

РЕЦЕНЗИЯ

На дисертационния труд на проф. д-р **Диана Василева Йорданова**, представен за получаване на научната степен „доктор на науките“ в професионално направление 4.4. „Науки за Земята“ (земен магнетизъм и гравиметрия) на тема *„Магнетизмът на лъоса в България – палеоархив на климата през плейстоцена“*

От: чл.-кор. проф. д-гн **Кристалина Христова Стойкова**, Геологически институт при БАН

Рецензията е изготвена в съответствие със Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ) и Правилника за неговото приложение (ПП ЗРАСРБ), както и съгласно Заповед № 01-182/24.06.2025 г на Директора на НИГГГ.

Областта на моята научна компетентност – геология, стратиграфия и палеонтология, както и палеоклиматите, е различна от научното направление на кандидата – физически науки (земен магнетизъм и гравиметрия). По тази причина бих могла да оценя компетентно предимно палеоклиматичните резултати, получени при изследването на лъоса и палеопочвите в дисертацията. Същевременно е ясно, че за получаване на достоверни данни за климата в Долнодунавската равнина през плейстоцена на базата на магнетизма на лъоса е необходимо и прилагането на мултидисциплинарен подход с използване на редица съвременни методи от физиката, геологията, геохимията, климатологията, почвознанието и пр., което е огромно предизвикателство за един изследовател. Мисля, че кандидатката успешно се е справила с него и ни представя едно завършено обобщение.

Изучаването на палеоклиматите в геоложкото минало във връзка със съвременните климатични промени е една от най-актуалните научни тематики в последните години. Намирането и дешифрирането на природни архиви, запечатали различни елементи на палеоклиматите доведе до установяване на много глобални климатични събития в геоложката история, както и на детайли за техните прояви в различните географски ширини и обстановки. В този смисъл, дисертационният труд е посветен на изключително актуална тематика – възстановяване на климатите през плейстоценската епоха на базата на магнитните свойства, записани в лъосово-почвените седименти в Северна България. Солидното количество цитати на публикуваните работи на авторката по темата на дисертацията категорично подкрепят актуалността на изследването.

Едно от най-големите достойнства на дисертационния труд е, че той се базира на огромен, търпеливо и целенасочено събиран, акуратно документиран (с много висока резолюция на опробване, 2-5 cm) и точно привързан фактически материал от най-представителните разрези на лъоса в Северна България. Този материал е изследван със съвременни методи на границата на няколко основни природни науки и модерна апаратура. Резултатите от мултидисциплинарното изследване са

интерпретирани много внимателно, а изводите са солидно обосновани, като някои от тях са верифицирани с два или повече различни метода. Авторката е учен с международна известност в областта на магнетизма на льосово-почвени седименти. Убедена съм, че обобщението в огромната си част е плод на нейните многогодишни изследвания.

Дисертационният труд „Магнетизмът на льоса в България – палеоархив на климата през плейстоцена“ включва 364 страници текст, вкл. 173 фигури в текста, 10 таблици и 27 стр. литература (604 цитирани източника, предимно на английски език – 593 бр. и 11 бр. на български език). Авторефератът отразява коректно и пълно съдържанието на дисертацията. Работата е структурирана в 11 основни глави + увод, заключение и литература.

В изложението на първите три глави читателят се въвежда в актуалността на проблема, основните принципи и проведените изследвания до момента на льосово-почвени последователности в Долнодунавския регион и в Европа като цяло.

