

## ЗАКЛУЧЕНИЕ

---

В заключительном разделе данной книги считаем необходимым обратить внимание читателей на некоторые нерешенные проблемы применения магнитных методов в почвоведении и обсудить дальнейшие перспективы.

Издавая книгу “Магнетизи почв”, мы хотели, чтобы она пробудила желание узнать, как формируются магнитные свойства почв, пород и индивидуальных минералов, какие сведения можно получить при анализе магнитных параметров и как их использовать в почвенных исследованиях. Большое количество данных по магнитным параметрам почв, почвообразующих минералов вызвано тем, что они взяты из множества работ на эту тему. Отбор материала проводился с точки зрения связи магнетизма почв с теми процессами, которые протекают или протекали в профиле. При этом мы учитывали, что для понимания и объяснения некоторых явлений и свойств требуются более глубокие знания основ магнетизма вещества. Поэтому в книге приводятся сведения по магнетизму микрочастиц, диа- и парамагнетиков, магнитоупорядоченных веществ (ферро- и антиферромагнетики).

Вероятно, после прочтения главы 1 читателю стало ясно, что магнитные свойства вещества обусловлены его строением и составом. Зная магнитные свойства микрочастиц и характер их взаимодействий, можно сложить представления о магнетизме вещества. Хотя сделать это не просто - приходится привлекать квантовую механику и статистическую физику. Возможно, эти страницы книги наиболее трудны и наименее наглядны, но они необходимы. В этой же главе мы постарались дать представление об основных методах исследования магнитных свойств вещества. Надеемся, что читателей теперь не будут пугать такие термины, как “магнетометр”, “магнитный резонанс”, “ядерный гамма-резонанс” и др. Только физические основы методов могут позволить понять почему диамагнетики выталкиваются из неоднородного магнитного поля, а парамагнетики - втягиваются туда; почему возникает резонанс и линии в спектрах ЭПР, ЯМР, ЯГР и как их параметры связаны с магнетизмом вещества.

Глава 2 целиком посвящена магнетизму индивидуальных почвенных минералов. Магнетизм почв определяется в основном минералами железа самой различной природы. Алюмосиликаты, содержащие железо в своей структуре, как правило, парамагнитны. Лишь только при очень низких температурах в них появляется магнитный порядок. Оксиды и гидроксиды железа в большинстве своем являются антиферромагнитными (ферримагнитными) минералами. Наиболее сильномагнитными оксидами железа являются магнетит и маггемит. Именно их присутствие обуславливает повышенный магнетизм почвенных образцов. Магнитные свойства оксидов и гидроксидов достаточно хорошо изучены. Вместе с тем, следует отметить

неполноту сведений по магнетизму алюмосиликатов. Решение этого вопроса особенно важно при изучении почв на слабомагнитных породах. Большое внимание в этой главе было уделено превращениям минералов и связанных с ними изменениям магнитных свойств почвенных образцов. Превращения типа магнетит  $\rightarrow$  гематит приводят к снижению  $\chi_0$  и  $I_s$ , а превращения типа лепидокрокит  $\rightarrow$  маггемит - наоборот, к их возрастанию. На основе знания этих связей станет понятным связь магнетизма почв и почвенных процессов.

Обширный фактический материал по магнитным свойствам почв, приведенный в главе 3, приводит к выводу, что магнитный профиль изученных почв отражает их генезис. Чаще всего для характеристики почв мы использовали начальную магнитную восприимчивость, намагниченность насыщения. Это связано с тем что эти параметры являются интегральными, относительно легко определяемыми (в том числе и в полевых условиях) и заключают в себе сведения о минеральном составе почвенного образца, об изоморфных замещениях в структуре, магнитных свойствах и дисперсности минералов. Очевидно, именно эти сведения вскрывают связь магнитных параметров с почвенным процессом.

В главе 4, на основе литературных данных и результатов модельных экспериментов, рассмотрены почвенные процессы и показано, что некоторые из них приводят к снижению основных магнитных параметров почв из-за разрушения магнетита. Процессы оглеения, оподзоливания и осолодения почв также приводят к снижению  $\chi_0$  и  $I_s$ . Здесь же обсуждаются возможные причины повышения магнитных свойств некоторых почв, особенности минералогического состава оксидов железа в новообразованиях. Особое внимание уделяется влиянию бактерий на трансформацию соединений железа в почве и их роли в образовании конкреций, в формировании магнетизма почв.

Глава 5 целиком посвящена выделению причин повышенного магнетизма органогенных горизонтов почв, и магнитным сферическим частицам из почв и атмосферы. Помещая в ней материалы по морфологии сильномагнитных частиц, их происхождению, мы хотели привлечь внимание читателя и показать важность этих сведений для понимания и объяснения некоторых почвенных процессов. Складывается впечатление, что антропогенный привнос вещества в поверхностные слои Земли уже в ближайшее время будет существенно изменять те процессы, которые в них протекают. Это необходимо учитывать в современных почвенных исследованиях.

