

ЛИТЕРАТУРА

1. Маракушев А.А. Происхождение месторождений платиновых металлов и их экспериментальное моделирование // Платина России. -М., 1995. -С. 49-63.
2. Булаева Е.Ю., Новгородова М.И. Элементоорганические соединения в проблеме миграции рудного вещества // -М., 1989. -152 с.
3. Чернышов Н.М. Новый тип золото-платинометалльного оруденения в стратифицированных черносланцевых комплексах ВКМ (закономерности размещения, минералого-геохимические особенности и геолого-генетическая модель формирования) // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геологическая. -1996. -№1.-С. 114-132.
4. Chernyshov N.M. New type of platino-metalline mineralization in highly carbonaceous stratified Precambrian complexes in Central Russia // International Platinum. - Theophrastus publications. -St. - Petersburg, 1998. -P. 199-205.
5. Додин Д.А., Чернышов Н.М., Яцкевич Б.А. Платинометалльные месторождения России. - СПб., 2000. -755 с.
6. Додин Д.А., Чернышов Н.М., Чередникова О.И. Металлогения платиноидов крупных регионов России. -М., 2001.-302 с.
7. Пашкова Е.А. Осаждение золота и сопутствующих микроэлементов в морских илах под влиянием органического вещества: Автореф. дисс. ... канд. геол.-минер. наук. -М., 1994. -22 с.
8. Созинов Н.А., Чистякова Н.Н., Казанцев В.А. Металлоносные черные сланцы Курской магнитной аномалии. -М., 1988. -149 с.
9. Попивняк И.В., Демин Б.Г., Левицкий В.В. и др. Новые данные о летучих компонентах мантийных минералообразующих сред // Докл. АН СССР. -1980. -Т. 254, № 5. -С. 1238-1241.
10. Евстигнеева Т.Л., Некрасов И.Я., Белоусов Г.Г. Условия синтеза фаз и минеральные равновесия в системе Pd-Sn-HCl при 300-400°C и P_{H2O} = 1 кбар // Проблемы физико-химической петрологии. -М., 1979. -С. 244-258.
11. Loukola-Ruskeeniemi K., Pasava J., Chernyshov N. Important controls on the origin Proterozoic PGE-metalrich black shales // 4th biennial SGA Meeting. August 11-13. 1997. Turku Finland. -P.11-14.
12. Hulbert L.J., Gregoire C.D. and Paktunc D. Sedimentary nickel, zinc and platinum-group-element mineralization in Devonian black shales at the Nick property, Yukon, Canada: A new deposit type // Explor. Min. Geol. -1992. -V. 1. -P. 39-62.
13. Fan D. Polyelements in the Lower Cambrian black shale series in southern China // The Significance of Trace Metals in Solving Petrogenetic Problems and Controversies. Theophrastus Publications. -S.A. Athens. -1983. -P. 447-474.
14. Pasava J., Sulovsky P., Kovalova M. Geochemistry and mineralogy of proterozoic metal-rich black shales from the Bohemian massif, Czech Republic, with a description of possible new molybdenum selenide and telluride phases // The Canadian Mineralogist. -1993. -V. 31. -P. 745-754.
15. Coveney R.M., Murowchik J.B., Grauch R.I., Chen N et al. Field relations, origins and resource implications for platinumiferous molybdenum-nickels ores in black shales of south China // Explor. Min. Geol. -1992. -V.1. -P. 21-28.

УДК 550.838:519.2 (470.2)

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ТИПОВ ГАББРОНОРИТОВ ФЕДОРОВО-ПАНСКОГО МАССИВА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА МАГНИТНОЙ ДАКТИЛОСКОПИИ

П.В.Припачкин, К.О.Дудкин

Геологический институт Кольского научного центра РАН, г. Апатиты

Установленная предыдущими исследованиями пространственная связь структурных типов габброноритов монотонных толщ Федорово-Панского массива (Кольский п-ов) с магнитными аномалиями проверялась с помощью метода магнитной дактилоскопии. В результате исследования магнитных свойств конкретных образцов, принадлежащих к разным структурным типам, на новом уровне были подтверждены более ранние наблюдения. Тем не менее, природа корреляции структуры и магнитных свойств габброноритов требует дальнейшего изучения.