В глава 4 от една страна и в главите 7, 8 и 9 от друга се описват поотделно всеки от 11-те изследвани разреза. В гл. 4 са дадени по-обща теренни описания на специфичните литоложки/ педоложки характеристики на льосовите и почвените хоризонти и техните дебелини, както и магнитната възприемчивост по профила. В главите 7, 8 и 9 отново се описват тези профили, но вече в големи детайли се дават вариациите на основните магнитни характеристики на конкретния профил, заедно с някои важни палеоклиматични интерпретации, реконструкции на палеоекологичните условия и пр. Последното, от своя страна, се дискутира подробно в глава 11. Друг пример - в глава 6 – „Датиране и магнитостратиграфия на льосовия комплекс в България“ не би трябвало да се коментират палеогеографските условия в района на Хърлец (с. 117). Според мен, стремежът за максимално пълно представяне на резултатите за всеки разрез във всяка от тези глави е довел до някои неизбежни повторения, а липсата на ясно структуриране на изложението създава объркване и затруднява читателя при възприемането на многото получени резултати.

В глава 5 е предложен *оригинален модел* за интерпретация на промените на магнитния запис в зависимост от параметрите на средата на отлагане при двата основни варианта на почвообразуване: 1) без текущо натрупване на прах във времето – фронтът на изветряне мигрира от повърхността надолу; и 2) със натрупване на прах във времето, т.е. непрекъсната седиментация, растеж нагоре (акумулативни почви). Именно педогенните магнитни минерали в почвите съдържат записани климатични архиви като количество на валежи и температури, въз основа на които се правят и палеоклиматичните реконструкции за съответния период от време. Моделът е тестван за три разреза на съвременна почва – при Дуранкулак, Генерал Тошево и Колобър, както и за първата погребана почва в Дуранкулак и Генерал Тошево. Най-важното приложение на предложения модел е за еднозначно установяване на режима на почвообразуване в конкретен локалитет – със или без едновременно отлагане на еоличен материал, в зависимост от вариациите на магнитните характеристики и дълбочината на техните максимуми. Оценявам високо създаването и верифицирането на модела.

Съществени нови данни за датирането на льосовия комплекс в Северна България са изложени в **глава 6**, като най-важните отпавни възрастови репери са:

- Идентифицирането на палеомагнитната граница Матуяма – Брунес (~ 773 хил. г.) в седми льосов хоризонт на разрез Вятково, бележещ началото на льосонатрупването в Долнодунавския регион.
- Установени възрасти за льосовите хоризонти L₁ , L₂ , L₃ , получени чрез термолуминисцентен анализ на фелдшпатови зърна и на дребна фракция кварцови зърна от разрезите Вятково, Каолиново и Хърлец. Получените възрасти са в съгласие със съответните изотопно-кислородни стадии от глобалната крива на кислорода от дълбоководните сондажи, отразяващи палеоклиматичните промени.
- Абсолютно датиране на тефрата във втория льосов хоризонт, широко разпространена в Централна и Източна Европа. Тази тефра е видим и добре проследим маркер в разрез Сухия кладенец, а нейният източник е доказано изригване на вулкана Таурано преди около 160 ka. Доказателствата за този източник са солидни - геохимични данни и сравнения с други разрезни и евентуални други източници на вулкански ерупции.
- Изотопни анализи на метеорния ¹⁰Be и вариациите в интензитета на земното магнитно поле в разрез Каолиново идентифицират две геомагнитни екскурзии – Iceland basin (възраст 190 ka) и Emperor (450 ka), като първата попада в нивото на недоразвитата почва над втората погребана почва S₂. Този резултат еднозначно датира времето на нейното образуване – интерстадиал в рамките на глациала MIS 6.

В главите 7, 8 и 9 детайлно се описва всеки от изследваните профили. Освен всичко друго, заслужава да се подчертае конструирането на „възрастов модел“ за всеки разрез, като се използва програмата QAnalySeries със съответните входни данни. Моделът е важен за изчисляване на скоростта на седиментация, но последната силно зависи от типа на почвообразуването – със или без съпътстваща седиментация. Получените дати – времеви репери за льоса в Северна България са от ключово значение за коректността на възрастовия модел. Интерпретирана е и палеогеографската обстановка и палеоклиматичните условия, записани в магнитните параметри на всеки разрез, както и вариации в геохимията, магнитната минералогия и педоложките параметри в дълбочина.

