

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационния труд “Магнетизъм на почвите в България”,
представен за придобиване на научна степен “доктор на науките”
от доц. д-р Даниела Василева Йорданова

1. Обща характеристика на представения дисертационен труд

Дисертационният труд обхваща 421 страници текст, 3 приложения, внушителен списък на използвана литература от 379 заглавия, едно от които е английски превод на руското издание, включено в 24-те публикации на кирилица.

Предвид експерименталният характер на работата, изобилстват фигурите с резултатите от магнитните изследвания на почвените профили и статистическите параметри на почвената база данни (общо 210). Всички изследвани профили са представени със снимки (120 броя). Включени са 9 схеми, 2 карти и 54 таблици.

Дисертационният труд се състои от Увод, 6 глави, Приноси, Списък на използваната литература и 3 Приложения в табличен вид. Обемистият труд всъщност основно се разделя на две части: 1-ва - магнитно изследване на дълбочинните профили за различни видове почва с задълбочена интерпретация на възможните педогенни процеси в тях, с включване на множество не магнитни, микроскопски и геохимични резултати и 2-ра – картиране на магнитните свойства на почвите в България по измервания на повърхностния слой.

2. Актуалност на проблема

Железните окиси като един от постоянните елементи на почвата носят своя магнитен сигнал. Основното преимущество на неговото изследване пред класическите физически методи като Мьосбаерова спектроскопия, рентгенова дифракция е фактът, че магнито-диагностичните методи улавят и характеризират минимални количества фракции, далеч под границата на детекция на класическите методи. Ето защо включването на магнитни методи в изследването на различни типове почви, техните реакции спрямо различните екосистеми (сухоземни и водни) довежда до нови знания относно функционирането на тези почви.

В последните десетилетия специализираната литература изобилства с подобни изследвания, засягащи различни географски ареали и различни по тип почви. Поради сложността на физическите и геохимични процеси в почвата се изисква особено добро познаване на диагностичните критерии, прилагани в магнетизма на околната среда (сравнително ново направление в геомагнетизма). Авторката на дисертационния труд е точният човек в геофизичната общност, който може да се справи с тази задача с достатъчно богатия си натрупан опит. Предметът на изследване в този труд е напълно нова област, различна от темата на първата й дисертация за получаване на степента д-р. С развитието на това направление от Йорданова, в работата на Палеомагнитната лаборатория са привлечени нови методи на изследване, засилващи точността на магнитната диагностика.

С въвеждането на магнитните изследвания, почвознанието получава още едно силно оръжие в разчитането на сложните педогенни геохимически реакции на околната среда. С този дисертационен труд се поставя началото на едно полезно интердисциплинарно изследване на почвите в България в помощ на почвознанието и прецизното земеделие.

3. Същностна характеристика на дисертацията

Глава 1-ва съдържа така наречената “теоретична част”, която въвежда основните понятия на магнетизма на материалите, както и основните фактори и процеси на почвообразуването. Тук са описани различните железни окиси и желязо-съдържащи съединения в почвите. Най-съществената част на тази глава с оглед на целите на дисертацията е описанието на различните хипотези за произхода на силно магнитните педогенни минерали в почвата.

Една несъществена забележка към тази глава е при въвеждането на закона на Кюри-Вейс да не се дефинират излишно N , M и K като константа на Болцман, които не са използвани в релацията, още повече, че K е въведено за означаване на магнитната възприемчивост.

Глава 2-ра представя методологията на изследванията, като се почне от опробването на почвените профили, проведено в периода 2006-2012 год., избор на локалитетите при използване на “Атлас на почвите в България” (Койнов и кол. 1998), изискванията за геохимично опробване на почви и препоръките на FAO, приложени за съответната област. Веднага трябва да се отбележи, че опробването е направено много детайлно (през 2 см в дълбочина), обхващайки всички хоризонти.

