



**МИННО-ГЕОЛОЖКИ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. ИВАН РИЛСКИ”, СОФИЯ  
ФАКУЛТЕТ ГЕОЛОГОПРОУЧВАТЕЛЕН  
КАТЕДРА „ГЕОЛОГИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКА“**

**Маг. инж. Диан Атанасов Страхилев**

**СТРУКТУРНОГЕОЛОЖКО МОДЕЛИРАНЕ И ГЕОГРАФСКИ  
ИНФОРМАЦИОНЕН АНАЛИЗ НА ОРУДЕНИ ВУЛКАНОПЛУТОНИЧНИ  
КОМПЛЕКСИ ОТ СТРАНДЖАНСКАТА ЗОНА В БЪЛГАРИЯ**

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

на дисертационен труд за присъждане на  
образователна и научна степен **"ДОКТОР"**

Научна област: 4. Природни науки, математика и информатика

Професионално направление: 4.4 Науки за земята

Докторска програма: Методи и техника на геоложките изследвания

**Научен ръководител:  
доц. д-р Иван Димитров Иванов**

СОФИЯ, 2023 г.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита на 14.06.2023 г. от Разширен катедрен съвет на катедра „Геология и геоинформатика“ към Геологопроучвателния факултет на МГУ „Св. Иван Рилски“, София, съгласно Ректорска заповед № Р-404 от 02.06.2023 г.

Публичната защита на дисертационния труд ще се състои пред Научно жури, утвърдено със заповед № Р- 503 от 26.06.2023 т. на Ректора на МГУ „Св. Иван Рилски“ и ще се проведе на 28. 06. 2023 г. от 13:00 часа в заседателна зала, ет. 2 на Ректората на МГУ „Св. Иван Рилски“, София.

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в канцеларията на Сектор „Следдипломна квалификация“ на МГУ „Св. Иван Рилски“, Ректорат, ет. 3, стая № 79, тел. 02/ 80 60 209..

Научно жури е в състав:

1. Проф. дн Николай Бонев, външен;
2. Проф. д-р Радослав Наков, външен;
3. Проф. д-р Владимир Христов, външен;
4. Проф. д-р Валери Сачански, вътрешен;
5. доц. д-р Борис Вълчев, вътрешен;

Резервни членове:

1. доц. д-р Любомир Методиев, външен;
2. доц. д-р Валентиа Николова, вътрешен;

#### **РЕЦЕНЗЕНТИ:**

1. ....
2. ....

Дисертантът е редовен докторант към катедра „Геология и Геоинформатика“ на Геологопроучвателния факултет.

Изследванията по дисертационната разработка са направени от автора, като едно от тях е подкрепено от научноизследователски проект на МГУ „Св. Иван Рилски“ GPF-230-2306/2020 с вътрешно финансиране.

Автор: маг. инж. Диан Страхилов

Заглавие: Структурногеоложко моделиране и географски информационен анализ на орудени вулканоплутонични комплекси от странджанската зона в България

Тираж: 20 броя

Отпечатано в Издателска къща „Св. Иван Рилски“ на МГУ „Св. Иван Рилски“, София.

## **I. ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД**

Настоящото изследване е концентрирано върху тектонския контрол и структурните особености на три рудни находища в западните части на Странджанската зона, локализиращи в Светиилийските височини, Манастирските височини и Тамаринския Бакаджик, които са свързани с рудни флуиди от последната магмена дейност в района, непосредствено след и по време на съпътстващият вулканизъм в края на кредата.

Кинематиката, деформациите и като цяло формата на рудоконтролиращите и рудосъдържащите геоложки тела, се определя както от наследения геоложки строеж на земната кора така и от действащите тектонски напрежения по време на орудяването и след формирането му.

Изследователската тематика за тектонското напрегнато поле и за кинематиката на движенията в структурно-геоложките рударски изследвания в България е слабо застъпена в научните изследвания и в практиката на геоложките проучвания, което може да се удостовери със съвсем малкия брой на публикувани работи, които засягат тези аспекти на рудообразуването. Изследването цели частично да запълни тази празнина.

Предпоставка за прилагането на нов структурно геоложки методически подход е наличието на подходящ, свободно достъпен софтуер който позволява прилагането на иначе много времеемки и трудоемки обработки на данни в областта на структурно-геоложкия кинематичен анализ.

Основният метод за определяне на пространствената ориентация на главните кинематични оси е кинематичния анализ по данни от движения на земекорни блокове, зафиксирани по разломни повърхности.

В дисертацията е приложен комбиниран геометричен и кинематичен структурно геоложки анализ, за да се отговори на критично важни въпроси, свързани с пространствения контрол върху анализиранията находища. В частност е търсен начин да се обясни и предвиди формирането на празнини в геоложкото пространство за внедряване на интрузии или за отлагане на рудни минерали.