В глава 10 на дисертацията са представени за пръв път систематизирани данни за геохимията на 60 селектирани проби от льос и палеопочви от 9 изучени разреза, като за сравнение са анализирани и 14 седиментни проби от алувия на р. Дунав и притоците ѝ. Геохимичните данни са от изключителна важност за установяване на източника на материал за льосонатрупването, а речният алувий обикновено се счита за най-близък такъв източник. За постигане на набелязаните цели са приложени няколко вида анализи чрез модерна аналитична апаратура: рентгено-флуоресцентен, рентгено-структурен, LA-ICP-MS за елементите-следи и редкоземните елементи, SEM с точков рентгенов анализ на единични кварцови частици. Сред най-важните резултати от този клон на изследването са изводите, че геохимичният състав на българския льос е с относително по-високо съдържание на TiO₂ спрямо този в Румъния, Сърбия и Централна Европа. Доказано е съответствие между основните елементи в алувия на р. Дунав (+ притоците му в СЗ България –

Арчар, Лом и Огоста) и тези в лъоса, докато материали от алувия на реките Искър и Вит не са участвали в лъосонатрупването. Друг установен тренд е увеличаването на дела на рециклирани седименти от запад на изток, изразено в повишаването на съдържанието на Hf . Съотношенията между индексите на изветряне, фоновата магнитна възприемчивост и педогенната магнитна възприемчивост свидетелстват за това, че еоличният материал вече е бил изветрял преди седиментирването му в лъосови хоризонти. Почвообразуването е протичало при липса или ограничено постъпване на прахов еоличен материал, което също е важен резултат от проучването, потвърден с различни методи.

Глава 11 представлява задълбочен анализ и синтез на огромното количество резултати, получени в хода на това многопосочно мултидисциплинарно изследване. Целта е да се реконструират палеоклиматичните изменения през плейстоцена (последните 800 ka), записани във времето чрез магнитните характеристики на лъосо-почвените седименти в изследваните разрези. За постигането ѝ е приложен актуалистичния принцип: тестване на потенциала на магнитната възприемчивост за запис на регионалните климатични параметри (валежи и температури) в съвременни холоценски почви, развити върху български (21), европейски (20) и китайски (25) лъос. Резултатите от този тест се прилагат и за палеопочвите в лъоса. Изведени са регионални трансферни функции – линейни емпирични зависимости, позволяващи реконструкция на валежите и температурите чрез големината на педогенното магнитно обогатяване в даден разрез. Доказано е, че χ_{pedo} е комплексен индикатор за промените в количеството на валежите и температурите, т. е. и валежите, и температурите имат ключова роля при формирането на педогенния магнитен сигнал. Този резултат представлява един от най-важните приноси в дисертацията. Освен това е установено, че от значение за стойността на χ_{pedo} е върху какъв тип лъос е развита почвата (типичен или песъчлив) и вида на растителната покривка (напр. степна, горско-степна или горска растителност).

Създаването на времеви модел за всеки разрез позволява да се сравни конкретния български климатичен „запис“ с глобалния климатичен запис, отразен в глобалната изотопна крива на кислорода ($LR04 \delta^{18}O \text{ stack}$). Сравнението се изразява чрез коефициента на корелация (r^2). Изчислени са стойностите на r^2 за всички профили, а направените интерпретации на резултатите от корелацията и привързването на всеки хоризонт от палеопочва със съответните интерглациали са *логични и убедителни*.

Като много интересна оценявам идеята да се потърси проявата в българския лъос (L_2) на т. нар. Дансгаард-Ойшер (Д-О) събития – резки климатични колебания (затопляния) от последния глациал, записани в ледени ядки в Гренландия. Детайлният анализ на вариациите на магнитните параметри за 4 избрани разрези – Хърлец, Сухият кладенец, Генерал Тошево и Каолиново демонстрира присъствието на най-много седем на брой нива, съответстващи на Д-О събитията. Направено е сравнение на вариациите на честотно-зависимата магнитна възприемчивост на българския лъос с глобалната крива на вековите резки климатични промени по време на глациала MIS 6, като са отчетени сходства и различия в амплитудата, дължащи се на различни условия в различните профили – с най-силно обогатяване са максимумите в Сухия кладенец. Отчетена е и реалната възможност за сливане на

няколко близки във времето Д-О събития в магнитния запис в България, вследствие на ниската скорост на седиментация.