Опробването на повърхностните хоризонти на почвите според типа им е направено според “Почвената карта на НРБ” (Танов и кол., 1956) в периода 2010-2012 год.). Избегнати са антропогенно замърсени области, пътища и населени места.

В същата глава са описани използваните 10 магнитни анализа и апаратурата за измерване. С изключение на хистерезисните изследвания, проведени в Хелзинки и Цюрих и ниско температурното поведение на магнитната възприемчивост, проведено също в Цюрих, всички останали измервания са направени в Лабораторията по палеомагнетизъм и магнетизъм на околната среда на НИГГГ.

9 са включените в работата не-магнитни изследвания на проби от различните хоризонти на профилите, като в случая само измерването на почвената реакция (pH) е проведено в лабораторията на НИГГГ, а останалите 8 са извършени в чуждестранни лаборатории или други институции в България. Това подчертава изключителната настойчивост в работата на дисертантката за получаване на максимална информация от събрания огромен почвен материал в продължение на 6 години.

Следващата **Глава 3-та** представлява същинското ядро на първата част от дисертационния труд. Тя е и най-обемиста (301 страници – текст, фигури и таблици). Изследвани са 24 почвени профили, покриващи голямото разнообразие от типове почви в България: черноземи и файоземи (профили TB, OV, GF), канелени горски почви (CIN, PRV, F, BGU), камбисоли – кафяви горски и планинско-ливадни (T, TR, GR), псевдоподзолисти и жълтоземно-подзолисти (OV, PR, ZL, YPS), червена почва (RED), смолници (VR, JAS, SM), хидроморфни почви (AL, GL), засолен почва (S) и плитки почви – хумусно-карбонатни почви – рендзини и ранкери (RZ, RzB, DRG).

Без да се спирам поотделно на различните профили тук ще отбележа някои важни характеристики на проведените магнитни изследвания. Преди всичко огромното количество извършени лабораторни магнитни измервания е впечатляващо. Много е важно, че вариациите на магнитните характеристики са интерпретирани с установеното наличие на различни химически елементи по профила, количеството на праховата и глинена фракция, аерацията, типът на почвообразуващата скала, хидроморфоложките условия. Търси се и се намира обяснение на магнитната минералогия с процесите на

педогенеза. Навлизането в сложните процеси на педообразуването на различни железни окиси в почвите позволява една задълбочена интерпретация на различните магнитни характеристики по профилите. Така магнито-диагностичните критерии са изведени на по-високо ниво. Същите, в комбинация с множеството приложени нематнитни методи, дават възможност да се разкрият физическите процеси в почвообразуването.

Прави особено добро впечатление фактът, че получените магнитни характеристики по профилите от различни части на България са съпоставени с подобни от други части на света за същия тип почви. Това говори от една страна за широката осведоменост на авторката, а от друга за използването на стабилна методика на изследването. Така например, почти за всички изследвани почви, резултатите от разпределението на механичните фракции, както и съдържанието на основните химически елементи имат своето потвърждение в други публикации за България и такива, касаещи същия тип почви от други страни.

Комплексът от магнитни изследвания е особено пълен, съдържащ измерване на мас-специфичната магнитна възприемчивост във всичките ѝ варианти (χ_{lf} , χ_{hf} , χ_{FD} , χ_{ferri} , $\chi_{FD}^{\circ\%}$), различните лабораторни намагнитености и техните отношения, хистерезисни изследвания, термомагнитни анализи, всички дефинирани в Глава 2 от дисертацията. Определено много полезно за диагностиката на магнитната минералогия е стъпковото придобиване на изотермна намагнитеност (IRM) и последващото анализиране на коерцитивните компоненти, невключено само при изследването на черноземите. При тях педогенното магнитно обогатяване е доказано с получените линейни зависимости между магнитната възприемчивост и дитионитно извлеченото Fe (Фиг. 3.1.16а). Особено интересен е резултатът от линейната регресия на Фиг. 3.1.16б, която води до изчисляването на $\chi_{ferri}=16.1 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$. Тази стойност отразява литогенната фракция в лъсовия почвообразуващ комплекс. От изследването на лъсово-почвения профил Вятото (Jordanova et al., 2007) е получена т.нар. фоновата магнитна възприемчивост $\chi_{bg}=15.8 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$. Изключително доброто съвпадение на двете експериментално получени стойности потвърждава силата на магнито-диагностичните експерименти.

