

МИНЕРАЛЫ - НОСИТЕЛИ ОСТАТОЧНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ В ГОРНЫХ ПОРОДАХ КАЙНОЗОЯ

В горных породах носителями любого вида намагниченности являются магнитные минералы — ферриты и антиферромагнетики, входящие в класс сильномагнитных минералов — ферромагнетиков.

Основная цель изучения магнитной фракции в общем минералогическом составе пород — это диагностика и выявление магнитных минералов, ответственных за первичную остаточную намагниченность (J_n°), на которой строится доказательство синхронности J_n° и возраста исследуемых пород [Храмов, 1986].

Исследования магнитных минералов и их характеристики проводились в Палеомагнитной лаборатории ИГ УНЦ РАН Л.С. Кондручиной и Н.Ф. Данукаловым; автором — в Палеомагнитной лаборатории Казанского государственного университета (КГУ) и на Палеомагнитной полигоне ВНИГРИ (С.-Петербург).

Анализ вещественного состава кайнозойских образований показал наличие в них широкого спектра ферромагнитных частиц, что доказывает способность этих пород сохранять остаточную намагниченность. В спектрах ферромагнитных фракций в разрезах отложений кайнозоя различного возраста наблюдается некоторое разнообразие.

Выяснено, что в породах присутствуют магнитные минералы как первичного, так и вторичного генезиса в сочетаниях: магнетит; магнетит и маггемит; магнетит и гематит; магнетит, гематит, гетит и другие гидроокислы железа. Из перечисленных магнитных минералов, присутствующих в поро-

дах, наиболее развит разномерный магнетит. Полный термомагнитный анализ отдельных образцов пород подтвердил присутствие магнетитовой фазы с блокирующей температурой $T_6 = 580^\circ\text{C}$ (рис.).

Невысокие значения магнитных полей насыщения и разрушения также указывают на магнетит, а невысокая напряженность этих полей свидетельствует о разнообразии структурных особенностей этого минерала [Храмов,