В последната част на тази 11-та глава, чрез интерпретация на магнитния запис в лъсово-почвените седименти е направена обоснована реконструкция на климатите през плейстоцена, стъпвайки на изградения времеви модел за всеки от изследваните разрези. Доказано е присъствието в българските разрези на глобалната промяна в климатичната цикличност от преобладаващо 41 ka (obliquity Milankovich cycles) към 100 ka (short eccentricity Milankovich cycles) астрономична цикличност, известна като Mid-Brunhes Transition (MBT, ~ 430 ka). Тя се маркира като рязка промяна в сигнала на палеопочвите от последните 3 интергласиала. Интересна особеност е, че MBT се проявява по различно време в различните локалитети: първо в северните (LUB, KOR и SK, S1-S4, MIS 11, 430 ka) и по-късно в южните разрези (MIS 9 VIA и MIS 7 KAO). Този документиран резултат вероятно би могъл да намери в бъдещи изследвания още по-правдоподобно и убедително обяснение от направеното в дисертацията предположение за наличие на тясна ивица с рязък климатичен преход в резултат на влиянието на локални особености на ландшафта.

Направено е обосновано заключение, че най-старите палеопочви (S₅, S₆), образувани преди MBT, са формирани при типичен средиземноморски климат – сухо горещо лято и влажна зима с преобладаващ атмосферен пренос от ЮЗ на СИ. Климатът през последния интергласиал обаче е бил сходен със съвременния, но с по-високи температури и повече валежи, както се доказва от съхранения магнитен запис в най-младата палеопочва S₁. Този съществен резултат е постигнат чрез моделиране на пространственото разпространение в Северна България на максималната магнитна възприемчивост в съвременната почва, първата и петата палеопочва.

Основните научни резултати и приноси, постигнати в дисертационния труд, са коректно обобщени от автора в две категории – научни и научно приложни. Приемам ги напълно. Бих откритоила като най-съществени следните:

- 1) теоретичния модел на формиране на педогенните магнитните минерали в дълбочина при различни условия на почвообразуване;
- 2) новата точна възрастова датировка на тефрата в L₂ и установяване на вулканския източник в разрез SK, новите абсолютни възрасти на лъсови и почвен хоризонт чрез термолуминисценция в три от разрезите, както и фиксирането на палеомагнитната граница Матуяма-Брунес в L₇ на разрез VIA. Тези времеви репери са с голям потенциал за регионални и глобални корелации, както и за корелации между континентални и морски последователности в плейстоцена;
- 3) построяването на времеви модели за всеки от изследваните лъсово-почвени разрези;
- 4) установяването на записи на резки краткотрайни затопляния – векови резки климатични промени в L₂ по време на последния гласиал (Дансгаард-Ойшер събития) в четири от българските разрези; установяването на MBT;
- 5) съставянето на регионални трансферни функции, описващи връзката между регионалното магнитно обогатяване на почви върху лъос и климата (валежи и температура);
- 6) обобщаването на резултатите от мултидисциплинарните изследвания на лъсово-почвените седименти в стройна, фактологично обоснована реконструкция

на климатичните промени на територията на Северна България през плейстоцена (последните 800 ka).

Критични бележки. Макар и рядко, в текста се среща неправилна употреба и смесване на термини за скали (горен-долен) и термини за геолошко време (ранен-късен). Напр. с. 249 „по време на *горния* плейстоцен в района на Дуранкулак...” – правилното е да се каже по време на *късния* плейстоцен.