Федорово-Панский расслоенный массив (ФПМ) (рис.1) расположен в центральной части Кольского полуострова, контактируя на севере с породами комплекса основания (гранито-гнейсы архея) и щелочными гранитами, а на юге – с осадочно-вулканогенными породами свиты Имандра-Варзуга. В массиве выделяются три крупных блока: Федоровотундровский, Западно-Панский, Восточно-

Панский. Западно-Панский блок наиболее хорошо изучен, т.к. именно в нем локализованы расслоенные горизонты с малосульфидным платинометалльным оруденением. Основной объем разреза этого блока составляют габбронориты, за исключением маломощных прослоев норитов, тел магнетитовых габбро и собственно расслоенных горизонтов (лейкогаббро-анортозиты, плагиопироксениты, трокто-

олиты). В целом строение Западно-Панского блока можно охарактеризовать как чередование относительно монотонных толщ габброноритов и контрастно расслоенных горизонтов. Ярко выраженный переход от первых ко вторым наблюдается в пределах участка Марьёк (рис.2), который и являлся основным полигоном исследований.

В результате тестирования габброноритов данного участка с помощью метода структурной индикатрисы (МСИ) Ю.Л.Войтеховского [1], нами была установлена неявная неоднородность монотонной тощи [2]. Позднее, при сопоставлении пространственного распределения структурных типов габброноритов с данными магнитной съемки, была

выявлена их удовлетворительная корреляция с магнитными аномалиями различной интенсивности [3].

Такая корреляция объяснялось нами наличием тонких особенностей структуры габброноритов, связанных с распределением в породе плагиоклазовых кластеров – основных носителей магнитных частиц. В работе [2] были рассмотрены структурные типы (по МСИ) пород участка Марьёк и дана их детальная петрографическая характеристика (с точки зрения традиционной петрографической структуры). Напомним вкратце, что тогда нами выделялись четыре основные петрографические разновидности: мезократовые-, мезо-лейкократовые- и лейкократовые габбронориты, а также рудосодержащие породы (от бронзититов до анортозитов, содержащих мало-

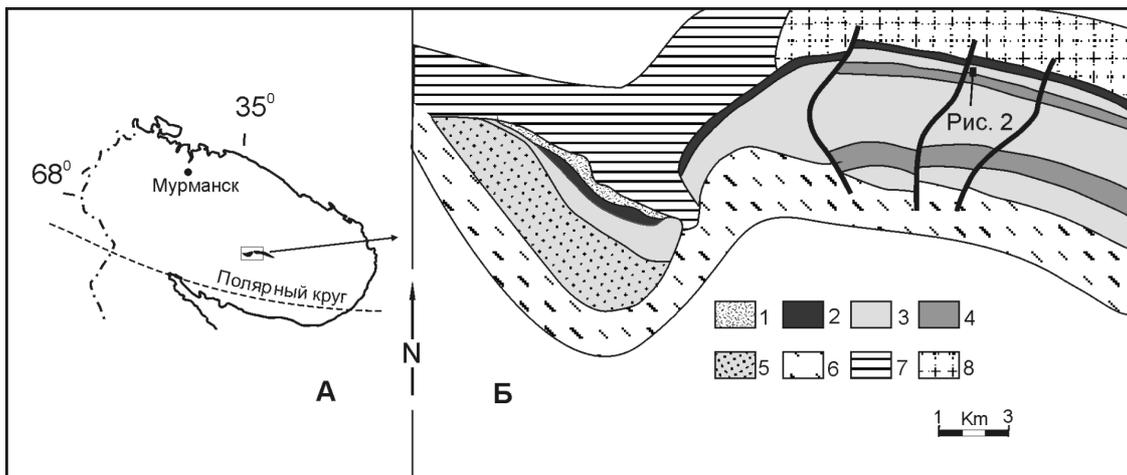


Рис.1. Географическое положение (А) и схема геологического строения (Б) Федорово-Панского массива (Федоровотундровский и Западно-Панский блоки). Породы массива: 1 – такситовые габбронориты, 2 – нориты, 3 – габбронориты, 4 – расслоенные горизонты, 5 – габбро; 6 – нижнепротерозойские вулканогенно-осадочные породы, 7 – архейские гранитоиды, 8 – нижнепротерозойские щелочные граниты.