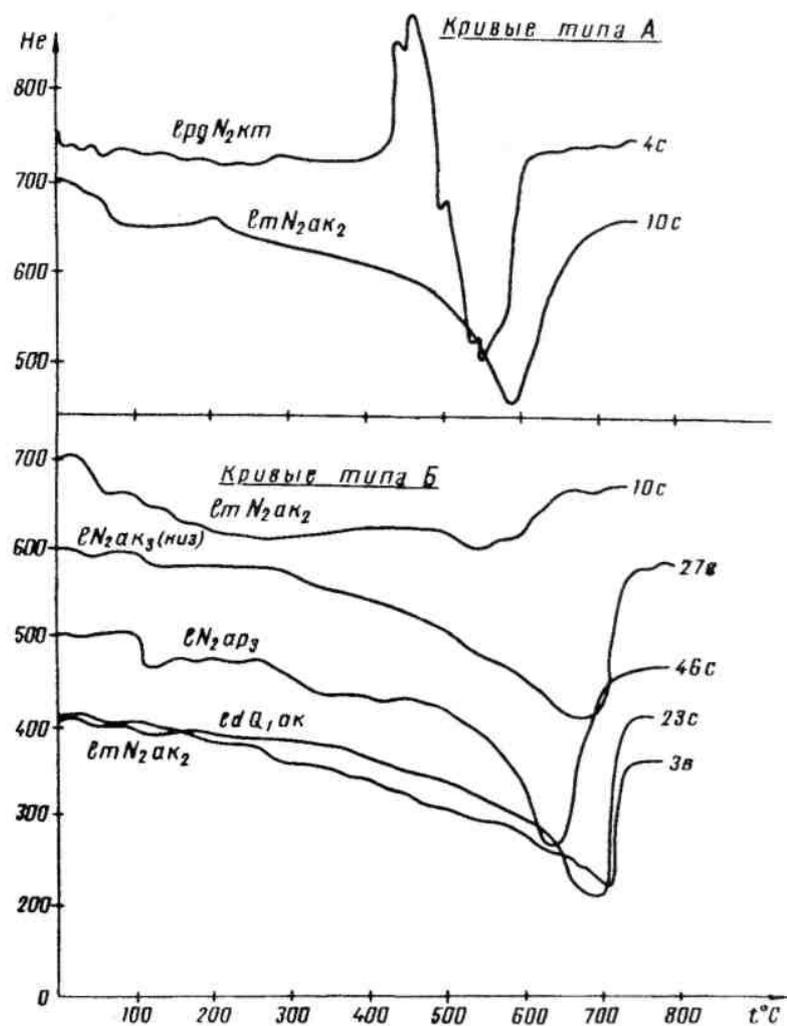


Рис. Типичные термодифференциальные кривые двух типов: А и Б кайнозойских пород

Ржевский, Водень, 1980; Храмов, Молоствовский, 1984].

Среди параметров насыщения самым информативным оказалась сама величина остаточной намагниченности насыщения: максимальная для магнетита и минимальная для гидроокислов железа.

Породы, затронутые гипергенными процессами, как правило, содержат магнетит и маггемит. Эта ассоциация минералов хорошо диагностируется по 180 °С пику на кривой первого нагрева. После второго нагрева пик исчезает, т.е. маггемит переходит в гематит. Отсюда следует иметь в виду, что ассоциация магнетит — маггемит может служить индикатором гипергенных изменений.

В некоторых породах раннего кайнозоя по кривой нормального размагничивания (Jr) выявляются две фазы, различающиеся скоростью роста (Jg) и их коэрцитивными спектрами. Выяснено, что первая фаза обусловлена магнетитом, а вторая — гематитом.

Породы, в которых основным минералом является гематит, Jn° может быть одно- и двухфазной. Для гематита в этом случае характерны однодоменные зерна. Одна фаза связана с низкокоэрцитивными крупными зёрнами гематита, а другая — с высококоэрцитивными, более мелкими зёрнами гематита, близкими к однодоменным, либо с гидроокислами железа. Из гидроокислов чаще всего встречаются гетит и гидрогетит [Щербаков, Щербакова, Виноградов, 2000; Щербаков, Сычева, 2004].

Таким образом, основным носителем древней намагниченности раннекайнозойских пород (Зайсанская впадина) является магнетит, реже — гематит. Носителями современной (вязкой) и других вторичных намагниченностей являются мелкие частицы магнетита. В частности, *миоценовые* породы оказались однородными по составу носителей намагниченности. Им оказался магнетит. В отложениях *олигоценного* возраста состав ферромагнитной фракции более разнообразный и сложный (магнетит, маггемит, гематит, гетит, лепидокрокит). Эти выводы подтверждаются также исследованиями при терморазмагничиваниях и размагничиваниях переменными магнитными полями, а также по диаграммам Зейдервельда.

В отложениях *эоцена* преобладает спектр ферромагнитной фракции, которая до 60 %, а иногда и 100 %, ответственна за вторичную намагниченность.

Минералогические исследования вещественного состава средне- и позднекайнозойских пород на территории *Восточно-Европейской платформы* показали, что в разрезах *плиоценовых* отложений магнитные свойства пород определяются содержанием в них в основном минералов магнетит-ильменитовой серии. Магнетит первичный. Зерна его полукатаны с гладкой или шероховатой поверхностью. Морфологические особенности минералов — преобладание обломков над идиоморфными кристаллами. Характер их модификации свидетельствует об остаточном происхождении первичной намагниченности (Jn°). Вторичным магнитным минералом является лимонит. Вещественный состав определялся по термическому анализу и рентгено-графическими исследованиями в Саратовском университете Е.В. Ахлестиной и Л.В. Молотковой.