Изключително прецизно са разгледани минералните форми на желязото с двукратно проведеното изотермно намагнитване на образците от Т профила на кафявата горска почва (първи път до 1Т и после до 5Т), което и илюстрира необходимостта от използване на максимални полета за това. Отделянето на 4-те коерцитивни компоненти помага точното тълкуване на магнитната минералогия по профила. Така се стига до намирането на хематит, дефиниран като педогенен в горните профили, едно на пръв поглед противоречие с казаното в т. 5 за камбисолите (стр. 137), където се подчертава, че хематитът не е типичен педогенен минерал за горските почви (високата влажност благоприятства формирането на гьотит). Независимо от последното общо правило, детайлното разглеждане на останалите параметри, свързани с големината на феро-частиците налагат присъствието на педогенен хематит в горните слоеве на профилите Т и TR да се приеме, без той да бъде основен педогенен продукт.

‘S’ отношението за всички профили е пресмятано по традиционния за лабораторията начин и не разбирам защо в Глава 2 е дадена релацията на King and Channel, 1991. В комплекса от магнитни параметри особено значение имат отношенията на лабораторните намагнитености, определящи разпределението по големина на частиците в профилите. Има известно несъответствие в означенията на

нормираната безхистерезисна намагнитеност ARM (някъде е означено като ARM/IRM_{2T}, другаде като ARM/SIRM). Възприятието за SIRM като остатъчно намагнитване на насищане е доста относително и зависи от възможностите на дадена лаборатория. Това може да бъде IRM от 2T, а може да бъде и IRM от 5T. Забележката ми е, че в основните таблици, представящи поведението на магнитните параметри по профилите това не е обозначено. В дефиницията на понятията (Гл. 2.2 – стр. 35) се казва, че IRM се създава с Pulse magnetizer с максимално поле 5T. Допълва се, че за част от пробите е използван вибрационен магнетометър с максимално поле 1T. Въпреки, че за интерпретацията са важни тенденциите във вариациите в дълбочина, въпросът ми е, как читателят да разбере от какво поле е получено IRM? Ще поясня. В профила GR на камбисолите, в отношението ARM/IRM_{2T} изотермното намагнитване, използвано за нормираната безхистерезисна намагнитеност е дефинирано като получено от 2T. Елементарна сметка показва, че вариациите на IRM по профила са получени от по-силно от 2T поле. Това се потвърждава и от сравнението на IRM с M_{rs} от хистерезисните резултати, получени при максимално поле от 1T. Стойностите се различават на 2 порядъка. Да вземем профилите за черноземите – тук имаме показани стойностите на SIRM. Важните диагностични отношения ARM/SIRM, χ_{ARM}/χ са включени без да е даден профилът на ARM. При смолниците профилът на ARM е даден, за IRM е означено, че е получено от 2T и лесно пресметнатото тяхно отношение съвпада с показаното отношение ARM/SIRM. Тогава трябва да предположим, че за SIRM е прието изотермното намагнитване от 2T? Стойностите на M_{rs}, получено от 1T и IRM_{2T} за профилите VR и SM се различават на порядъци в правилно съотношение. Моята препоръка е навсякъде да се отбелязва стойността на индуциращото поле, както това е направено за псевдоподзолистите почви (Фиг. 3.4.18 до 3.4.21).

При тяхното изследване (профили OK, PR, ZL, YPS) е прибавено и морфоложкото описание на профилите а така също и нискотемпературното поведение на магнитната възприемчивост. Резултатите от последното изследване, показващи преобладаващо парамагнитно увеличение на мас-специфичната възприемчивост при охлаждане до температури на течния азот (77K) съвпадат много добре с публикуваните данни за района, които сочат доминиращото влияние на монтморилонита в глината.