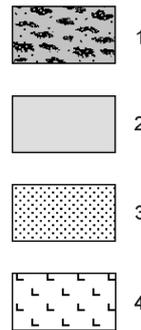
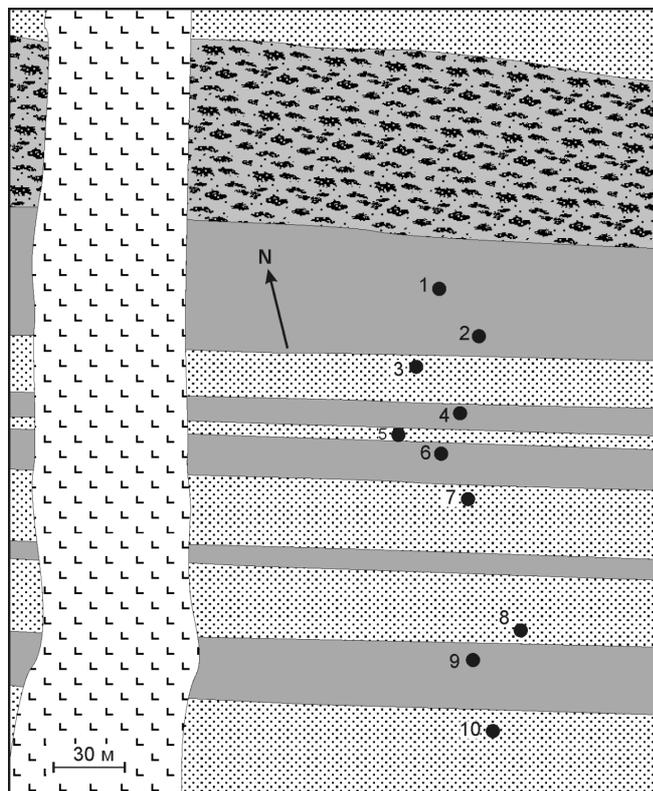


Рис.2. Схема пространственного распределения структурных типов габброноритов в пределах участка Марьёк: 1 – нижний расслоенный горизонт (лейкогабброанортозиты, плагиопротексениты, габбронориты); 2 – габбронориты (структурный тип S_3^2); 3 – габбронориты (структурный тип S_3^3); 4 габбродиабазы; 5 – образец и его номер.

сульфидное платинометалльное оруденение). Отметим, что лейкократовые и рудосодержащие разности развиты главным образом внутри расслоенного горизонта, тогда как вышележащая монотонная толща представлена в основном мезократовыми габброноритами. Для последних характерен устойчивый минеральный состав и мелко-среднезернистое однородное сложение (при этом плагиоклаз, орто- и клинопироксен находятся в кумулусе). Главным различием структурных типов для данных пород является большая (тип S_3^3) или меньшая (тип S_3^2 , за счет цепочек клинопироксена) выраженность плагиоклазового кластера. В работе [4] указывалось, что в габброноритах монотонной толщи магнитным веществом является главным образом магнетит, который присутствует в этих породах в следующих формах: 1) мельчайшие частицы в плагиоклазе; 2) более крупные выделения в моноклинном пироксене и 3) отдельные зерна ильменита и магнетита. По нашим данным, наиболее существенно влияют на магнитные свойства габброноритов первые два типа. Вместе с тем, в пределах расслоенного горизонта, помимо магнетита, в породах развита преимущественно халькопирит-пирротиновая минерализация. Однако, обладающий магнитными свойствами пирротин, составляет не более 1% от объема породы и не может оказывать значительного влияния на характер наблюдаемых аномалий. Таким образом, для более точной картины необходимо было исследовать магнитные свойства конкретных образцов, характеризующих разные структурные типы по МСИ. Первому этапу решения этой задачи посвящена данная работа.

Десять образцов габброноритов монотонной толщи участка Марьёк ФПМ, принадлежащие разным структурным типам согласно МСИ (рис.2), были проанализированы комплексом методов, главным из которых является магнитная дактилоскопия [5]. Работы проводились во ВСЕГЕИ РАН В.В.Герником и Е.Г.Гуськовой.