Като основен резултат на тази работа може да се приеме съставянето и осмислянето на подход за интегриране на данните за кинематичните оси на движение със стандартно събираните структурни данни. Друг основен резултат е коригираният или усъвършенстван модел за еволюцията на конкретните рудни находища, който инкорпорира в себе си резултати от кинематичен анализ.

Подобни усилия могат да доведат до това, кинематичния анализ да се превърне в неотменна част на структурните изследвания, тъй като чрез него ще се повиши разбирането за контрола на земната механика върху разломите и формата на рудните тела.

### **Цел на дисертационния труд, основни задачи и методи за изследване**

#### **Основните цели, поставени в изследването са:**

- Систематизиране на информацията, от търсещите и проучвателни работи в засегнатите от изследването находища до момента;
- Представяне на нови данни за геоложкия и структурен строеж на подложените на изследване находища;
- Анализ на структурния контрол при формиране на рудните находища в западните части на Странджанската зона;
- Оценка за влиянието на дорудните и пострудните крехки деформационни процеси;
- Определяне на основните етапи на структурно развитие и деформации по време на еволюцията на горнокредните интрузии вместващи орудяванията;
- Представяне на данни за съществуващите главни кинематични оси в пределите на рудни находища с цел изясняване на модела им на образуване;

- Разграничаване на локални и регионални рудоконтролиращи области на свиване и разтягане;
- Моделиране на начина на образуване на засегнатите от изследването горнокредни плутони.

**За изпълнението на поставените цели са изпълнени следните задачи:**

- Изучаване на всички научни публикации и фондови материали, засягащи изследваните находища, независимо, че голяма част от тях имат само косвено отношение към поставените цели;
- Провеждане на геоложки маршрути в районите на изследваните находища за добиване на собствени структурни и геоложки данни;
- Анализиране на данните за разпределението на различните строежни елементи, включително и плоскостния паралелизъм в интрузивните и вулкански тела;
- Провеждане на кинематичен анализ в изследваните находища чрез компютеризирана тензорна обработка на събраните данни за движения, фиксирани в плоскости, съдържащи индикации за такива движения;
- Интерпретация на резултатите.

## **Научна новост**

В дисертационният труд се прилага нов за България компютъризиран метод за кинематичен анализ върху терена на три известни и значими метални минерални находища в Източна България. Демонстрирано е практическо прилагане на анализа и извличане на нова, неизползвана до момента структурно геоложка информация за ориентацията на главните кинематични оси.

Информацията за ориентацията на главните кинематични оси е съчетана със стандартен геометричен структурно геоложки анализ, като са търсени нови доказателства за подсилване на аргументите на геометричния анализ и набелязване на нови работни хипотези за еволюцията на разломите и скалните тела, които са рудовместващи.

Дисертационният труд допринася за запълването на празнината на слабо застъпената в България изследователска тематика за тектонското напрегнато поле и за кинематиката на движенията в структурно-геоложките изследвания.

## **Практическа приложимост**

Разработените в дисертацията хипотези и тяхното съгласуване с данните от тези три находища показва, че е възможно практическо прилагане на метода за проблеми свързани с търсенето и проучването на полезни изкопаеми.

Изложеният е работата подход за съвместно картиране, геофизика и стереографски геометричен анализ методът може да се прилага за проверка на тектонски хипотези.

## **Апробация**

Публична апробация на част от научните резултати представени в дисертационния труд е представена в научни конференции и публикувана в техните списания с научно рецензиране:

- Международна научна конференция на Минно-Геоложкия Университет "Св. Иван Рилски", София, 2019г.,
- Национална конференция „Геонауки 2020” с международно участие.

## **Публикации**

Основни постижения и резултати от дисертационния труд са публикувани в 2 публикации, от които 1 самостоятелна (в списание на БГД, год. 81, кн. 3, 2020) и 1 в колектив (в Годишник на МГУ „Св. Иван Рилски“, 62, 2019).

## **Структура и обем на дисертационния труд**

Пълният обем на дисертацията е 170 страници, от които 18 страници приложения. Работата включва общо 77 фигури и 8 таблици.

Използваната литература се състои от 311 заглавия, от които 147 са на латиница и 164 на кирилица. Цитираните фондови материали са 16.

