

Р е ц е н з и я

от проф. д.н. Николай Георгиев Бонев
кат. Геология, палеонтология и изкопаеми горива, ГГФ, СУ “Св. Климент Охридски”

на дисертационен труд озаглавен **“Структурногеоложко моделиране и географски информационен анализ на орудени вулканоплутонични комплекси от Странджанската зона в България”** за придобиване на образователна и научна степен „доктор“ по научна специалност „Методи и техника на геоложките изследвания“ в професионално направление 4.4. Науки за Земята, представен от маг. инж. **Диан Атанасов Страхил**.

Обект на изследване в дисертацията са геоложният строеж и структурната характеристика на крехките деформации засегнали вместващи скали, интрузивни и ефузивни тела в три отделни района от Странджанската зона в Югоизточна България, и проблемите свързани със структурен контрол на магматизма и орудяванията. Дисертационният труд цели в синтезиран вид установяване на структурно-геоложката кинематична еволюция на крехките деформации свързани с магматизма и орудяванията, като в допълнение са анализирани и моделирани процесите на образуване на плутоничните тела и рудните минерализации.

Дисертационният труд е разработен в обем от 135 страници основен текст, представен с подходяща структура в десет раздела, илюстриран с 50 фигури в текста и с 5 приложения извън текста с 27 фигури и 2 таблици, заедно с използваната литература. Документацията, която придружава дисертационният труд, е пълна и детайлна.

Темата на дисертацията ясно е очертана в раздел 1 Въведение, в който е отбелязана важноста на структурният контрол за орудяванията в Странджанската зона, а също така са посочени накратко конкретните обекти в изследването - три рудни находища свързани с горнокреден магматизъм, съответно в Светиилийските височини, Манастирските височини и Тамаринския Бакаджик в пределите на Странджанската зона. Въведението съдържа още кратък преглед на общи методични аспекти в дисертацията и постигнатите резултати, като систематизира поставените седем основни цели и пет задачи за разрешаване в изследването.

Раздел 2 представя в регионален план геоложката изученост на изследваната област от Странджанската зона и конкретните три рудни находища „Прохорово“ в Светиилийските височини, „Крумово“ в Манастирските височини и „Бакаджик“ в Бакаджиците. Поради липсата на единно мнение в българската геоложка литература за принадлежността на изследваната област към Средногорската зона или Странджанската зона, основните черти в геоложката характеристика на последните две са представени накратко и поотделно, включително изявите на карбон-пермски, триаски и горнокреден магматизъм. Акцентът, съвсем логично, е поставен върху тектонския строеж, метаморфизъм и металогения на Странджанската зона. Тук обаче липсва отбелязана регионалната работа на Лилов и др. (2004, Мин. Петрол, София) базирана на K/Ar геохронология, която публикация има важно значение за метаморфизма в Странджанската зона.

Раздел 3 „Район на изследването“ е посветен на детайлната геоложка характеристика на Светиилийските височини, Манастирските височини и Бакаджиците, като в него е акцентирано предимно върху геоложкия строеж, структурите и тектонската еволюция на изследваните три основни района в областта на Странджанската зона.

Раздел 4 представя в регионален план стратиграфията на западната част на Странджанската зона, в който достатъчно детайлно са изложени основните лито- и хроностратиграфски единици и магмени тела.

Коментар: В раздел 4.2. Горен Палеозой не са отбелязани възрастите по детритни циркони за Светиилийската свита (303 млн.г.), Еленовската свита (296.5 млн.г.) и Прохоровската свита (245 млн.г.), също така и в раздел 4.3. Триас за Питовската свита (249 млн.г.) и Палеокастренската (262 млн.г.) и Устремска свита (225 млн.г.) от Топловградската група (Bonev et al. 2022 IJES, IGR). Тези възрасти, поради кластичния характер на свитите са единствено доказателство за лито- и хроностратиграфска принадлежност на тези единици, а раннотриаската възраст на Прохоровските риолити има също така важно отношение за Светиилийските височини. Например към подразделите 7.4.1, 7.4.4 и 7.4.5.

Раздел 5 „Състояние на проблема“ мотивира необходимостта от провеждането на кинематичен анализ на разломни нарушения и информацията с приложна насоченост, който този анализ има по отношение на изследваните три рудни находища в дисертацията, а именно структурния контрол върху рудоносните структури.

Раздел 6 е посветен на методологичната основа на изследването, където достатъчно пълно е разгледан и представен използвания метод на кинематичен анализ. В него достатъчно детайлно са представени математико-физичната основа, графични и числови примери при кинематичния анализ. Използваната методика от докторанта е комплексна, комбинираща теренен метод за събиране на геоложки данни и структурни измервания, лабораторен метод на обработка на данните и петрографски наблюдения, както и подготовка на материал за определяне на валова геохимия на главни елементи. Отбелязаните методи са напълно подходящи за постигането на поставената цел и за решаването на задачите на изследването, детайлизирано по-долу в дисертацията.