По различен начин е подхождено и към изследването на червената почва (профил RED), където е въведено измерването на термоостатъчната намагнитеност TRM, създадена от силно поле (гьотитът на формира TRM в слаби полета). Сравнението ѝ със съдържанието на гьотит, оценено от DRS анализа и дитионитно извлеканото желязо е съвсем добро (Фиг. 3.5.13). В специфичното изследване на “Terra rossa” е успешно използвано и нискотемпературното поведение на изотермната остатъчна намагнитеност - IRM (Фиг. 3.5.12). В легендата на същата фигура е допусната грешка – плътната линия показва охлаждане до 0K, а тънката – загряването до 400K. Резултатите от същия експеримент дават възможност да се оцени съдържанието на Al субституции в гьотита и тяхното увеличение с дълбочината. Авторката използва успешно владенето на магнито-диагностичните експерименти в най-различни комбинации с изключително добро съвпадение с резултатите от DRS анализа за съдържанието на гьотит и хематит. В изследването на червената почва са използвани и резултатите от анализа на съдържанието на редкоземните елементи (REE). Използван е и нов критерий “mass transfer coefficient”, с помощта на който се доказва същественият принос на множество елементи в почвата, в сравнение с почвообразуващата скала. По

мое мнение магнитното изследване на профила RED е изключително силно, с достатъчно експериментални доказателства за привноса на прах от Сахара в червената почва край с. Индже войвода.

При изследването на смолниците (а и не само там) е видно много доброто познаване на литературата по въпроса с вземане под внимание на най-новите публикации, като тази на Nordt and Driese, 2010, където е въведен индексът на изветряне, наречен CALMAG при изследване на смолници. Приложението на този индекс към тук включените профили от смолници води до интересния резултат за палеоклимата по време на образуването на реликтовите смолници. Стойността на Mean Annual Precipitation (MAD) се оказва значително по-висока от съвременно наблюдаваните стойности (Фиг. 3.6.24). Допусната е неточност в интерпретацията на нискотемпературното поведение на магнитната възприемчивост (стр. 251) – скалата е с отрицателни стойности, при които пиковите в ляво и дясно имат обратно значение.

Струва ми се, че магнитната диагностика на хидроморфната почва AL е затруднена поради липсата на добре оформен илувиален хоризонт. Хистерезисните параметри, с изключение на горните хоризонти не допринасят много. Въпреки това, авторката намира правдоподобно тълкуване на нарастващото отношение χ_{ARM}/χ от хоризонт C1 към хоризонт C2. По принцип такова нарастване е свързано с намаляване на размера на стабилните магнетитови частици, но рязката промяна в механичния състав към подчертан превес на пясъчливата фракция противоречи на такова тълкуване. Изказаното предположение в дисертационния труд е, че горното нарастване се дължи на присъствие на Fe-окиси във вид на повърхностни обвивки върху едрите пясъчни частици. Това предположение намира литературно потвърждение в две работи (Schwertmann, 1988 и de Jong, 2002). Интересен е също така изводът за педогенния произход на магнетита в хоризонт C1 на профила AL при положение, че ТМА за съответния хоризонт (AL88-Фиг. 3.7.3) не показва наличие на лепидокрокит. Същият, обаче, в присъствие на Fe^{II} йони се трансформира в магнетит в алкална среда, а такава е налице за профила. Успешното съпоставяне на вариациите на χ_{hf} (параметър на парамагнитните Fe-съдържащи глини) с установените почвени хоризонти (Фиг. 3.7.5) в пълен унисон с измерените вариации в съдържанието на глинестата и прахова механична фракция (Фиг. 3.7.1) подчертава възможностите на магнитната диагностика. Считам като съществен принос в нея отчитането на присъствието и трансформациите на по-малко известния хидроокис на желязото ферихидрит. Хипотезата за трансформациите на ферихидрита в магхемит в присъствие на фосфор и други елементи приемам за логична, но ми се струва нереално предположението за образуване на т.н. “хидромагхемит”, като междинен продукт в педогенеза на почвите. Необходимите за това 100°C в природата се осъществяват само при пожари (този процес има силно локален характер). По отношение на интерпретацията на втората (твърда) коерцитивна компонента на ливадно-блатния профил GL съм съгласна, че в погребаната почва тя се носи от хематит, потвърдено от стъпковото терморазмагнитване на ARM (GL92). В горната почва смятам, че е напълно възможно диагностирането на гьотит (Фиг. 3.7.9, а не Фиг. 3.7.11, както е написано на стр. 284). Това е така не само от получената стойност от 1000 mT за $B_{1/2}$, но и от термомагнитния анализ на GL2 и GL46, както и от инфлексите около 300°C в кривите на терморазмагнитване на ARM за GL7 и GL40.