В заключении считаем необходимым обсудить некоторые вопросы не вошедшие в книгу, но заслуживающие внимания. Это прежде всего проблемы использования магнитных технологий в почвоведении, которые представляют собой воздействие магнитного поля различной величины на объекты с целью приобретения ими положительных свойств. Магнитное поле оказывает влияние на материальную основу почв (минералы и органическое вещество,

воду, живые организмы) и те процессы, которые протекают в них. Теперь уже понятно, что основой этого воздействия является магнетизм вещества почвы и прежде всего соединений железа. Чаще всего это воздействие является косвенным. Так, например, если в химической реакции участвуют радикалы (группы атомов с неспаренными спинами), то ее скорость существенно зависит от величины магнитного поля. Это явление обусловлено обменными взаимодействиями, которые возникают в системе неспаренных спинов под действием внешнего магнитного поля. Другим примером косвенного влияния на почву может быть описанный в главе 4 активный дрейф живых организмов в магнитном поле, когда они перемещаются вследствие физиологического отклика на внешнее воздействие, а не под действием магнитных сил.

Большое количество магнитных технологий и примеров их применения описано в работе В.И. Классена<sup>1</sup>. Автор объясняет изменение свойств воды и растворов после действия магнитного поля, наличием в них примесей. В почвенных технологиях омагниченную воду использовали для орошения и рассоления почв. Обзор литературы, проведенный в этой работе, показал, что при поливе растений омагниченной водой проявляется ряд положительных эффектов - растение лучше развивается, раньше наступает фаза цветения и созревания, на 10-45% повышается урожайность. Отмечается повышение урожая культур при замачивание семян такой водой. В работе К.П. Олешко<sup>2</sup> приводится обширная библиография по положительному влиянию магнитных и электрических полей на свойства почв - микроагрегативный состав, на рост и развитие растений.

Следует,однако, отметить, что во многих работах приводятся примеры и отрицательного действия магнитных полей. В большинстве случаев применения магнитных технологий нет обоснованных теоретических идей и научных предпосылок. Нередко нарушаются основные критерии экспериментальных работ - повторяемость эксперимента, воспроизводимость результатов. Кроме того, во многих работах физическая основа влияния магнитного поля на объекты совершенно игнорируется, и поэтому подавляющее число этих работ носит псевдонаучный характер. Особенно важно учитывать эти замечания в почвенных магнитных технологиях, где кроме магнитного поля влияние на объект оказывают многие другие факторы.

---

<sup>1</sup> Классен В.И. Омагничивание водных систем. - М.: Химия, 1982, 296с.

<sup>2</sup> Олешко К.П. Влияние магнитных и электрических полей на микроструктурные свойства трудномелиорируемых почв. - Автореф. дисс. канд.биол. наук, М.: МГУ, 1981.

---

**ЛИТЕРАТУРА**

---

**К ГЛАВЕ 1**

1. Уайт Р.М. Квантовая теория магнетизма.- М.: Мир, 1972, 306с.
2. Ван-Флек Дж. Квантовая механика - ключ к пониманию магнетизма., Нобелевская лекция.- Успехи физ.наук, 1947, т.127, № 1, с.3-18.
3. Вонсовский С.В. Магнетизм.- М.: Наука, 1971, 1038с.
4. Кринчик Г.С. Физика магнитных явлений.- М.: МГУ, 1976, 367с.
5. Кудрявцева Г.П., Гаранин В.К., Жилиева В.А. Трухин В.И. Магнетизм и минералогия природных ферромагнетиков.- М.: МГУ, 1982, 294с.
6. Чечерников В.И. Магнитные измерения.- М.: МГУ, 1969, 388с.
7. Трухин В.И., Гараян В.К., Жилиева В.А., Кудрявцева Г.П. Ферримагнетизм минералов.- М.: МГУ, 1983, 96с.
8. Иванов А.П., Трухин В.И., Сафрошкин В.Ю., Некрасов А.Н. Спектральный термомагнитный анализ горных пород.- Изв. АН СССР, 1992, № 9, с. 62-71.
9. Алексеев Б.Ф., Белоногов А.М., Богачев Ю.В., Граммаков А.Г., Сердюк А.С., Сobotковский Б.Е., Страхов Н.Б., Федин С.Г. Магнитный резонанс при изучении природных образований.- Л.: Недра, 1987, 192с.
10. Марфунин А.С. Спектроскопия, люминесценция и радиационные центры в минералах.- М.: Недра, 1975, 327с.
11. Химические применения мессбауэровской спектроскопии. Под ред. В.И. Гольданского.- М.: Мир, 1970, 502с.
12. Шпинель В.С. Резонанс гамма-лучей в кристаллах.- М.: Наука, 1969, 407с.