На первом этапе определялись физические свойства исследуемых образцов (таблица). Судя по значениям «дельта», магнитные измерения были проведены с высокой точностью (исключение составляет лишь обр.№ 1 с его аномально большой «дельтой»). Некоторую погрешность могут также иметь замеры плотности, что связано с малыми размерами образцов. Как видно из приведенных в таблице данных, трудно выделить параметры, позволяющие надежно отличать структурные типы габброноритов по их физическим свойствам. Общей же для этих пород особенностью, отмечавшейся и ранее [6], являются большие значения Q-фактора, вызванные существенным преобладанием остаточной намагниченности над индуктивной. Это еще раз подтверждает вывод о том, что магнитное поле над массивом обусловлено именно остаточной намагниченностью пород, а величина и знак магнитных аномалий зависят не только от изменчивости величины I_r , но и от ее направления. Величину «А» маг-

Таблица
Физические свойства габброноритов
участка Марьёк

| № обр. | каппа | Q | I_r | σ | Δ | Тип А | А |
|--------|-------|-----|-------|----------|----------|-------|----------|
| 1 | 180 | 5,7 | 560 | 3.17 | 81 | L | 1.27 |
| 2 | 750 | 19 | 8000 | 3.57 | 1 | P | 3.70 |
| 3 | 240 | 22 | 2900 | 2.73 | 2 | L | 6.67 |
| 4 | 110 | 26 | 1600 | 3.03 | 1 | P | 2.75 |
| 5 | 74 | 17 | 730 | 2.88 | 2 | L | 1.25 |
| 6 | 180 | 40 | 4000 | 3.06 | 1 | L | 6.67 |
| 7 | 450 | 12 | 3000 | 3.22 | 1 | P | 1.50 |
| 8 | 210 | 38 | 4500 | 3.06 | 1 | P | 1.23 |
| 9 | 190 | 44 | 4700 | 2.99 | 11 | P | ∞ |
| 10 | 430 | 21 | 5000 | 3.50 | 1 | P | 6.00 |

Примечание: каппа – магнитная восприимчивость $\times 10^6$; Q – фактор $Q=I_r/I_i$; I_r – остаточная намагниченность $\times 10^6$; σ – плотность, $г/см^3$; Δ – угловые расхождения (градусы) в замерах направлений I_r в верхнем и нижнем положениях относительно магнитной системы; Тип А – тип анизотропии магнитной восприимчивости: L – линейная, P – плоскостная; А – отношение максимальной индуцированной намагниченности, измеренной по трем осям образца, к минимальной.

нитной анизотропии следует рассматривать как условную, поскольку она значительно затуманена высокой I_r .

Для образцов, характеризующих два наиболее распространенных в МТ структурных типа (S_3^2, S_3^3) были сняты кривые размагничивания идеальной намагниченности I_{ri} , созданной переменным полем $h=800Э$ в присутствии постоянного поля $H=2Э$ (Рис.6); измерения производились на магнитометре МАЛ-036. Как видно из графиков, все кривые относятся к одному типу и занимают сравнительно неширокую область, что свидетельствует о сходстве состава магнетиков. Это подтверждается и результатами магнитной дактилоскопии обр.№3 (тип S_3^3) идентичных таковым для обр. №2. Учитывая фактическое отсутствие видимых различий между структурными типами габброноритов по параметрам МД, анализ остальных образцов был признан нецелесообразным. Сходство параметров МД (рис.3-5) достаточно различных по магнитным свойствам образцов проявляется как в совпадении хода кривых размагничивания, так и в близости параметров H_c^* , довольно высоких для магнетитсодержащих пород. Относительно высокие значения «каппы» указывают на то, что основным магнитным минералом, вероятнее всего является магнетит, а все параметры МД отражают особенности включений.

Установлено, что включения состоят из 3-х фаз (по-видимому, являясь продуктами распада твердого раствора гематита и ильменита), превалирующая из которых (проявленная в районе 600Э) может быть представлена продуктом с большим содержанием гематитовой молекулы. Следует подчеркнуть, что в этом же интервале (600-700Э) однодоменные частицы, дающие 33% от величины соответствующего приращения dI_{ri} , обладают многоос-