В раздел 7 са представени геологията, магматичните скали, най-вече Прохоровския диоритов плутон, контактно-метаморфни, контактно-метасоматични, околорудни променителни продукти и разломни системи в рудното находище „Прохорово“. Подчертана е рудоконтролиращата роля на петте на брой разломни системи за находището в текста. Североизточната, изток-североизточната и изток-югоизточната системи са рудопроводящите и рудовместващите разломни системи. В раздела са представени съществуващи данни за морфологията на орудяването, текстурите и структурите на рудите и генезиса на високотемпературното хидротермално медно-порфирно находище „Прохорово“. Структурните наблюдения в дисертацията са съсредоточени по периферията на находището, в кариера „Крачола“ в триаски доломити от рамката на Прохоровския диоритов плутон. Проведените теренни наблюдения, картиране на кариерата и структурните измервания съчетават изследване на пукнатините, разломните системи и свързаните с последните дайки от диоритови порфирити. Установена е пространствената и геометрична връзка на дайките с разломите, а в дайките са характеризирани процесите на хидротермално брекчиране. Измерени са 34 броя пукнатини, които оформят две групи с посока СЗ и СИ.

Направеният структурен анализ на разломите позволява да се изведат два максимума за тяхната ориентировка ($033/57^\circ$ и $132/58^\circ$) и ориентировката на кинематичните оси, за които са получени- σ_1 с посока $74,8^\circ$ и наклон $5,4^\circ$, σ_2 с посока $336,7^\circ$ и наклон 56° и σ_3 с посока $168,4^\circ$ и наклон $33,5^\circ$.

Коментар: Стереодиаграмите на фиг. 7. 13 би трябвало да съдържат реквизитите вид проекция и полусфера, така както е отбелязано на фиг. 7.9. При отбелязването на ориентировката на пукнатините по-подходящо е използване на посока вместо направление.

Раздел 8. е посветен на Крумовското рудно поле в Манастирските височини и извършените в него структурни изследвания от докторанта. В раздела са отбелязани геологията, рудоконтролиращата роля на Манастирския плутон и дайковите скали, както и морфологията на рудните тела и състава на рудите. Освен скарновото железорудно находище Крумово е обърнато внимание на съседните сходни по минерализация находища Дряново 1, Дряново 2, Карачдере и Лековитата вода.

Коментар: Уместно би било възрастта от 294.6 млн. г. за Кавашките кисели метавулканити (Bonev et al. 2022, IGR) да се отбележи в текста. Трудно е да се приеме, че кисели метавулканити и метагранити „лежат директно върху плутона“ (Манастирски), освен ако нямат тектонски контакт, който не е обяснен в текста.

При теренните изследвания е съставена геолого-структурна карта и е събрана информация за разпространението на дайките, пукнатините и разломите в двата участъка на находище Крумово. В допълнение са взети скални образци за минералогопетрографски изследвания на скалите. Полюсите на пресечниците на циклографските следи на 13 на брой дайки потъват към ЮЗ в северния участък и към ЮИ в южния участък на находището. Пукнатините са обработени по данни от геоложки доклади за находището. В него се отделят 3 системи пукнатини - преобладаваща система от пукнатини с посока $280-315^\circ$, такава с посока $350-30^\circ$ и трета с посока СИ. Общо от двата участъка на находището са измерени 63 разломни плоскости, като за по-голямата част от разломите е установена конкретната кинематика. Ориентировката на разломите очертава два максимума- С-СИ-Ю-ЮЗ и И-ЮИ-З-СЗ. При анализа на разломите от северния участък на находището е получена ориентировка на кинематичните оси, както следва- σ_1 с посока $94,7^\circ$ и наклон $13,5^\circ$, σ_2 с посока $192,9^\circ$ и наклон $30,6^\circ$ и σ_3 с посока 344° и наклон $55,9^\circ$. При анализа на разломите от южния участък ориентировката на кинематичните оси е - σ_1 с посока $159,5^\circ$ и наклон $17,2^\circ$, σ_2 с посока $280,7^\circ$ и наклон $59,1^\circ$ и σ_3 с посока $61,3^\circ$ и наклон $24,9^\circ$.

Раздел 9. е посветен на медно-златно-полиметалното находище „Бакаджик“ и извършените в него структурни изследвания. В раздела е отбелязана детайлно наличната информация за геоложкия строеж, петрологията и минералната парагенеза на орудяването в контролираното от горнокредни вулcano-плутонични комплекси и структури находище „Бакаджик“. Структурните изследвания в дисертацията са съсредоточени в участък „Тамарино“, в които са извършени още минералогопетрографски определения и геохимия на вулканските скали. Измерените малко на брой пукнатини очертават три максимума на ориентировката. Първият максимум на стръмни пукнатини с посока И-З, втория на полегати затъващи на ЮИ пукнатини и третия на стръмни пукнатини затъващи на И-СИ. Измерените също така малко на брой

разломни нарушения определят σ_1 с посока $206,4^\circ$ и наклон $6,4^\circ$, σ_2 с посока $308,3^\circ$ и наклон $61,6^\circ$ и σ_3 с посока 113° и наклон $27,5^\circ$.