**К ГЛАВЕ 2**

1. Алексеев Б.Ф., Белоногов А.М., Богачев Ю.В., Граммаков А.Г., Сердюк А.С., Сobotковский Б.Е., Страхов Н.Б., Федин С.Г. Магнитный резонанс при изучении природных образований.- Л.: Недра, 1987, 192с.
2. Brown F.F., Pritchard A.M. The Mossbauer spectrum of iron ortho-clase.- Earth and Planet. Sci. Letters, 1968, V.5, № 4, p. 259-260.
3. Vernon R.H. Magnetic susceptibility as a measure of total iron plus manganese in some ferromagnesian silicate minerals.- Am. Miner., 1961, V.46, sept.-oct., p. 1141-1153.
4. Ballet O., Coey J.M.D. Magnetic properties of sheet silicate; 2:1 layer minerals.- Phys. Chem. Minerals, 1988, 8, p. 218-229.
5. Ballet O., Coey J.M.D. Magnetic properties of sheet silicate; 1:1 layer minerals.- Phys. Chem. Minerals, 1981, 7, p. 141-148.
6. Матяш И.В., Калиниченко А.М., Литовченко А.С., Иваницкий В.П., Польшин Э.В., Мельников А.А. Радиоспектроскопия слюд и амфиболов. - Киев: Наукова думка, 1980, 188с.
7. Rozenson I., Heller-Kallai L. Mossbauer spectra of dioctahedral smectites.- Clay and Clay Miner., 1977, V.25, № 2, p. 94-101.
8. Callaway W.S., Mcatee J.L. Magnetic susceptibility of representative smectites.- Am. Miner., 1985, V.70, p. 996-1003.
9. Орлов Д.С. Гуминовые кислоты почв.- М.: МГУ, 1974, 333с.
10. Бабанин В.Ф., Ильин Н.П. и др. О природе линий в спектрах ЭПР гумусовых кислот.- Почвоведение, 1977, № 1, с.65-72.
11. Бабанин В.Ф., Ермилов С.С., Морозов В.В., Орлов Д.С., Фальков И.Г. Исследование взаимодействия гуминовой кислоты с катионами металлов методами электронного парамагнитного резонанса и магнитных измерений.- Почвоведение, 1983, № 7, с.115-120.
12. Трухин В.И., Гараян В.К., Жилиева В.А., Кудрявцева Г.П. Ферримагнетизм минералов.- М.: МГУ, 1983, 96с.

13. Чухров Ф.Б., Ермилова Л.П., Горшков А.И. Альфа окислы железа в зоне гипергенеза.- В сб.: Гипергенные окислы железа.- М.: Наука, 1975, с. 134-140.
14. De Grave, E., D.G. Chambaere, L.H. Bowen. Nature of the Morin transition in Al-substituted hematite. - J. Magnet. Magnetic Materials, 1983, 30, p. 340-354.
15. Banerjee S.K. New grane size limits for paleomagnetic stability haematite.- Nature Phys. Sci., 1971, V.232, № 27, p. 15-16.
16. Porath H., Raleigh C.B. On origin of the triaxial basal-plane anisotropy in hematite crystals.- J. Appl. Phys., 1967, V. 38, p. 2401-2402.
17. Sampson C.F. The lattice parameters of natural singl crystal and syn-thetically produced hoethite ( $\alpha$ -FeOOH).- Acta. Cryst., 1969, B. 25, pt.9, p. 1683-1685.
18. Якубовская Н.Ю., Зайцева Г.М., Коровушкин В.В. Фазовые превращения гидроксидов железа.- Изв. вузов, сер. геология и разведка, 1980, № 2, с. 43-50.
19. Осипов Ю.Б. Магнетизм глинистых грунтов.- М.: Недра, 1978, 200 с.
20. Bobrov N.A., Babanin V.F., Voronin A.D., Ivanov A.V., Kuz'min R.N. Dinamics of interaction of iron hidroxides with kaolinite surface.- Int. Conf. Appl. Mossb. Eff., Progr. and Abstr., Alma-Ata, Nauka, 1983, p. 481.
21. Ericsson T., Linares J., Lotse E. A Mossbauer study of the effect of dithionite / citrate / becarbo-nate treatment on a vermiculite, a smectite and a soil.- Clay Miner., 1984, V. 19, № 1, p. 85-91.
22. Бобров Н.А. Влияние поверхности на состояние железа, адсорбированного в алумосиликатах.- Дисс. на соиск. уч. ст. канд. физ. - мат. наук., М.: МГУ, 1986.
23. Залуцкий А.А. Мессбауэровская спектроскопия обменных форм железа в слоистых алумосиликатах.- Дисс. на соиск. уч. ст. канд. физ. - мат. наук, М.: МГУ, 1991.
24. Иванов А.В. Диагностика состояния железа в почвах методом ядерной гамма-резонансной спектроскопии.- Дисс. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук, М.: МГУ, 1984.
25. Морозов В.В. Минералогия соединений железа в почвенных новообразованиях по данным мессбауэровской спектроскопии и магнитных измерений.- Дисс. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук, М.: МГУ, 1985.
26. Романок А.В. Магнитоминералогия ферраллитных почв.- Дисс. на соиск. уч. ст. канд. физ. - мат. наук, М.: МГУ, 1990.
27. Le Borgne E. The influence of iron on the magnetic properties of the soil and on those schists and granite.- Ann. de Geophys., t.16, f.2, 1960, pp.159-195.
28. Румянцева Т.И. Магнитная восприимчивость почв Удмуртской АССР.- Дисс. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук, М.: МГУ, 1971.
29. Бабанин В.Ф. Магнитная восприимчивость основных почвенных типов СССР и использование ее в почвенных исследованиях.- Дисс. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук, М.: МГУ, 1972.
30. Fish S.A., Clark P.E. Aluminous goethite: a Mossbauer study.- Phys. Chem. Minerals, 1982, 8, p. 180-187.