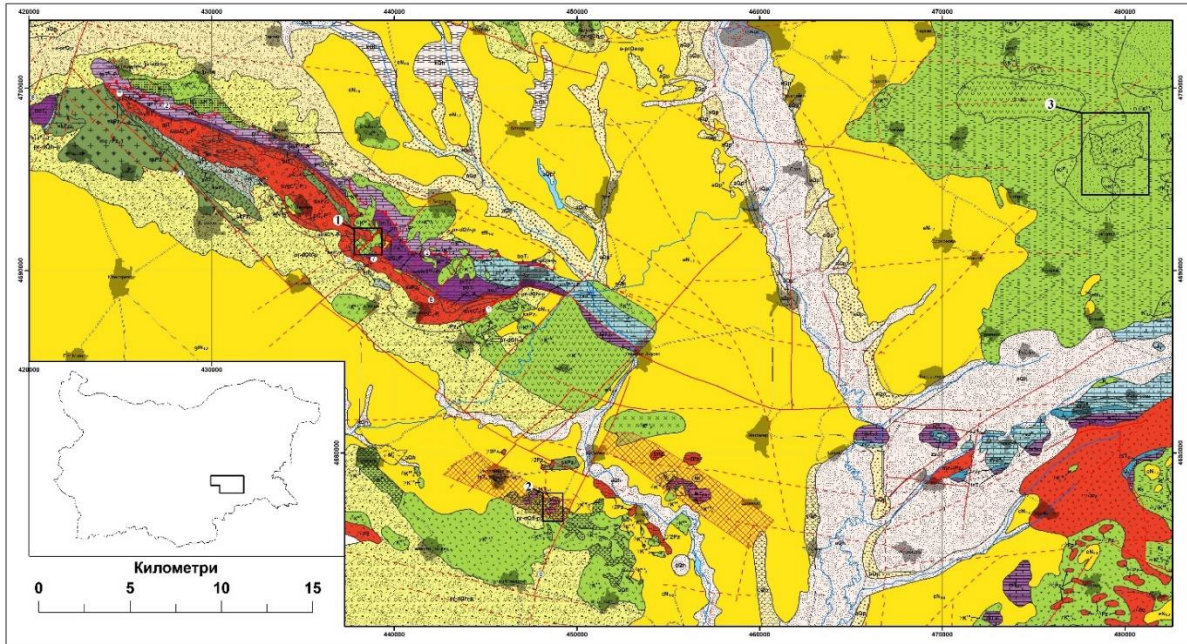
1. Въведение - 2 стр.
2. Геоложка изученост на района на изследване - 11 стр.
3. Район на изследването - 6 стр.
4. Стратиграфия на западната част на Странджанската зона - 21 стр.
5. Състояние на проблема - 3 стр.
6. Същност на кинематичният анализ - 8 стр.
7. Рудогенетична характеристика на находище Прохорово - 31 стр.
8. Рудогенетична характеристика на находищата от Крумовското рудно поле - 16 стр.
9. Рудогенетична характеристика на находище Бакаджик - 22 стр.
10. Изводи и дискусия - 14 стр.
11. Литература - 18 стр.
12. Приноси на докторанта - 1 стр.
13. Приложения - 17 стр.

Номерата на фигурите и таблиците в автореферата съответстват на тези в дисертационния труд.

## II. СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

### 1 Район на изследването

Изследваната област попада в обсега на западните части на Странджанската зона (Бончев, 1903), включително и западните части на Бургаската синклинала (Бончев, 1971а) в района на Бакаджиците, югоизточна България (фиг.3.1). В три района от тази област са проведени картировъчни маршрути със специализирани структурни измервания в областите на три находища на полезни изкопаеми (фиг. 3.1 приложение 13.4).



**Фигура 3.1.** Регионална геоложка карта на района на изследване (извадка от приложение 13.4.) с нанесени три полигона обозначаващи местоположенията на теренните дейности. Полигон 1- теренни дейности в ареала на находище „Прохорово“. Полигон 2- теренни дейности в ареала на находище „Крумово“. Полигон 3- теренни дейности в ареала на находище „Бакаджик“.

Находищата са установени в три издигнати блока – Светиилийски, Манастирски и Бакаджишки, които са обкръжени от депресии запълнени с неоген-кватернерни скали:

- находище „Прохорово“ (полигон 1 на фиг. 3.1), попадащо в района на Светиилийски височини;
- находище „Крумово“ (полигон 2 на фиг. 3.1), попадащо в района на Манастирски височини;
- находище „Бакаджик“ (полигон 3 на фиг. 3.1), попадащо в района на Бакаджиците.

Светиилийските височини представляват нископланински възвишения в западната част на района с дължина около 25 km и широчина достигаща до 6 km с най-висок връх „Острата Вила“ 415,6 m. Те са с генерална посока на пластове 125-135° и наклон 40-70° към север (Недялков, 1964). В мезозойската си част този моноклинал рид е усложнен от надлъжни разломи (например Северния Светиилийски разлом – Чаталов, 1965б) и коси разломи с посока 30-45°.

Светиилийските височини се изграждат от: 1.Соколската Свита; 2 – Гранитите, които са внедрени в нея (Радевски гранити); 3-Кавашките кисели метавулканисти; 4-Еленовската метабрекчочо-конгломератна свита; 5-Светиилийската лавопирокластична свита; 6- Суббалканидния тип триас; 7-Странджански тип триас-Графитовска свита; 8-Странджански тип юрски седиментни скали; 9-Къснокредни интрузивни, вулкански и вулканоседиментни скали



(Кулаксьзов, 1974; Начев, Султанов, 1979; Stanisheva-Vassileva, 1980); и 9-Неоген-Кватернерни седиментни скали (Цанков и др., 1995).

