

## ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОЙ ВЯЗКОСТИ ВО ВРЕМЕННОЙ И ЧАСТОТНОЙ ОБЛАСТЯХ (НА ПРИМЕРЕ ОДНОГО ИЗ АРХЕОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ ПРИОЛЬХОНЬЯ)

*Камнев Я.К.*

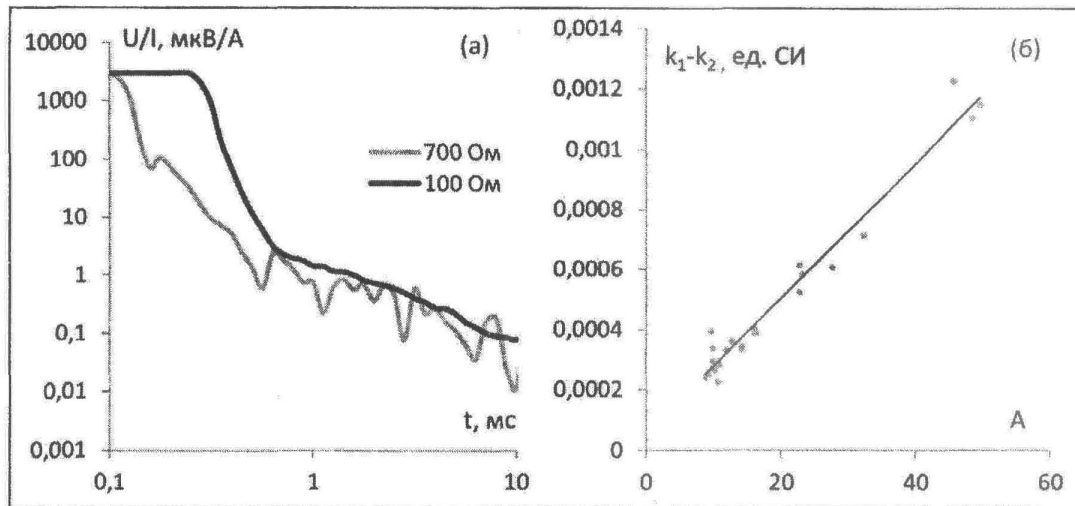
Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,  
Новосибирск, KamnevYK@ipgg.sbras.ru

Исследование магнитной вязкости представляет большой интерес в геофизике. В палеомагнетизме выявление и устранение вязкой намагниченности – важная часть исследований. В электроразведке методом переходных процессов релаксация намагниченности индуцирует в приемной петле медленно убывающую ЭДС, что осложняет исследование затухания вихревых токов в среде. С другой стороны, магнитная вязкость содержит полезную информацию о породах.

Причиной магнитной вязкости природных и антропогенных сред чаще всего является релаксация намагниченности мельчайших однодоменных частиц ферромагнитных минералов. Изучать магнитную вязкость можно в частотной и временной областях. Частотный метод получил широкое распространение в палеомагнетизме. Наиболее популярным является прибор BartingtonMS2, который измеряет магнитную восприимчивость на двух частотах и обеспечивает точность измерений порядка 1 %. Рост интереса к изучению вязкой намагниченности привел к появлению более точного прибора – MFK1 Kappabridge, работающего на трех частотах и позволяющего контролировать температуру исследуемых образцов. С его помощью можно изучать распределение суперпарамагнитных частиц по размерам. Хотя изучение магнитной вязкости во временной области проводится сравнительно редко, это направление представляется весьма перспективным, так как измеряемые сигналы релаксации намагниченности суперпарамагнитных частиц характеризуются широким спектром частот. Современная электроразведочная аппаратура позволяет регистрировать переходные процессы длительностью от долей микросекунды до нескольких секунд и уровень сигнала от долей микровольта до нескольких вольт.

Автором выполнены исследования магнитной вязкости образцов одного из горнов, найденного при археологических раскопках в Приольхонье. Горн, использовавшийся древними людьми для получения железа сыродутным способом, обладает значительной магнитной вязкостью. Примечательно, что именно присутствие в подобных сооружениях высокого содержания суперпарамагнитных частиц послужило причиной открытия археометаллургической активности в этом регионе [1]. Измерения в частотной области выполнены на приборе MFK1 Kappabridge в палеомагнитной лаборатории ИНГТ СО РАН. Измерения проводились на двух частотах намагничивающего поля ( $f_1=976$  Гц,  $f_2=3904$  Гц) с амплитудой 200 А/м. Магнитная вязкость образцов оценивалась как разница магнитных восприимчивостей, измеренных на разных частотах ( $\kappa_1-\kappa_2$ ). Измерения во временной области были выполнены с использованием полевой станции для зондирования становлением поля FastSnap [2] с помощью специальных генераторных и приемных катушек [3]. Параметры катушек были подобраны так, чтобы приложить к образцу максимально возможное поле и наиболее точно измерить релаксацию намагниченности. Кроме этого, необходимо было учесть собственный переходный процесс катушек, а также нагрев образца генераторной катушкой. Важным элементом системы оказался шунт генераторной петли. Небольшой шунт (порядка 100 Ом) хорошо подавляет

высокочастотные шумы, однако создает дополнительный переходный процесс (рисунок, а). В полевой электроразведке такие переходные характеристики нежелательны, так как они изменяются в зависимости от пункта зондирования, и поэтому их сложно учитывать при интерпретации. Однако в лабораторных условиях отклик пустой катушки стабилен, и его можно вычесть из измеренной переходной характеристики. Магнитная вязкость при измерениях во временной области характеризуется амплитудой  $A$  переходного процесса.



Собственный переходный процесс катушек при сопротивлении шунта 100 и 700 Ом (а).  
Корреляция между результатами измерений магнитной вязкости во временной и частотной областях (б).

На рисунке, б, показана корреляция результатов измерений во временной и частотной областях. Между параметрами существует линейная связь, однако отклонения некоторых точек от прямой говорят о необходимости уменьшения погрешности измерений. Представленные результаты свидетельствуют о возможности измерять во временной области даже незначительные проявления магнитной вязкости. Преимуществом измерения во временной области является тот факт, что измеряемые переходные процессы содержат широкий спектр частот, и повышение точности измерений во временной области позволит не только эффективно измерять вязкую намагниченность, но и оценивать распределение суперпарамагнитных частиц по размерам, которые ее порождают.

### Литература

1. Кожевников Н.О., Кожевников О.К., Харинский А.В. Как поиски решения геофизической проблемы привели к открытию археологического памятника // Геофизика. 1998. № 6. С. 48–60.
2. Телеметрическая аппаратура FastSnap для малоглубинных электромагнитных зондирований. <http://www.sibgeosystems.ru/hardware/FastSnap/>.
3. Камнев Я.К., Кожевников Н.О., Матасова Г.Г. Измерение магнитной вязкости во временной области лабораторной индукционной установкой // Интерэкспо ГЕО-Сибирь 2012. VIII Междунар. научн. конгр., 10–20 апреля 2012 г., Новосибирск: VIII Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Новые направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых»: сб. материалов в 2 т. Т. 1. Новосибирск: СГГА, 2012. С. 38–42.