symposium Guidebook, 27–30 Aug 2023 [El. ed.]. М.: IGRAS. 2023.

10. Матасова Г. Г., Казанский А. Ю., Позднякова О. А. Опыт использования петромагнитного метода для оценки перспектив применения магниторазведки на территории археологических памятников Барабинской лесостепи // Физика Земли. 2016. № 6. С. 1–14.

11. Коснырева М. В., Золотая Л. А. Геофизические методы в почвоведении. 2011. Lambert Academic Publishing. 132 с.

12. Hounslow M. W., Maher B. A., 1999. Laboratory procedures for quantitative extraction and analysis of magnetic minerals from sediments. In: Environmental Magnetism, a Practical Guide, 6, P. 139–164.