## К ГЛАВЕ 3

1. Зонн С.В. Железо в почвах. - М.:Наука, 1982, 208 с.
2. Вадюнина А.Ф., Бабанин В.Ф. Магнитная восприимчивость некоторых почв СССР. - Почвоведение, № 3, 1974, 139-145с.
3. Добровольский Г.В., Урусевская И.С. География почв. - М.: МГУ, 1984, 416 с.
4. Бабанин В.Ф. Формы соединений железа в твердой фазе почв. - Дисс. на соиск. уч. ст. докт. биол. наук, М.: МГУ, 1986.
5. Смирнов Ю.А. Магнитные свойства почв и их связь с формами соединений железа в почвах. - Дисс. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук, М.: МГУ, 1978.
6. Злобина Л.И. Магнитные и термомагнитные свойства некоторых типов почв. - Дисс. на соиск. уч. ст. канд. физ.- мат. наук, М.: МГУ, 1986.
7. Васильев С.В. Трансформация соединений железа в поцессах почвообразования. - Дисс. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук, М., МГУ, 1989.

8. Иванов А.В. Диагностика состояния железа в почвах методом ядерной гамма-резонансной спектроскопии. - Дисс. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук, М.: МГУ, 1984.
9. Алексеев А.О. Состояние соединений железа в почвах степных ландшафтов. - Дисс. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук, М.: МГУ, 1992.
10. Ванек Ю., Србена Б. и др. Реакция почвы на действие внешнего магнитного поля. Почвоведение, 1981, № 7, с. 75-81.
11. Романюк А.В. Магнитоминералогия ферраллитных почв. - Дисс. на соиск. уч. ст. канд. физ. - мат. наук, М.: МГУ, 1990.
12. Кауричев И.С., Карпачевский Л.О. и др. Содержание и формы соединений железа в ферраллитных почвах Гвинеи. - Известия ТСХА, 1989, вып. 5, с. 69-78.
13. Бабанин В.Ф., Тимофеев Б.В. и др. Состояние железа и железосодержащие минералы в почвах Мали. - Почвоведение, № 7, 1994, с.85-90.
14. Вирина Е.И. Магнитные свойства плейстоценовых погребенных почв Молдавии и Приобья. - Дисс. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук, М.: ИФЗ, 1972.
15. Алексеев А.О., Ковалевская И.С., Моргун Е.Г., Самойлова Е.М. Магнитная восприимчивость почв сопряженных ландшафтов. - Почвоведение, № 8, 1988, с. 27-35.

#### К ГЛАВЕ 4

1. Сергеев Е.М., Голодковская Г.А., Зиангаров Р.С., Осипов В.И., Тро-фимов В.Т.. Грунтоведение. - М.: МГУ, 1971, 595 с.
2. Нагата Т. Магнетизм горных пород. - М.: Мир, 1965. - 346 с.
3. Бабанин В.Ф. Формы соединений железа в твердой фазе почв. - Дисс. на соиск. уч. ст. докт. биол. наук, М.: МГУ, 1986.
4. Романюк А.В. Магнитоминералогия ферраллитных почв. - Дисс. на соиск. уч. ст. канд. физ. - мат. наук, М.: МГУ, 1990.
5. Злобина Л.И.. Магнитные и термические свойства некоторых почв. - Дисс. на соиск. уч. ст. канд. физ. - мат. наук, М.: МГУ, 1972.
6. Иванов А.В. Диагностика состояния железа в почвах методом ядерной гамма-резонансной спектроскопии. - Дисс. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук, М.: МГУ, 1984.
7. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация заболоченных почв Нечерноземной зоны РСФСР. - М.: Колос, 1981, 168 с.
8. Страхов И.П. Основы теории литогенеза. - М.: АН СССР, 1960, 583 с.
9. Калинин В.О. Роль бактерий в формировании железомарганцевых конкреций. - Микробиология, 1946, т.15, вып.5.
10. Морозов В.В. Минералогия соединений железа в почвенных новообразованиях по данным мессбауэровской спектроскопии и магнитных измерений. - Дисс. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук, М.: МГУ, 1985.
11. Верховцева Н.В. Трансформация соединений железа гетеротрофными бактериями. - Дисс. на соиск. уч. ст. докт. биол. наук, М.: МГУ, 1993.
12. Чухров Ф.В., Ермилова Л.П., Горшков А.И., Жухлистов А.П., Сидоренко О.В., Звягин Б.Б., Беляцкий В.В., Сапонова Л.П., Хохлова М.М. Экспериментальные данные об условиях образования окислов железа. - В. кн. Гипергенные окислы железа. Под ред. Н.В.Петровской. - М.: Наука, 1975, с.11-33.
13. Балашова В.В. Микоплазмы и железобактерии. - М.: Наука, 1974, 64 с.
14. Blakemore P.R. Magnetotactic bacteria. - Science, 1975, V. 190, № 4212, p.377-379.
15. Bazilinski D.A., Francel R.B., Jannasch H.W. Anaerobic magnetite production by a marine magnetotactic bacterium. - Nature, 1988, V. 334, № 6182, p.518-519.
16. Кауричев И.С., Орлов Д.С. Окислительно-восстановительные процессы и их роль в генезисе и плодородии почв. - М.: Колос, 1982, 247 с.
17. Глазовская М.А., Добровольская Н.Г. Геохимические функции микроорганизмов. М.: МГУ, 1984, 152 с.
18. Седьмов Н.А. Магнетизм микрочастиц из атмосферных выпадений, осадочных горных пород и почв. - Дисс. на соиск. уч. ст. канд. физ. - мат. наук, М.: МГУ, 1989.