Заслужава внимание фактът, че са изследвани микроскопски и магнитно както единични частици от магнитни екстракти, така и Fe-Mn конкреции от различни почви в помощ на търсената връзка между педогенните процеси и условията на средата, в която са развити съответните почви.

Обобщаващата таблица 3.9.1, която показва степента на магнитното обогатяване на различните типове почви спрямо почвообразуващата скала е добър завършек на детайлните магнитни изследвания на профилите в Глава 3 и **представлява оригинален научен принос.**

Глава 4-та, макар по-малка по обем е изключително стойностна и водеща до съществени изводи. Резултатите за мас-специфичната магнитна възприемчивост са представени стегнато графично и таблично. За някои почви има разминаване на показаните на Фигурите медианни стойности и тези в описателната статистика, дадена таблично (напр. Фиг. От получената зависимости χ_{fd}^0 от χ_{fd} (Фиг. 4.3.4) се открояват ясно двете различни тенденции за ниски и високи стойности на мас-специфичната магнитна възприемчивост. Намирам интерпретацията за напълно логична. От линейната зависимост на M_s от χ_{fd} за проби от базата данни с $\chi_{fd} > 10\%$ (Фиг. 4.3.6) се стига до важния резултат, че основната педогенна фракция в магнитно обогатените почви в България е магхемит. Използван е феноменологичният модел на Dearing, 1996, както и експериментално получените стойности на χ_{fd} от синтетични магнетит и магхемит с наноразмери. **Това е важен научен принос в работата.**

Изключително подробно са разгледани разпределенията на различните магнитни параметри и реакцията на почвата (pH) според типа почви по ордери, което определям като **новост за почвознанието в България.** Максимумът на χ_{fd} е при черноземите, а минимумът при планосоли и флувисоли, при които съществува изнасяне на железните окиси в дълбочина.

Удачен подход за оценка на пространствените изменения на магнитните параметри е включването на вариограмен анализ с изследване на полу-дисперсията – метод, използван в геостатистиката. От показаните вариограми на магнитните параметри и почвената реакция pH отново е налице огромен експериментален материал от полеви и лабораторни измервания. Изследвани са 13 магнитни параметри, зад които се крият трудоемки експерименти върху голям брой проби (от порядъка на 500) – Табл. 4.1.1. Един несъществен въпрос към автора – защо параметърът остатъчно намагнитване на насищане е означен като M_r , а не като M_{rs} (подобни случаи има и в гл.3 на труда).

От получената средна пространствена корелация (за 4 параметъра) и висока степен на корелация (за 2 параметъра) е направено заключението, че “магнитните характеристики на почвите показват ясно изразена пространствена организация”. Това, разбира се, е предпоставка за успешно използване на магнитните параметри като индикатори на физическите и геохимическите почвени свойства за всеки тип почва отделно.

Считам като **особено съществен оригинален принос на работата показаните карти на пространствено изменение на различните магнитни параметри.** Големината на магнитната възприемчивост на почвите говори за привързаност към основните геологически единици на територията на страната (Фиг. 4.4.3).