Манастирските височини представляват две нископланински възвишения с обща дължина от около 10 km, ширина 5,5 km и направление 115-120°. Най-високата им точка е връх „Градище“ – 600 m, разположен в западния купол на височините. Двете възвишения са разделени от широка падина, маркираща дълбочинен разлом- Крумовски отсед.

Петроложките особености на интрузивните скали от Манастирските височини са изучавани от Каменов (1969 и 1972), а сведения за метаморфната рамка на плутона дава Димитров (Иванов, 2005; Димитров, 2005, 2015).

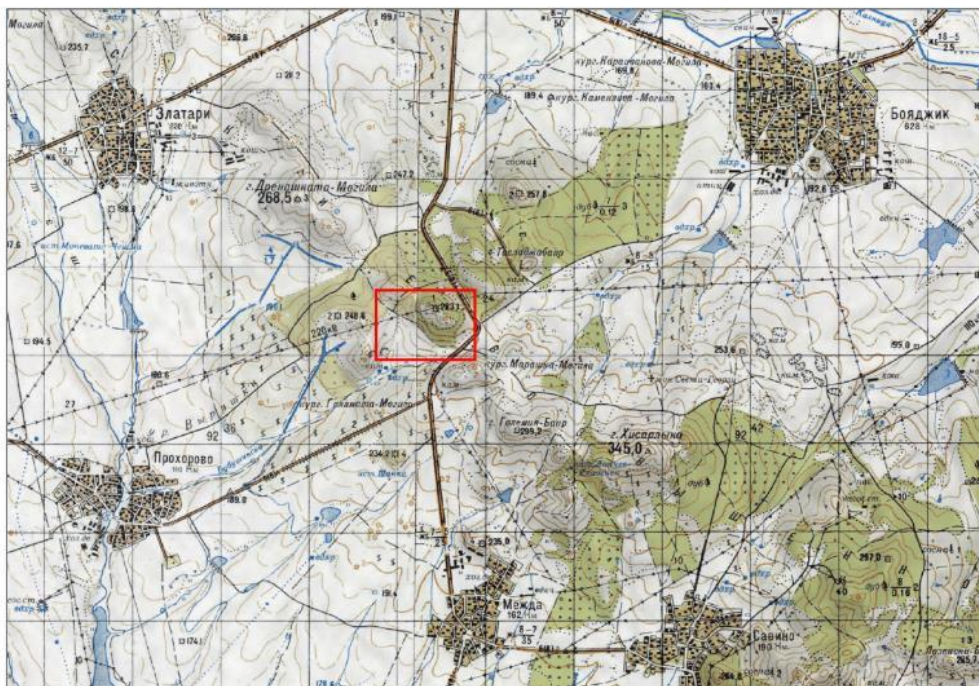
Бакаджиците представляват верига от невисоки вулкански ридове с обща дължина около 25 km, широчина 5–6 km и направление северозапад-югоизток. Състоят се от три хълма (трите „Бакаджика“), подредени от запад на изток както следва: Св. Спаски (Ямболски Бакаджик), Тамарински (Малък Бакаджик) и Войнишки (Войнишки Бакаджик).

Районът е изграден от средиземноморски тип горна креда- сенон, който на места е припокрит от плиоцен и кватернер. От петте хоризонта на сенона, представени в югоизточните части на Ямболско (Цанков и др., 1962), тук са застъпени само последните три- мергелно-варовитият с прослойки от туфи, вулканогенният и варовитият. Основната част от района е разпределена между пирокластитите и вулканитите на вулканогенния хоризонт, като първите заемат предимно ниските части, а вторите високите. Всред тях са внедрени неголеми тела от плутонични и дайкови скали.

## 2 Рудогенетична характеристика на находище Прохорово

### 2.1 Географско и административно положение

Находище „Прохорово“ попада в централната част на Светиилийските височини. Разположено е в землищата на селата Прохорово, Межда, Бояджик и Златари. На повърхността площта на находището е около 0,6 km<sup>2</sup>. По права линия то отстои от село Прохорово на около 3,5 km в североизточна посока, от село Златари на около 3,0 km в югоизточна посока, от село Бояджик на около 4 km в югозападна посока и от село Межда на около 2,5 km в северна посока (фиг. 7.1).