Раздел 10. „Изводи и дискусия“ обобщава структурната информация за изследваните три находища и предлага интерпретация на разломните структури във връзка с магмените тела и/или вместиращите ги скали.

За находище Прохорово, установените две групи разломни плоскости – с посока СЗ и СИ във вместиращите скали (кариера Крачола) на Прохоровския диоритов плутон, са причислени съответно като оперяващи на Светиилийския разлом и към регионалната СИ система от разломи за областта. Изведените кинематични оси с близка ориентировка и за двете групи разломи са интерпретирани като свидетелство за сходно поле на напреженията. Сходната ориентировка на групите разломи с разломните линии в Прохоровския плутон е интерпретирана в полза на разломни направления контролирали внедряването на плутона. Кинематичният анализ на главните оси и тяхната ротация обратно на часовата стрелка в еднородно напрегнато поле се намира в съзвучие с интерпретацията за еволюцията на плутона и внедряването на магма в двете разломни направления, които определят или отговарят на формата на плутона. Продължаващата ротация обратно на часовата стрелка на кинематичните оси е фиксирана от ориентировката на дайките. Изведената еволюция на напреженията в района на находище Прохорово напълно логично включва: първи етап на внедряване на плутона с посока на главната кинематична ос И-ЮИ, втори етап на ротация до посока И-СИ и трети етап на ротация с посока С-СИ и внедряване на дайки.

За находище Крумово, е установена ротация на северния и южния участъци на находището, но след внедряването на дайките и образуването на рудните тела. Различната ориентировка на главната кинематична ос в двата участъка е интерпретирана за северния участък като отразяваща дясно отседно придвижване по разломи ограничаващи Миладиново-Дряновския грабен или северния борд на Манастирския плутон, а за южния участък отразяваща посоката на свиване при внедряването на плутона. Двата максимума- С-СИ-Ю-ЮЗ и И-ЮИ-З-СЗ в ориентировката на разломите, и по-специално преобладаващия С-СИ-Ю-ЮЗ са интерпретирани като оперяващи на основното разломно нарушение в района - Крумовски ляв отсед. Анализът и интерпретацията на трите групи пукнатини отговаря на геоложката обстановка и отразява вместиването на дайките за първата група, хидротермалните изменения при втората група, и третата най-млада група съответстваща на късните придвижвания в района. Възстановяването на лявоотседното придвижване по Крумовския отсед демонстрира форма на Манастирския плутон близка до тази на Прохоровския плутон с L-образна геометрия и сходство в регионален план на главните разломни направления.

За находище Бакаджик изведената ориентировка на кинематичните оси се намира в геометрична връзка с рудните жили, с които имат сходна ориентировка. Една от системите пукнатините е интерпретирана като паралелна на ориентировката на слоестостта в лавите, докато другите две системи се възприемат като напречни пукнатини на изстиване в лавовите потоци. Резултатите от кинематичния анализ насочват за вероятно присъствие на куполна структура, а рудните жили имат закономерна ориентировка с пукнатините и разломите в отбелязаната структура.

Дисертационният труд по своето съдържание отговаря тематично на професионалното направление 4.4. „Науки за Земята“ и на научната специалност „Методи и техника на геоложките изследвания“, с приносен характер в изясняването на крехките структури за три рудни находища в Странджанската зона, а също така и с практическа насоченост за изясняване на възможностите и ролята на структурния контрол върху формиране на рудни находища.

Заклучение

Рецензентът, с *положително* заключение счита, че според обем събран и обработен материал и постигнати резултати представени в дисертационния труд, последният отговаря на необходимите законови и вътрешни на МГУ „Св. Иван Рилски“ изисквания за придобиване на образователната и научна степен „**доктор**“ по съответната научната специалност и професионално направление. Основните мотиви за това заключение са следните:

- 1.** Практическа насоченост на темата върху проблемите на крехката тектоника, с приносен характер по отношение на разломните структури и пукнатинните системи в три рудни находища в изследваната област. Дисертационният труд е разработен на базата на получени собствени резултати от докторанта, съчетани по подходящ начин с литературни и фондови данни.
- 2.** Овладяни са теоретични знания и методични умения от докторанта, които му позволяват да събира, обработва и да интерпретира структурни данни, както и да обобщава научна информация.
- 3.** Съвременен подход на изследването, използващо теренни и структурни методи, допълнени с петролого-геохимични методи за изучаване и анализ на магматични тела, седиментни скали и променителни продукти.
- 4.** Необходимата публикационна дейност по темата на дисертацията според законовите изисквания, като самостоятелен автор в една научна статия и първи автор в колективна научна статия.

Накрая, препоръчвам на останалите членове от научното жури да се присъединят към настоящото заключение, и да гласуват в съзвучие с него за придобиването от докторанта на образователната и научна степен “доктор”.

Рецензент:

София, 21.08.2023 г.

/проф. дн Николай Бонев/