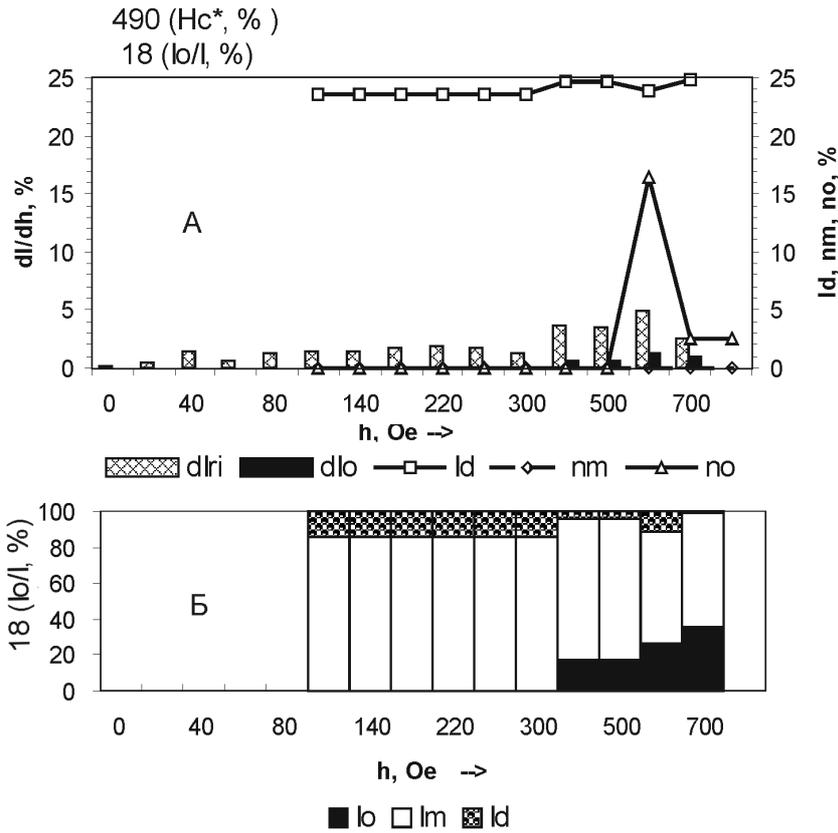


Рис.3. Графики магнитной дактилоскопии (А) и доменная структура (Б) образца 1. $dlri$ – относительные величины $\Delta I_i / \Delta h$ ($\Delta h = 20$ Э) в отмеченных на оси h интервалах; dlo – то же для однодоменных частиц; ld – эффект магнитной дезаккомодации, обусловленный тончайшими частицами, близкими к суперпарамагнитному состоянию; величины ld в условных единицах отсчитываются вниз от верхней горизонтальной оси диаграммы; nm и no – эффекты магнитного текстурирования соответственно многодоменных и однодоменных носителей I_i (в условных единицах), пропорциональные количеству магнитно-многоосных носителей остаточной намагниченности, обычно представленных минералами с кубической решеткой (магнезиоферриты и др.) или с плоскостью легкого намагничивания (некоторые модификации пирротина, гемильменитов); H_c^* – средневзвешенная коэрцитивность идеальной остаточной намагниченности I_{ri} ; $lo/l = lo$ – относительный вклад однодоменных частиц в общую I_{ri} ; lm – то же многодоменных частиц; di/dh – парциальная идеальная намагниченность.