Ератема, система, серия, етаж и подетаж са универсалните хроностратиграфските единици, които се употребяват в геологията. Терминът „хроностратиграфия“ означава скали, образувани през определен интервал от геолошко време; те по дефиниция са с изохронни – едновъзрастови граници. Този термин не бива да се смесва с понятието за възраст. Например, не може една недоразвита почва да има проблем, цитирам „... с точната хроностратиграфия“ – може да има проблем с установяване на точната ѝ възраст. Обръщам внимание, тъй като в текста на няколко места се среща такава неточна употребата на „хроностратиграфия“ „хроностратиграфски запис“ като заместител на „възраст“ или „абсолютна възраст“.

Проф. д-р Диана Йорданова е родена през 1969 г. През 1992 г. завършва висше образование – физика със специализация геофизика във ФзФ на СУ „Св. Кл. Охридски“. Професионалната ѝ кариера преминава в БАН и Физическия факултет на Университета, като заема последователно длъжностите от н. с. III-I ст. до доцент (2007) и професор (2012). В изследванията си тя провежда палеоекологични реконструкции, базирани на магнетизма на льосово-почвени седименти, климатите през кватернера, магнитометрия, приложена за мониторинг на антропогенно замърсяване на почви, седименти и градски прах, почвен магнетизъм.

Кандидатката е предоставила изчерпателна информация по изпълнението на отделните национални минимални критерии за придобиване на научната степен „Доктор на науките“ като по настоящата процедура представя 15 статии по темата на дисертацията. Статиите са от периода 1999-2024 г, като 10 от тях са в периода след 2019. Те са публикувани в някои от най-престижните международни списания по тематиката като *Catena*, *Quaternary Science Review*, *Global and Planetary Change*, *Earth and Planetary Science Letters*, *Quaternary International*, *Geophysical Journal International* и др. с импакт фактор или импакт ранг, 13 бр. в Q1 и по една в Q2 и Q4. Документираният брой точки по групата показатели Г и Д многократно надвишава необходимия минимум.

Всички представени статии са в съавторство, като проф. Диана Йорданова е водещ автор в девет от тях, в това число спадат статиите в големи международни колективи. Личният принос на кандидатката в колективните работи е ясно разграничим.

Документираните цитирания на кандидатката са *впечатляващи* и сочат убедително, че тя е учен и изследовател на световно ниво. В базите данни Scopus и Web of Science към момента са отразени 73 публикации на кандидатката. Те са цитирани общо ~1700 пъти (без автоцитати), като общият брой на цитатите на статии само по темата на дисертацията в Scopus е 245. Нейният H-индекс в Scopus е 24. Приложен е и списък с 36 доклади на конференции, изнесени в периода 2010-2025. На базата на представените доказателства е логично заключението, че

представената научна продукция на кандидатката проф. Диана Йорданова надхвърля многократно националните минимални критерии за придобиване на научната степен „Доктор на науките“.

Заключителни бележки

Бих искала да изразя задоволството си от запознаването със задълбочената и на високо научно ниво докторска дисертация на проф. д-р Диана Йорданова. Впечатлена съм както от комплексния подход, задълбочените познания в няколко основни природни науки, многопосочните линии на изследване, надлежното документиране на профилите и интерпретация на доказателствения материал, така и от научното любопитство, целенасочеността и неуморната работа за анализиране на стотици хиляди проби в търсене на солидни доказателства в подкрепа на хипотезите си. Установените резултати са принос не само в познанията за регионалните плейстоценски палеоклимати в Северна България, но и значително по обем и с високо качество допълнение в глобалната база данни за магнетизма на льосовите седименти от Долнодунавската област като ценни континентални архиви на плейстоценския климат в Югоизточна Европа.

Поради тази причина ще гласувам ЗА присъждането на проф. д-р Диана Йорданова научната степен „доктор на науките“ и убедено препоръчвам на членовете на уважаемото Научно жури също да гласуват положително.

София, 24. 09. 2025 г.

Подпис:
(чл.-кор. проф. дн Кристилина Стойкова)