19. Зонн С.В. Железо в почвах. - М:Наука, 1982, 208 с.
20. Иванов А.В., Бабанин В.Ф. Методы исследования и эволюция представлений о формах соединений железа в почвах. - Почвоведение, 1993, № 5, с.121-128.
21. Бабанин В.Ф., Верховцева Н.В. Воронин А.Д., Малиновский В.И., Фальков И.Г., Яблонский О.П. Изучение методом ЭПР процессов извлечения железа из глинистых минералов реагентом Мера-Джексона. - Почвоведение, 1978, № 7, с.128-134.
22. Мустафа М.Ф.Х. Формы соединений железа в почвах полусухих субтропиков (на примере почв Алазанской долины). - Дисс. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук, М.: МГУ, 1983.
23. Смирнов Ю.А. Магнитные свойства почв и их связь с формами соединений железа в почвах. - Дисс. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук, М.: МГУ, 1978.
24. Крумачев Л.И. Формы соединений железа в почвах долины реки Нигер (Мали). - Почвоведение, 1986, № 1, с.36-42.
25. Милановский Е.И. Гумус и почвообразование в молодых вулканических и красных ферралитных почвах гумидных субтропиков. - Дисс. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук, М.: МГУ, 1989.
26. Орлов Д.С. Химия почв. - М.: МГУ, 1985, 376 с.
27. Розанов Б.Г. Морфология почв. - М.: МГУ, 1983, 320 с.

## К ГЛАВЕ 5

1. Волобуев В.С. Опыт расчета энергии кристаллической решетки почвенных минералов. - Вестник МГУ, сер.17 биология и почвоведение, 1968, № 4, с.54-62.
2. Васильев С.В. Трансформация соединений железа в процессах почвообразования. - Дисс. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук, М.: МГУ, 1989.
3. Гипергенные окислы железа в геологических процессах. - М.:Наука, 1975, 206 с.
4. Le Borgne E. The influence of iron on the magnetic properties of the soil and on those schists and granite. - Ann. de Geophys., 1960, t.16, f.2, p.159-195.
5. Румянцева Т.И., Обьяднева Л.А., Пухидская Н.С. и др. - Тр. Изж. с/х ин-та, 1976, вып.27, с.288.
6. Blakemore P.R. Magnetotactic bacteria. - Science, 1975, V.190, № 4212, p.377-379.
7. Rummery T.A., Bloemendal J., Oldfield F. - Ann.geophys., 1979, V.35, № 1, p.1.
8. Глебова И.Н. Магнитоупорядоченные формы соединений железа органических горизонтов почв. - Дисс. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук, М.: МГУ, 1983.
9. Сельмов Н.А. Магнетизм микрочастиц из атмосферных выпадений, осадочных пород и почв. - Дисс. на соиск. уч. ст. канд. физ. - мат. наук, М.: МГУ, 1989.
10. Иванова Г.М., Фаст Н.П. Библиография работ комиссии по метеоритам и космической пыли СО АН СССР (1960-1978). - В кн. Взаимодействие метеоритного вещества с Землей. - Новосибирск: Наука, 1980, с.22-44.
11. Соботович Э.В., Бондаренко Г.Н., Коромысличенко Т.И. Космическое вещество в океанических осадках и ледниковых покровах. - Киев.: Наукова думка, 1978, 120 с.
12. Фесенков В.Г. Метеориты и метеорное вещество. - М.:Наука, 1978, 250 с.
13. Fireman E.L., Kistner G.A. The nature of dust collected at high altitudes. - Geochim. et Cosmochim. acta, 1961, V.24, p.10-22.
14. Васильев В.А. О поисках космической и метеоритной пыли в земной атмосфере. - Метеоритика, 1966, вып.27, с.139-143.
15. Fraundorf P., Shirck J. Microcharacterization of "brownlee" particles: features which distinguish interplanetary dust from meteorites? - Proc.10th Lunar planet sci.conf., 1979, p.951-976.
16. Баранов В.И., Виленский В.Д., Краснопопцев Ю.В. Сферические микрочастицы в атмосфере над Тихим океаном. - Метеоритика, 1970, вып.30, с.63-73.
17. Delany A.C., Delany Andrey C., Parkin D.W., Griffin J.J., Goldbery A.C., Reimann B.F. Airborne dust collected at Barbados. - Geochim. et Cosmochim. acta. 1967, V.31, p.885-909.
18. Junge C.E. Airborne dust at Barbados and its relation to global tropospheric aerosols. - Geochim. et cosmochim acta, 1968, V.32, p.1219-1222.
19. Crozier W.D. Nine years of continuous collection of black magnetic spherules from the atmosphere. - J.of Geophys.Res., 1966, V.71, № 2, p.603-611.