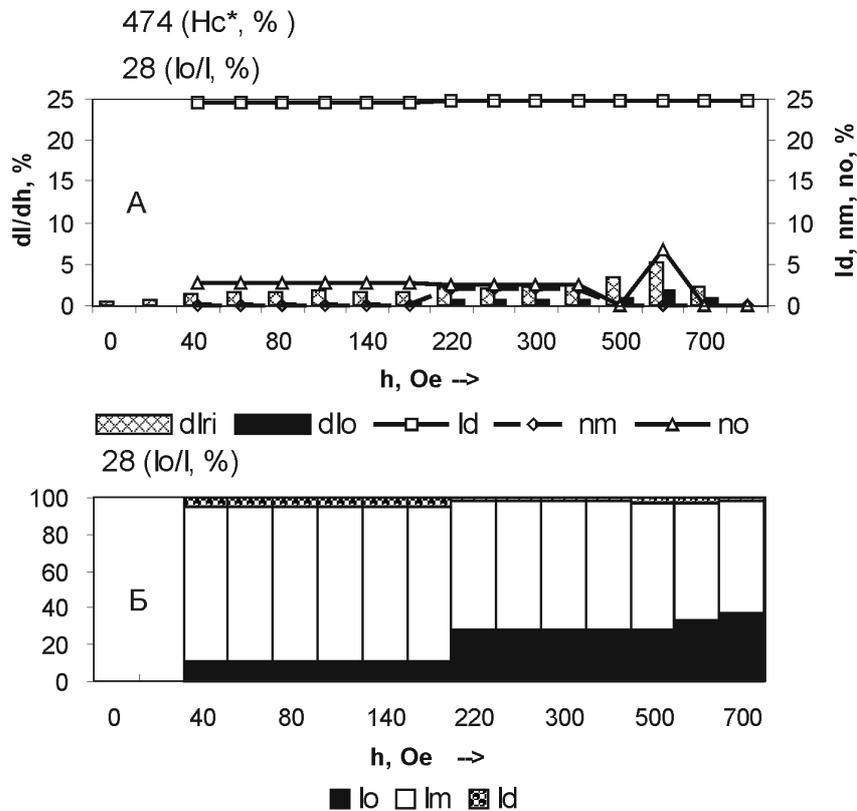


Рис.4. Графики магнитной дактилоскопии (А) и доменная структура (Б) образца 2. Условные обозначения см. на рис.3.

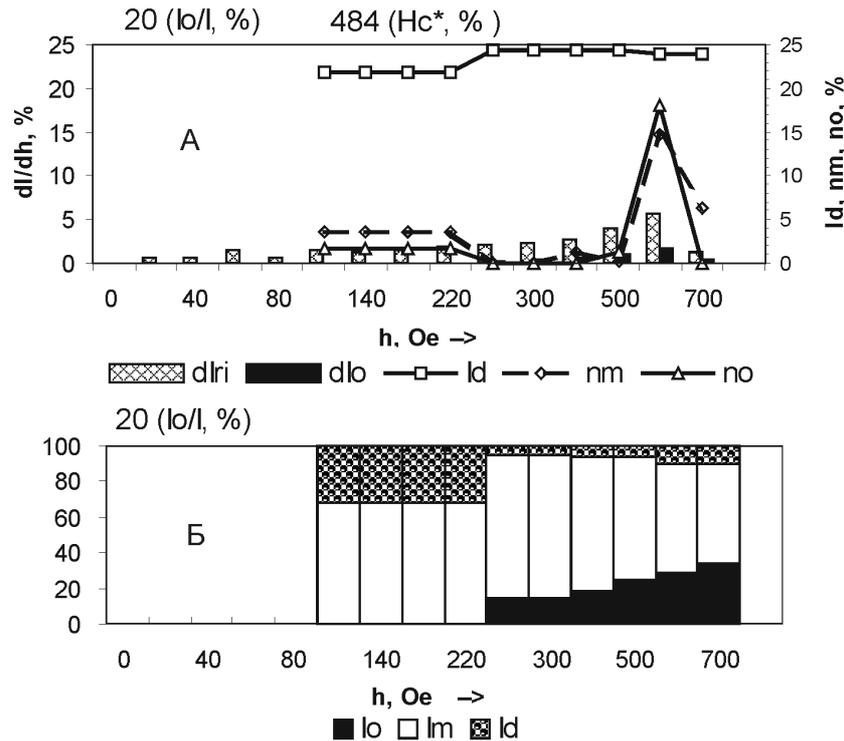


Рис.5. Графики магнитной дактилоскопии (А) и доменная структура (Б) образца 3. Условные обозначения см. на рис.3.

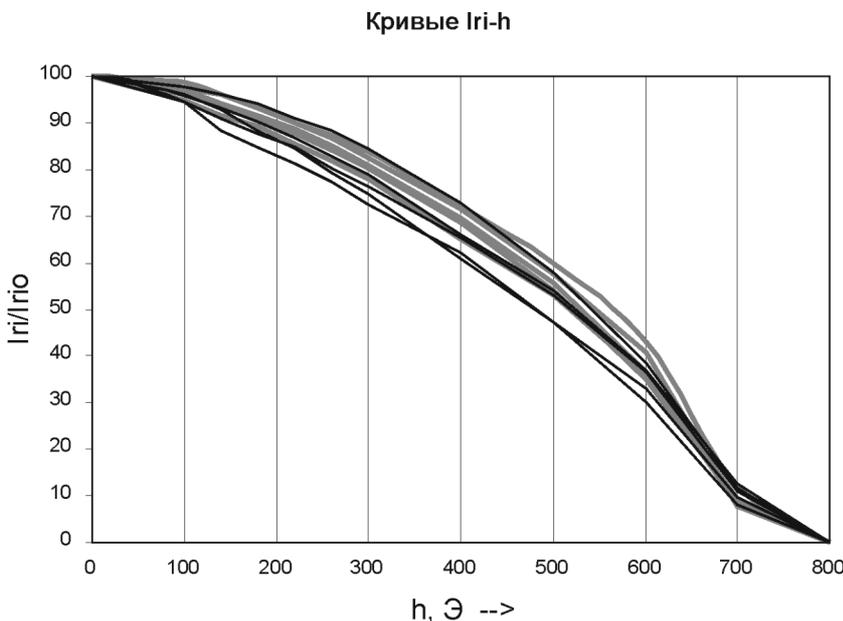


Рис.6. Кривые размагничивания идеально намагниченных образцов переменным полем h . Пунктир – образцы 1, 2, 4, 6, 9 (тип S_3^2), сплошная линия – образцы 3, 5, 7, 8, 10 (тип S_3^3). Остальные условные обозначения – см. на рис.3.

