

Магнитно-силовая микроскопия с использованием искусственных нейронных сетей для реконструкции намагниченности в ансамблях наночастиц

Руслан А. Рытов^{1,2}, Алексей Н. Целебровский², Валерий И. Максимочкин², Роман А. Грачев²

¹ Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radiowave Propagation of the Russian Academy of Sciences

² Lomonosov Moscow State University

ruslan.rytov2017@yandex.ru

Ансамбли магнитных наночастиц в процессе возникновения в базальтовых лавах сохраняют информацию о магнитном поле Земли в течение долгого времени. Для корректной интерпретации палеомагнитных данных важно знать, как частицы распределены по размерам и форме в объеме породы, а также их доменную структуру и её эволюцию во внешнем магнитном поле.

Магнитно-силовая микроскопия (MFM) — это метод, широко используемый в исследовательских лабораториях для визуализации магнитной структуры мелких частиц. Прибор использует принцип регистрации изменений механических колебаний магнитного кантилевера в рассеянных магнитных полях намагниченного образца [1]. Однако MFM предоставляет только скалярные данные, но рассеянное магнитное поле является векторной величиной. Далее с помощью решения обратной задачи по рассеянным магнитным полям возможно восстановление векторной намагниченности в исследуемых образцах.

В данной работе разработана искусственная нейронная сеть для восстановления полного векторного магнитного поля, а также векторной намагниченности, по измеренным скалярным данным. Нейронная сеть обучается решать обратную задачу прямым методом: по рассеянным магнитным полям подбирается распределение намагниченности так, чтобы создаваемое им магнитное поле совпадало с полем, измеренным кантилевером магнитосилового микроскопа. Такой подход не требует базы данных для обучения нейронной сети.

Разработанная нейронная сеть была протестирована на образцах природных ферромагнитных частиц магнетита и титаномагнетита [2].

[1] Kazakova O. et al., Journal of Applied Physics. 125 (2019) 6.

[2] Maksimochkin V. I., Grachev R. A., Tselebrovskiy A. N. Izvestiya, Physics of the Solid Earth. 58 (2022) 2.

Investigación realizada con el apoyo de:

1. "Российский научный фонд", subvención 24-27-00250