**Фигура 7.1.** *Топографска карта с локализацията на находище Прохорово. С червен правоъгълник е показано местоположението на находището- това не са граници на находището.*

## **2.2 Геоложка характеристика на находището**

Находището е вместиено в горните части на малък кварц-диоритов плутон с „L“ образна форма (Прохоровска интрузия). Едната част от интрузията е с посока северозапад, а другата североизток. Двете посоки в които е развита интрузията съвпадат с преобладаващите разломни структури в района. Регионалната структура върху която разломите са наложени е Светиилийската моноклинала. Моноклиналата е картирана от Недялков (1964), стратиграфски е изследвана от Чаталов (1962, 1965б, 1985), а структурната обстановка е изучавана от Вархатов и др. (1983) и Цанков (1983).

Моноклиналата представлява моноклинална антиформа (коляновидна гънка?) с посока североизток и шарнир северозапад-югоизток. Паралелно на шарнира е формиран Светиилийския разлом с посока северозапад и частично ориентиран паралелно на напластяването, който е бил частично използван като проводяща структура при внедряването на Прохоровския плутон. Друга група от разломи с направление североизток разсича моноклиналата (фиг. приложение 13.4).

## **2.3 Литология**

В изграждането на вместващите скали на находището участват младопалеозойски, триаски, горнокредни и кватернерни скали. Младопалеозойските (стефан-пермски) скали са представени от метаморфозирани брекчоконгломерати, конгломерати, метапясъчници и кварц-серицитови шисти на Светиилийската метаконгломератна свита (Чаталов, 1985) и от киселите метапирокластични и метакварц-порфири на Прохоровската лавопирокластична свита (Чаталов, 1985).

## **2.4 Магматизъм**

Генезисът на находище „Прохорово“ е тясно свързан с проявите на интрузивния магматизъм. В района е отделена Прохоровска интрузивна група (Малешков и др., 1988 ф). Разкрива се североизточно от с. Прохорово на около 3 km и продължава по посока на с. Гълъбинци. В обхвата на групата са установени скални разновидности от типа на габродиорити, диорити, кварцдиорити и преходи към кварц сиенодиорити, монцодиорити и гранодиорити. Преобладаващи са кварц-диоритите.

Групата включва в себе си Прохоровската интрузия, интрузията от местността „Тасладжа баир“ и най-голямото в групата интрузивно тяло при „Чала баир“. Всички те се разглеждат като по-малки или по-големи апофизи на обща дълбочинна интрузивна камера. От всички интрузивни тела на Прохоровската интрузивна група продуктивна по отношение на меднопорфирното орудяване е само Прохоровската интрузия (Прохоровска продуктивна интрузия), докато останалите се приемат като непродуктивни.

## **2.5 Метаморфизъм, метасоматизъм**

Внедряването на Прохоровския плутон е довело до образуването на широк двор от контактно-метаморфни и в подчинено количество контактно-метасоматични скали.

На контактно-метаморфните скали се падат около 45% от обема на рудното тяло. В зависимост от изходните скали са се образували хорнфелзувани конгломерати, хорнфелзувани пясъчници, хорнфелзи. Разновидностите прехождат постепенно една в друга. Закономерности по отношение на разпространението им във вертикална и хоризонтална посока не е установено. Дебелината на ксенолитите по сондажи е от сантиметри до 100 m, а контактната промяна на рудното тяло заглъхва на 100 и повече метра от външния контакт на интрузията.



## **2.6 Структура на находището Прохорово**

Находището е локализирано в Бояджишкия регионален тектонски възел. Той разсича напречно Светиилийските височини на две равни части. Образуван е от пресичането на двете регионални разломни системи в областта - северозападната (с посока 320°) и североизточната (с посока 50°). Първата от тях е паралелна, а втората напречна на оста на Светиилийската антиклинална структура.

Това е най-голямата рудогенерираща и рудоносна структура в Светиилийското рудно поле. В хода на своята еволюция възелът се е оформил като дълбочинен високопроницаем интрузивно-тектонски център в който на хипоабисално ниво в основата му е внедрен Прохоровският плутон (Игнатовски, 1986). Находище „Прохорово“ е привързано именно към този плутон с диоритов състав.