ной магнитной структурой, присущей кубической и гексагональной решеткам. В остальных интервалах КС носители I_i практически магнитно одноосны, если не придавать значения параметрам $m < 5\%$, которые могут быть связаны с погрешностью измерений.

Наиболее общим выводом из вышеприведенных данных является тот, что ферромагнетики в исследуемых породах образовывались в одинаковых геохимических и температурных условиях в одно и то же время. Однако, нас прежде всего интересовало, может ли МД уловить какие-то тонкие различия магнитных свойств структурных типов габброноритов? В этом контексте наиболее интересными являются кривые размагничивания исследуемых образцов, «перекрашенные» с учетом типовой принадлежности пород (рис.6).

Хорошо видно, что «серая» серия (группа S_3^3) и «черная» (группа S_3^2) «расслаиваются»: в группе S_3^2 на ранней стадии размагничивания при 100-200Э теряется какая-то компонента. Хотя данное различие не столь контрастно, оно заметно и вполне удовлетворительно согласуется с данными магнитной съемки: именно более магнитно-жесткая группа S_3^3 дает над монотонной толщей габброноритов положительные аномалии амплитудой в сотни нТ, в то время как над

более магнито-мягкими породами группы S_3^2 наблюдается пониженное магнитное поле.

Таким образом, главным результатом проведенных исследований можно считать подтверждение полученных ранее результатов о связи различных структурных типов габброноритов с магнитным полем различной жесткости. Тем не менее, с помощью МД нельзя установить, как распределено магнитное вещество в структуре габброноритов и, следовательно, вопрос о микроструктурном контроле магнитного материала остается открытым. Одним из возможных методов для решения такой задачи можно считать магнитную порошкографию [7]. Для более надежных выводов необходима обработка большого массива данных по другим участкам Федорово-Панского интрузива. Важность работ в данном направлении обусловлена феноменом ранее неизвестной формы «скрытой» расслоенности, проявленной на уровне структуры пород и их магнитных характеристик.

Авторы выражают искреннюю благодарность В.В. Гернику и Е.Г. Гуськовой за выполненную работу и обширные комментарии к полученным результатам, а также Г.Л. Вурсию за помощь и ценные замечания при написании статьи.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №00-05-64355).

ЛИТЕРАТУРА

1. Войтеховский Ю.Л. О принципах организации горных пород и инвариантах квадратичных форм // Докл. РАН. -1994. -Т.338, №3. -С.355-357.
2. Припачкин П.В. Применение и интерпретация статистических методов анализа петрографических структур (на примере габброноритов монотонных толщ Федорово-Панского массива, Кольский п-ов) // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол. -1999. -№ 7. -С. 133-138.
3. Дудкин К.О. Выделение детальных намагниченных структур с помощью градиентов магнитного поля // Приборы и методика геофизического эксперимента. - Мурманск, 1997. -С.147-152.
4. Дудкин К.О., Припачкин П.В., Рундквист Т.В. О возможной интерпретации неоднородности магнитного поля в монотонных габброноритах Федорово-Панского интрузива (Кольский полуостров) // Геофизические методы исследования Земли и недр: Матер. междунар. конфер."Геофизика-99". -М., 2000. -С.58-65.
5. Герник В.В. Магнитные методы в геологии. -СПб., 1993. -203с.
6. Припачкин П.В., Дудкин К.О. О связи степени намагниченности и структуры габброноритов Федорово-Панского интрузива // Геология и полезные ископаемые Северо-запада и Центра России: Матер. 10-й конф. Памяти К.О.Кратца. -Апатиты, 1999. -С.169-172.
7. Грабовский М.А., Жерденко О.Н. Исследования рудных минералов методом магнитной порошкографии // Геология рудных месторождений. -1963. -Т.5, №1. -С.99-104.