20. Schmidt R.A., Kell K. Electron microprobe stude of spherules from Atlantic Ocean sediments. - *Geochim. et Cosmochim. acta.*, 1966, V.30, p.471-478.
21. Blanchard M.B., Brownlee D.E., Bunch T.E., Hodge P.W., Kyte E.T. Meteoroid ablation spheres from deep-sea sediments. - *Earth and Planet. Sci. Letters*, 1980, V.46, p.178-190.
22. Parking D.M., Sullivant R.A.L., Andrews J.N. Cosmic spherules as rounded bodies in space. - *Nature*, 1977, V.266, p.515-517.
23. Schmidt R.A. Rate of spherule deposition on the Antarctic ice cap. - *J. of Geophys. Res.*, 1963, V.68, № 2, p.601-602.
24. Brocas J., Picciotto E. Nickel content of Antarctic snow: implications of the influx rate of extraterrestrial dust. - *J. of Geophys. Res.*, 1967, V.72, № 8, p.2229-2236.
25. Вийдинг Х., Юдин И. Морфология и минералогический состав метеорной пыли из кембрийских отложений Эстонии. - *Изв. АН Эст.ССР*, т.16, Химия, геология, 1967, № 2, с.122-125.
26. Малышек В.Т. магнитные шарики в нижнетретичных образованиях южного склона северо-западного Кавказа. - *ДАН СССР*, 1960, т.130, № 4, с.854-855.
27. Marvin U.B., Einaudi M.T. Black magnetic spherules from pleisocene and recent beach sands. - *Geochim. et cosmochim. acta.*, 1967, V.31, p.1871-1884.
28. Mutch T.A. Abundances of magnetic spherules in sillurian and permian salt samples. - *Earth and Planet.Sci.Letters*, 1966, V.1, p.325-329.
29. Иванов А.В., Флоренский К.П. Космические шарики в нижнепермских соляных отложениях. - *Геохимия*, 1968, № 4, с.483-485.
30. Smit J., Kyte F.T. Siderophile rich magnetic spheroids from the Cretaceous-Tertiary boundry in Umbria, Italy. - *Nature*, 1984, V.310, p.403-405.
31. Worm H.U., Banerjee S.K. Rock magnetic signature on the cretaceous tertiary boundary. - *Geophys.Res.Letters*, 1987, V.34, № 11, p.1083-1086.
32. Колесов Г.М., Заславская Н.И. Состав и структура магнитных шариков с места падения Сихотэ-Алиньского метеорита. - *Метеоритика*, 1976, вып.35, с.73-77.
33. Космическое вещество на Земле. Проблема Тунгусского метеорита. - Н.:Наука, Сиб.отделение, 1976, 120 с.
34. Флоренский К.П., Иванов А.В., Киреева О.А., Заславская Н.И. Фазовый состав мелкодисперсного внеземного вещества из района Тунгусской катастрофы. - *Геохимия*, 1968, № 10, с.1174-1182.
35. Бгатов В.И., Черняев Ю.А. О метеорной пыли в шлиховых пробах. - *Метеоритика*, 1960, вып.18, с.111-112.
36. Трубкин Н.В., Горшков А.И., Некрасов И.Л. Строение и состав сферических магнитных образований из аллювия северо-востока СССР. - *ДАН СССР*, 1983, т.269, № 3, с.712-714.
37. Васильев Н.В., Назаренко М.К., Бояркина А.П. Количественный анализ сферических микрочастиц по материалам сбора их в сфагновых торфах. - *Метеоритика*, 1976, вып.35, с.69-72.
38. Бояркина А.П., Васильев Н.В., Ваулин П.П., Иванова Г.М., Львов Ю.А. и др. К оценке выпадения космической индустриальной пыли на больших площадях. - В кн. *Астрономия и геодезия*. Вып.4. Томск: Томск. ун-т, 1973, с.45-53.
39. Иванова Г.М., Брувер Р.Э., Львов Ю.А., Боронтова Н.Н. О поисках вещества Тунгусского метеорита. - В кн. *Проблема Тунгусского метеорита*. Вып.2. Томск: Томск. ун-т, 1967, с.145-148.
40. Ramsden A.R., Shibaoka M. Characterization and analysis of individual fly-ash particles from coal-fired power stations by a combination of optical microscopy, electron microscopy and quantitative electron microprobe analysis. - *Atmospher. Environment*, 1982, V.16., № 9, p.2191-2206.
41. Varekamp J.C., Thomas E., Germani M., Buseck P.R. Particle geoche-mistry of volcanic plumes of Etna and Mount st.Helens. - *J. of Geophys. Res.*, 1986, V.91, № 12, p.12233-12248.
42. Wright F.W., Hodge P.W., Allen R.V. Electron probe analysis of interiors of microscopic spheroids from eruptions of the mt. ASO, suptsey and kilauea iki volcanoes. - *SAO Special Report*, 1966, № 228, p.1-9.