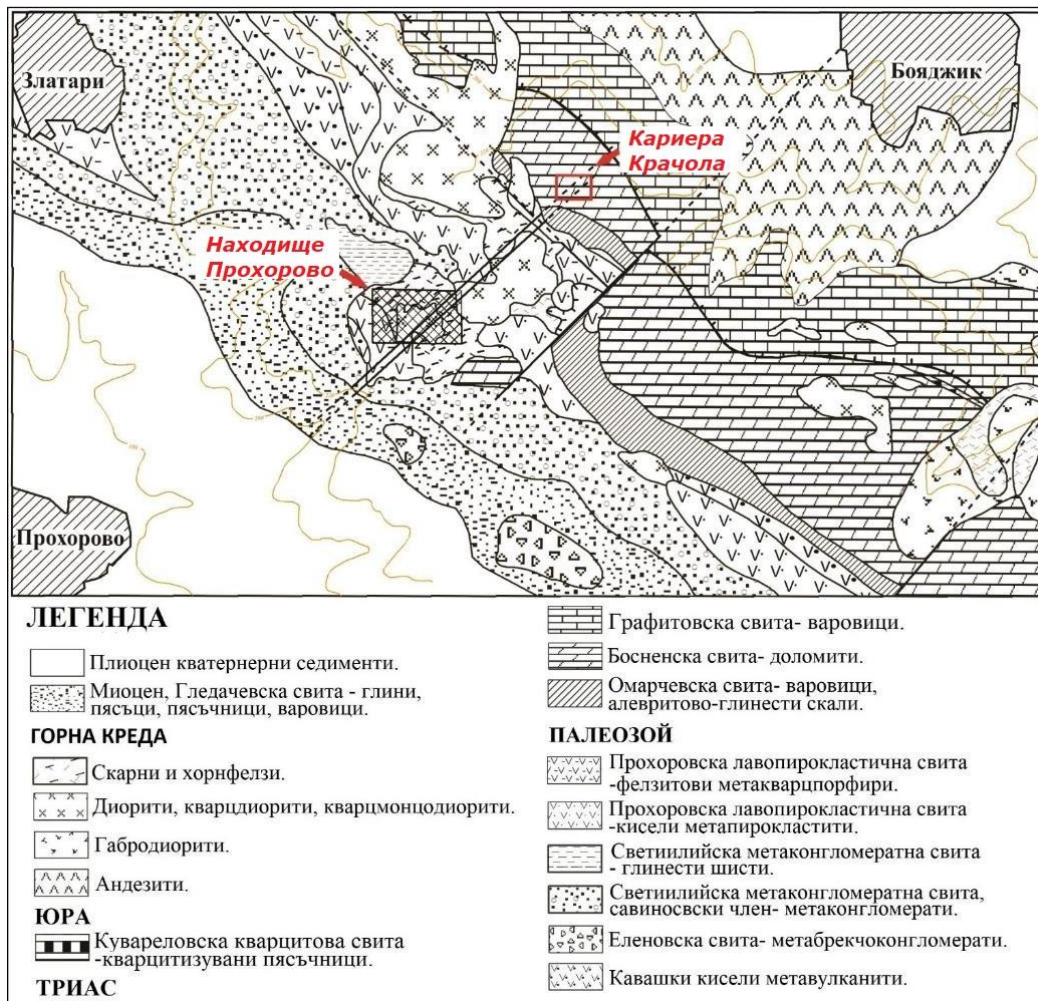
## **2.7 Генезис и тип на находището**

Находище „Прохорово“ се отнеся към високотемпературните хидротермални меднопорфирни находища образувани на малка до умерена дълбочина.

## **2.8 Изследвания в района на находище Прохорово**

Разкритостта на терена при находище „Прохорово“ е сравнително ниска и на този етап много трудно би могло да се добие голямо количество от нова информация за структурни анализи. Независимост от лошата разкритост в района на находището бе проведено двуседмична картировка, като бе направен опит да се открият и опишат старите траншеи и канали, които за съжаление са колапсирани или рекултивирани.

На 1,3 km североизточно от находище „Прохорово“ в местността „Тасладжа баир“ се намира кариера за трошен камък „Крачола“ (фиг. 7.6).



**Фигура 7.6.** Геоложка карта с легенда на района около находище Прохорово от Светишлийските височини (модифицирана от Чаталов, 1985). С червен контур е изобразено местоположението на кариера „Крачола“.

Кариерата е разработена в сиви до тъмносиви доломити и предлага изключително добра разкритост (фиг. 7.7). Повечето измервания и материали във връзка с изследването са добити от района на кариерата. Взети са скални образци за минераложки изследвания на скалите, резултатите от които са в приложение №1 (точка 13.1 от дисертацията).