Много важно постижение на 2-рата част на дисертационния труд е самата организация на **национална почвена база магнитни данни**, включваща 16

параметъра, с което **качествено се различава** от няколкото съществуващи такива в Европа, съдържащи само параметъра магнитна възприемчивост.

Глава 5-та. Използван е възможно най-пълнен набор от статистически анализи за да се открият основните променливи и фактори, определящи свойствата и поведението на изследваните почви. Факторният анализ откроява 4 основни фактора.

По отношение на клъстерния анализ, преди всичко е правилно включването като променливи типът почва и геологията (в смисъл на тип почвообразуващи скали). Наречени са, а и по смисъл са категоризиращи променливи. Прилагането на cross-validation algorithm test, води до оптималния брой на клъстерите - 4. Таблично са представени участията на различните подразделения във всеки клъстер като % от общия брой проби от съответния тип. Пространственото разпределение на почвените образци, принадлежащи към всеки клъстер води до много интересни карти от опознаването на почвите в България (например сравнение между Фиг. 4.2.1 и Фиг. 5.2.6). **Новост в магнитните изследвания на почвите в света е направеният пространствен анализ на географското местоположение на областите в страната, в които има оптимална комбинация от почвообразуващите фактори.**

6-та глава представя различните практически приложения на почвения магнетизъм. Показаната зависимост между стойността на магнитната възприемчивост и съдържанието на фосфор за голяма част от изследваните профили доказва приложимостта на тези измервания и връзката им с почвеното плодородие. Включени са резултати от подобни изследвания за Германия (цитираната работа на Jordanova et al., 2012 не намирам в списъка на литературата) и за Чехия, касаещи общото съдържание на въглерод и азот. Особено значима е корелацията ($R^2=0.84$) между съдържанието на Fe и V, определени от рентгеново флуоресцентния анализ (XRF) на почвените профили от България (Фиг. 6.1.4).

Заклучение

Най-високото постижение на работата в 1-вата ѝ част е **комплексното разглеждане на резултатите** от пълните магнито-диагностични експерименти по профили, тези на механичните фракции, елементен състав, редкоземни елементи, условия на аерация, вид на почвообразуващата скала. По отношение на 2-рата част **оценявам като новост за България и Европа организирането на почвената база данни**, съдържаща 16 параметъра. Изработените карти на пространствено разпределение на магнитните характеристики представляват **съществени нови приноси към почвознанието**.

Ще отбележа, че всяка една от двете части на изследване, би могла да бъде самостоятелна дисертация.

Критични бележки и препоръки на рецензента

По-голямата част от критичните ми бележки включих в изложението. Дългият списък от типологични грешки, някои неточни цитирания на фигури, на места липсващи уточнения ще предам на авторката. **Основната ми препоръка е тя да намери сили и оформи дисертационния си труд като монография на английски език.**

Лични впечатления на рецензента за кандидата

Познавам Даниела Йорданова от студентските ѝ години, като докторант в лабораторията и като колега. Скромна, работеща задълбочено и целенасочено. Въведе нови изследователски направления в лабораторията. Всичките ѝ 52 публикации след получаване на степента д-р са в престижни международни списания със значим импакт фактор. h индексът ѝ е 18. Голяма част от резултатите, включени в дисертационния

труд не са още публикувани, а на включените статии има забелязани 16 цитата (без автоцитати).

Няма публикации в маргинални списания. Даниела (Н.) Йорданова е световно разпознаваем учен.

Считам, че дисертацията по обем, съдържание, наукометрични показатели, със съответствие на изводите с формулираните цели и добре систематизирани приноси, напълно отговаря на Закона за развитие на академичния състав в Република България и Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени.

Позволявам си да препоръчам на Почитаемото Научно жури, да присъди научната степен “доктор на науките” на д-р Даниела Василева Йорданова.

София
18.03.2015

Проф. дфн Мери Ковачева