43. Coresy A.E. Electron microprobe analysis and microscopic study of polished surfaces of magnetic spherules and grains collected from the Greenland ice. - Research in space sci. SAO, spec. report, 1967, № 251, p.1-29.
44. Юдин И.А. Исследование искусственной метеоритной пыли. - Метеоритика, 1969, вып.24, с.132-141.
45. Pireman E.L., Langway C.C. Search for aluminum-26 in dust from the Greenland ice shelt. - Geochim. et cosmochim. acta, 1965, V.29, p.21-27.
46. Mutch T.A. Volcanic ashes compared with Paleozoic Salts containing etraterrestrial spherules. - J.of Geophys. Res. 1964, V.69, № 22, p.4735-4740.
47. Бабанин В.Ф. Формы соединений железа в твердой фазе почв. - Дисс. на соиск. уч. ст. докт. биол. наук, М.: МГУ, 1986.
48. Геннадиев А.Н. Почвы и время: модели развития. - М.: МГУ, 1990, 230 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
...	
ГЛАВА 1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАГНЕТИЗМА ПОЧВ .....	8
1.1. МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВА .....	8
1.2. МАГНЕТИЗМ АТОМОВ И МОЛЕКУЛ .....	11
1.3. ВЕЩЕСТВА БЕЗ МАГНИТНОГО ПОРЯДКА (СЛАБОМАГНИТНЫЕ ВЕЩЕСТВА). ДИА- И ПАРАМАГНЕТИКИ .....	14
1.4. МАГНИТОУПОРЯДОЧЕННЫЕ ВЕЩЕСТВА .....	16
1.5. КРИСТАЛЛИЧЕСКОЕ ПОЛЕ. МАГНИТНАЯ АНИЗОТРОПИЯ .....	20
1.6. ДОМЕНЫ. ПРОЦЕССЫ НАМАГНИЧИВАНИЯ ФЕРРО- И АНТИФЕРРОМАГНЕТИКОВ.....	23
1.7. ДОМЕННЫЕ СОСТОЯНИЯ. СУПЕРПАРАМАГНЕТИЗМ .....	28
1.8. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ .....	30
1.8.1. Измерение восприимчивости и намагниченности .....	32
1.8.2. Термомангнитные измерения.....	35
1.8.3. Использование магнитного резонанса в магнетизме .....	38
1.8.4. Использование ядерного гамма - резонанса (эффекта Мессбауэра) в магнетизме.....	44
ГЛАВА 2. МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ТВЕРДОЙ ФАЗЫ ПОЧВ .....	51
2.1. АЛЮМОСИЛИКАТНЫЕ МИНЕРАЛЫ .....	52
2.2. ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЧВ .....	65
2.3. ОКСИДЫ И ГИДРОКСИДЫ ЖЕЛЕЗА .....	70
2.4. МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ИОНОВ И МИНЕРАЛОВ ЖЕЛЕЗА, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ РАСТВОРА .....	80
2.4.1. Осаждение гидроксидов из растворов в присутствии дисперсной фазы .....	80
2.4.2. Соосаждение гидроксидов железа и алюминия из растворов .....	84
2.5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ СОЕДИНЕНИЙ ЖЕЛЕЗА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЙ ЖЕЛЕЗА В ПОЧВЕ .....	86
2.5.1. Магнитные свойства и трансформация минералов железа .....	87
2.5.2. Магнитные свойства и фазовые переходы в магнитоупорядоченных минералах .....	93