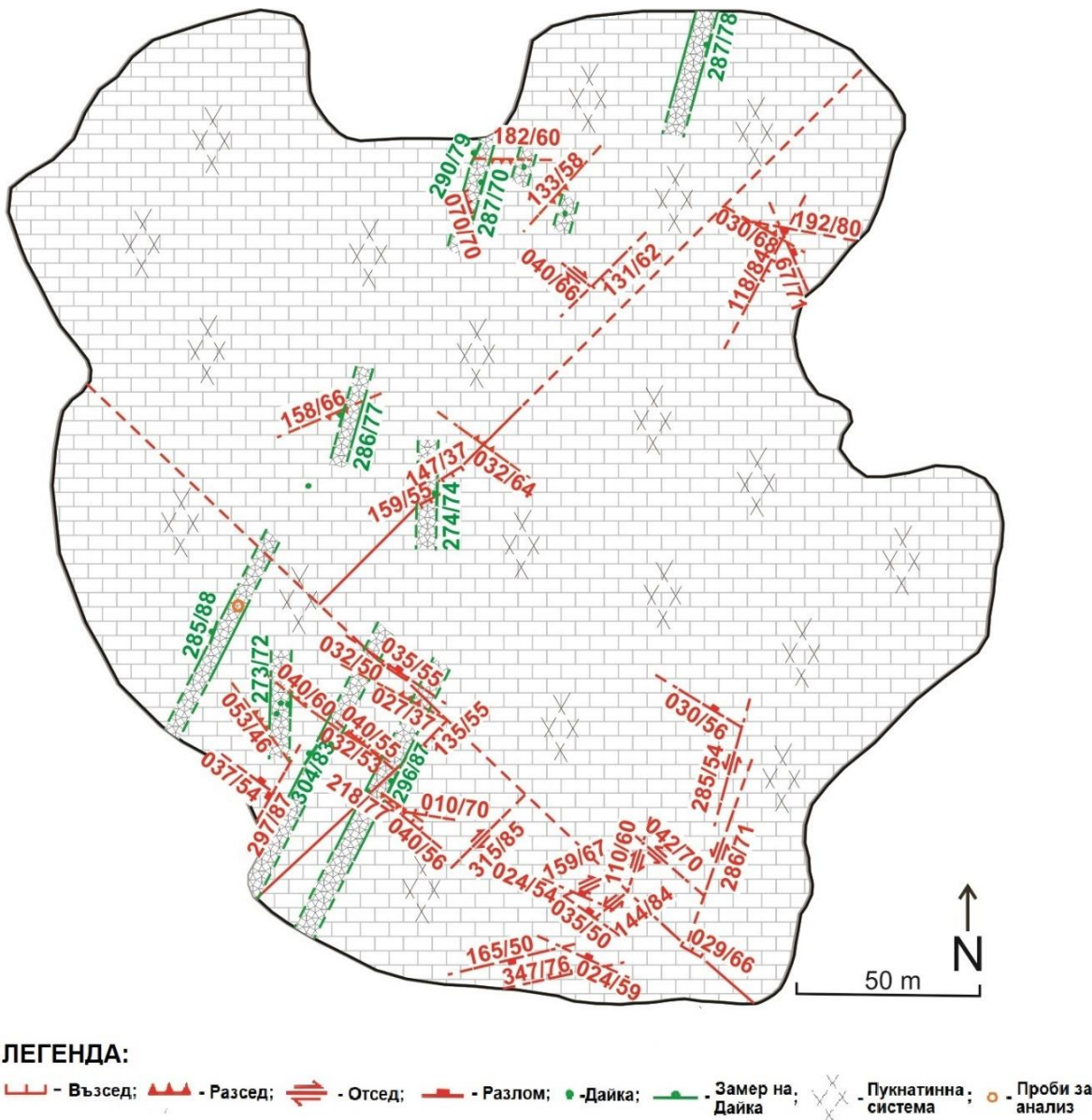


**Фигура 7.7.** Панорамен изглед на кариера за трошен камък „Крачола“. (сн. Д. Страхилев).

В хода на изследването е събрана информация за разпространението на дайките, пукнатините и разломите в кариерата.

В резултат на проведеното картиране е изработена геолого-структурна карта на кариерата (фиг. 7.8).





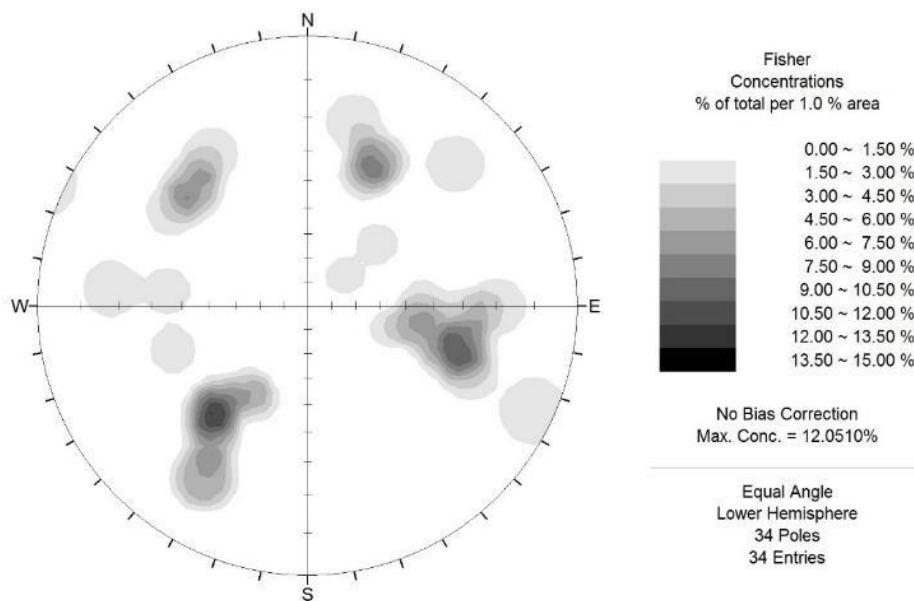
**Фигура 7.8.** Геолого-структурна карта и легенда на разкритата площ на кариера за трошен камък „Краçола“. Със зелен цвят са нанесени наблюдаваните разкрития на дайки в кариерата. С червена непрекъсната линия са изчертани наблюдаваните разломи, а с червена пунктирна линия, интерпретираните продължения на разломните повърхнини.