Подтверждением выявленного состава ферромагнитных включений в *плиоцен-плейстоценовых* породах является исследование под микроскопом отсепарированной из пород ферромагнитной фракции. Просмотр показал, что в состав ферромагнитной фракции входят в основном магнетит и гематит. Магнетит черного цвета с коричневым оттенком, иногда в форме октаэдров с обломанными и округленными краями. Большая часть зерен неправильной формы. Магнетит разнозернистый, неокисленный, в разных породах составляет от 30 до 100 % магнитной фракции. Гематит почти черный с металлическим блеском, мелко- и среднезернистый, зерна оолитоподобной формы. В различных породах гематит составляет от 3 до 70 % от общей ферромагнитной фракции. Выявлены также отдельные зерна лимонита (3-5 %) бурого цвета, неправильной формы, окатанные.

Так, например, по разрезам Северного Предуралья (*плиоцен*) ($\varphi = 67^\circ$, $\lambda = 54^\circ$) состав ферромагнитной фракции: гематит ~ 85 %; магнетит ~ 13 %; лимонит ~ 5 %.

Гематит — пылеватый, серо-стального цвета, мелкозернистый; магнетит — темно-коричневый, почти черный, круглой формы, окатанный; лимонит - красновато-коричневый, овальной формы.

Гематит — пылеватый, серо-стального цвета, мелкозернистый; магнетит — темно-коричневый, почти черный, круглой формы, окатанный; лимонит - красновато-коричневый, овальной формы.

Плейстоцен ($\varphi = 65^\circ$, $X = 54^\circ$) состав ферромагнитной фракции: магнетит ~ 97 %; лимонит ~ 3 %. Магнетит черного цвета с коричневым оттенком, мелкозернистый, в форме октаэдров с округлыми краями. Лимонит — красновато-бурого цвета округлой и неправильной формы.

Таким образом, ферромагнитная фракция кайнозойских пород Северного Предуралья содержит магнетит от 15 до 100 %. Гематит встречается в основном в породах, содержащих малое количество магнетита и составляет 15-85 %. Содержание лимонита в породах около 5 %, но в редких случаях доходит до 50 %. Магнетит - черного цвета с коричневым оттенком, мелко- и микрозернистый, неправильной формы с округлыми краями, неокисленный, иногда встречается в форме октаэдров. Гематит — пылеватый, в мелких и средних зернах. Лимонит — красновато-бурый, зерна его имеют округлую или неправильную форму.

По разрезам Среднего Поволжья:

Средний плейстоцен ($\varphi = 54^\circ$, $\lambda = 54^\circ$) ферромагнитный состав: магнетит ~ 80 %, гематит - 15 %, лимонит ~ 5 %. Магнетит мелкозернистый, неправильной формы, черного цвета с коричневым оттенком; гематит — черного цвета, мелкозернистый. Магнетит и гематит трудно отличаются по цвету и форме. Различие определяется по микрохимическим реакциям. Лимонит бурого цвета, окатанной неправильной формы.

Поздний плейстоцен ($\varphi = 54^\circ$, $\lambda = 54^\circ$) — магнетит ~ 90 %, гематит ~ 8 %, лимонит ~ 2 %. Магнетит мелкозернистый, темно коричневым, почти черный, неправильной формы; гематит — пылеватый, светло-серого цвета; лимонит — красновато бурого цвета, неправильной формы, частично окисленный.

Голоцен ($\varphi = 55^\circ$, $\lambda = 54^\circ$) ферромагнитный состав: гематит ~ 70 %, магнетит ~ 30 %. Гематит — пылеватый, темно-серый, почти черный с металлическим блеском, соединенный в оолитоподобные зерна. Магнетит — черного цвета, в форме октаэдров с округленными обломанными краями.

На территории Южного Предуралья просмотр под микроскопом ферромагнитной фракции пород из разрезов голоцена свидетельствуют о том, что носителями намагниченности здесь также являются магнетит и гема-

тит. Магнетит средне- и мелкозернистый, темно-коричневый, почти черный, неправильной формы. У среднезернистых форма идиоморфная, мелкозернистые — неправильной формы с обломанными краями. Гематит светло-серого цвета, пылеватый, неправильной формы. Но встречаются зерна округлой формы, реже - пластинчатой. Имеются отдельные зерна лимонита. Лимонит очень мелкий, красновато-бурого цвета.