.....				
ГЛАВА 3. МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ОСНОВНЫХ ТИПОВ ПОЧВ .....				97
3.1. ПОЛЯРНЫЙ			ПОЯС	101
.....				
3.2. БОРЕАЛЬНЫЙ			ПОЯС	101
.....				
3.2.1. Мерзлотно-таежные			почвы	101
.....				
3.2.2. Подзолистые и сопутствующие им типы почв таежно-лесных областей				105
.....				
3.2.3. Пеплово-вулканические			почвы	111
.....				
3.3. СУББОРЕАЛЬНЫЙ			ПОЯС	114
.....				
3.3.1. Серые и бурые лесные			почвы	114
.....				
3.3.2. Ченоземы и каштановые			почвы	119
.....				
3.3.3. Солончаки, солонцы и солоды				123
.....				
3.4. СУБТРОПИЧЕСКИЙ			ПОЯС	125
.....				
3.4.1. Желтоземы и красноземы				125
.....				
3.4.2. Коричневая и черная слитая			почвы	128
.....				
3.5. ТРОПИЧЕСКИЙ			ПОЯС	129
.....				
3.6. АЛЛЮВИАЛЬНЫЕ			ПОЧВЫ	137
.....				
3.7. ПОГРЕБЕННЫЕ ПОЧВЫ И ОТЛОЖЕНИЯ				141
.....				
ГЛАВА 4. ДИАГНОСТИКА ВАЖНЕЙШИХ ПОЧВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ С ПОМОЩЬЮ МАГНИТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ				143
4.1. ВЫВЕТРИВАНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД				143
.....				
4.2. НОВООБРАЗОВАНИЯ			ПОЧВ	154
.....				
4.3. СИНТЕЗ ЖЕЛЕЗИСТЫХ МИНЕРАЛОВ МИКРООРГАНИЗМАМИ ПОЧВ				163
4.4. КИНЕТИКА ИЗМЕНЕНИЯ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕМЕННОГО ОКИСЛИТЕЛЬНО - ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО РЕЖИМА				173
.....				
4.5. ОЦЕНКА ЭКСТРАГИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ХИМИЧЕСКИХ ВЫТЯЖЕК				178
.....				
4.6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В ДИАГНОСТИКЕ ПОЧВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ				182
.....				
ГЛАВА 5. МАГНИТНАЯ ФРАКЦИЯ ОРГАНОГЕННЫХ				185

ГОРИЗОНТОВ	ПОЧВ
.....	
5.1. ПРОБЛЕМА ПОВЫШЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ МАГНЕТИТА В ПОЧВАХ	185
5.2. МАГНЕТИЗМ, МОРФОЛОГИЯ, СТРОЕНИЕ И ДРУГИЕ СВОЙСТВА МАГНИТНЫХ ЧАСТИЦ ИЗ ПОЧВ	187
.....	
5.3. РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ МАГНИТНЫХ СФЕРИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ	195
.....	
5.4. ПОСТУПЛЕНИЕ МАГНИТНЫХ СФЕРИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ ИЗ АТМОСФЕРЫ И ИХ СУДЬБА В ПОЧВАХ	202
.....	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	213
.....	
ЛИТЕРАТУРА	216
.....	

---

Научное издание

Вячеслав Федорович Бабанин, Владимир Ильич Трухин,  
Лев Оскарович Карпачевский, Александр Васильевич Иванов,  
Владимир Васильевич Морозов

МАГНЕТИЗМ ПОЧВ

Научный и технический редактор В.В. Морозов

Подписано к печати 10.11.95 г. Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага писчая № 1.  
Гарнитура таймс. Печать офсетная. Усл. печ. л. 14.  
Уч.-изд. л. 13,5. Тираж 800 экз. Заказ 2043

Российский Фонд Фундаментальных Исследований.  
117334, Москва, Ленинский проспект, 32а.

Ярославский государственный технический университет.  
150023, Ярославль, Московский проспект, 88.

Типография Ярославского государственного технического университета.  
150028, Ярославль, ул. Советская, 14а.

---

УДК 631.4 + 538.1

**В.Ф. БАБАНИН, В.И. ТРУХИН, Л.О. КАРПАЧЕВСКИЙ, А.В. ИВАНОВ,  
В.В. МОРОЗОВ**

Магнетизм почв.- Ярославль: ЯГТУ, 1995. - 223 с.: ил.

Монография написана учеными, работающими в области применения физических методов в почвоведении. В краткой и доступной форме описаны основы магнетизма вещества и особенности применяемых в почвоведении магнитных методов: измерения восприимчивости и намагниченности, магнитный резонанс и мессбауэровская спектроскопия.

Обобщены результаты многочисленных исследований магнитных свойств почвенных минералов, почвенных частиц и компонентов и самих почв. Обсуждается перспектива использования магнитных методов при изучении почвенных минералов и процессов.

Для почвоведов, физиков и других ученых, занимающихся проблемами магнетизма минералов, почв и пород.

Издание осуществлено при поддержке Российского Фонда фундаментальных исследований по проекту №95-04-135696.

This book was published by scientists working in the field of the application of physics methods in soil science. The basic principles of magnetism and the peculiarity of magnetic measurements, nuclear magnetic resonance and Mossbauer spectroscopy are described in compressed and accessible form.

The generalization of long investigations of magnetic properties of soil minerals, particles, components and soils was carried out. It is discussed the perspectives of using of magnetic methods for the soil minerals and soil process research.

For the soil scientists, physicists and other scientists studying with the problems of minerals, soil and rocks.

The publication was supported by RFBR, project N95-04-135696.