Дополнительно в Палеомагнитной лаборатории КГУ проведен детальный термомагнитный анализ образцов пород из разрезов позднекайнозойских отложений Волго-Уральской области.

Полученные дифференциальные и интегральные кривые показали, что основными носителями намагниченности в плиоцене и раннем плейстоцене являются магнетит, гематит, магнетит в различных сочетаниях.

По просьбе автора в лаборатории КГУ Б.В. Буровым досконально изучена ферромагнитная фракция из пеплов и обожженных почв археологических раскопок «Городище Зуевы ключи» и «Городище Каменный Лог» (Прикамье).

Получены термодифференциальные и интегральные кривые при рабочих полях (0,1-0,2)Т. Просмотрено 30 проб. По заключению Б.В.Булова ферромагнитный состав пород достаточно однообразен. В основном форма кривых имеет два типа: один характерен для тяжелой фракции, другой — для легкой. В тяжелой фракции наблюдается широкий спектр мелких частиц смешанного гематит-магнетитового состава с блокирующими температурами от комнатной до 500-600°C. Имеется также относительно крупно-кристаллический магнетит и гематит, сохраняющие свою намагниченность вплоть до температуры Кюри (575°C и 675°C соответственно). Легкая фракция практически всех проб еще более однообразная. Здесь большую роль играют частицы с блокирующими температурами значительно ниже точки Кюри. Максимум спада обычно приходится на температуры 520-550°C и заканчивается при 620-630°C. Судя по всему, в легкой фракции остаточная намагниченность практически полностью приурочена к спектру мелких частиц с блокирующими температурами 200-400°C. По мнению Б.В. Булова, в спек-

тре легкой фракции имеются и гематит, и магнетит.

Таким образом, на основании анализа вещественного состава изученных отложений можно заключить, что ферромагнитный спектр кайнозойских пород исследованных территорий не отличается особым разнообразием. В формировании остаточной намагниченности принимают участие средне- и мелко-зернистые минералы, в основном, магнетит-гематитового состава. За формирование индуктивной намагниченности отвечают мелкие частицы с относительно низкими температурами сохранения остаточной намагниченности J_n . В спектре мелких частиц низкотемпературная часть (200-300 °C) с малым временем релаксации может служить материалом для формирования вязкой компоненты J_n [Храмов, 1986].

Устойчивая часть всего ферромагнитного спектра (400-500-600 °C) имеет высокую стабильность и должна быть носителем древней остаточной намагниченности (J_n^o).

Литература

Храмов А.Н., Ржевский Ю.С., Водень Г.А. Способ определения вклада различ-

ных магнитных фаз в естественную намагниченность породы // Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли. 1980. № 7. С. 101-104.

Храмов А.Н., Молоствовский Э.А. Палеомагнитная шкала фанерозоя и проблемы магнитостратиграфии // 27-й Международный геологический конгресс. Доклады. Т.1. М.: Наука, 1984. С. 16-27.

Храмов А.Н. Компоненты естественной остаточной намагниченности осадочных пород и их значение для магнитостратиграфии // Магнитостратиграфия и палеомагнетизм осадочных и вулканогенных формаций СССР / Тр. ВНИГРИ. Л., 1986. С. 85-96.

Щербаков В.П., Щербакова В.В., Виноградов Ю.К. Ошибки определения палеонаправлений в зависимости от доменной структуры ферромагнитных зерен образца: Тез. докл. Борок. 25-29 сентября 2000 г. М.: ГЕОС, 2000. С. 76-79.

Щербаков В.П., Сычева Н.К. К методике расчета блокирующих температур субмикронных зерен магнетита на основе современных методов микромагнетизма // Мат-лы междунар. семинара: Палеомагнетизм и магнетизм горных пород: теория, практика, эксперимент. Казань, 2004.