### Структурна характеристика

В разкритата площ на кариерата посоката на пластореда е между 120 и 130° (югоизток) и с наклон между 40 и 60° към североизток. По този начин кариерата разкрива геометрията на Свещилийската мониклинала.

Посоката на наблюдаваните дайки в кариерата е средно 20° като затъват стръмно на запад (фиг. 7.8).

Доломитите са умерено напукани от две групи пукнатини: - пукнатини с направление северозапад и такива с направление североизток (фиг. 7.9)

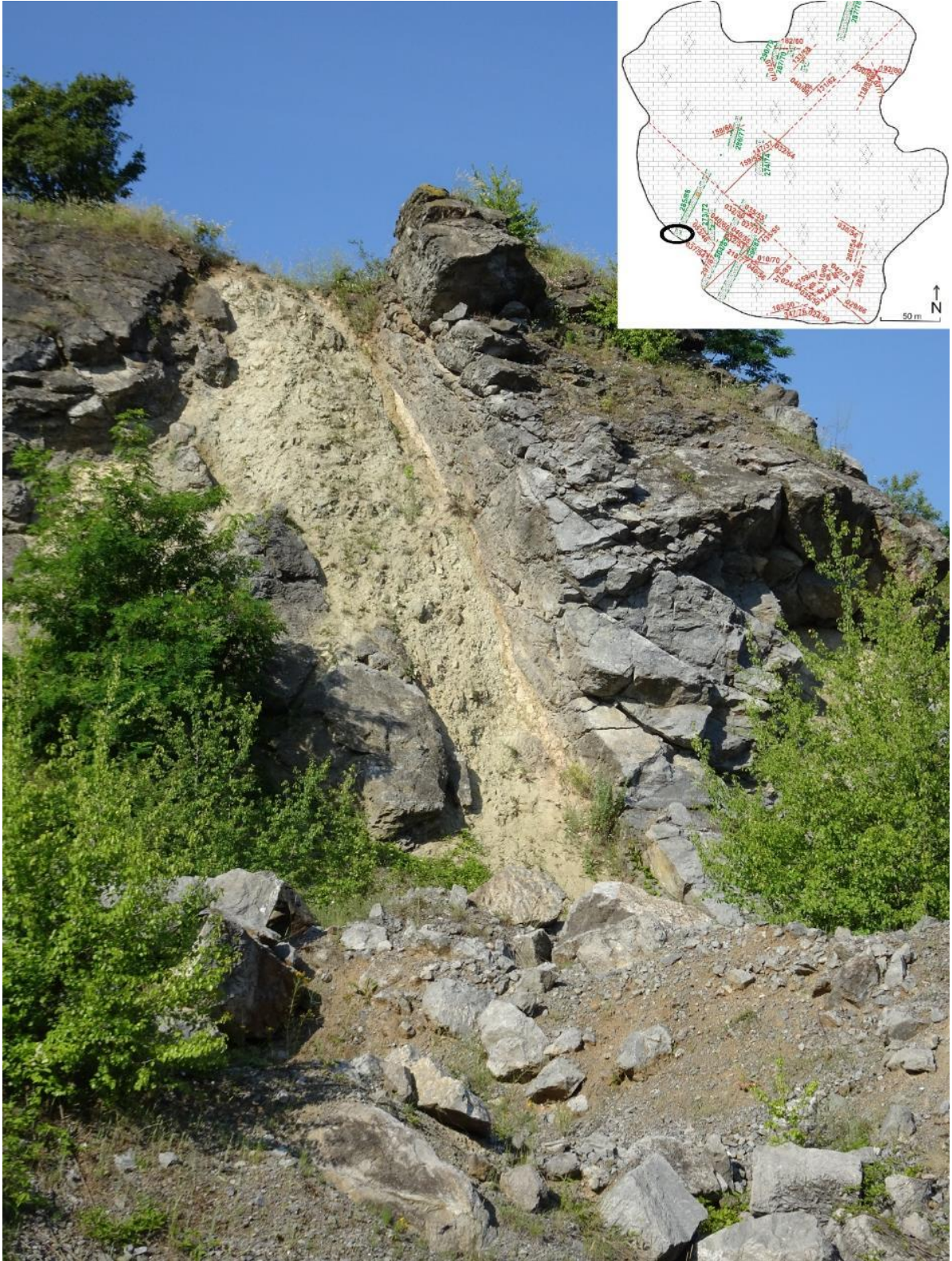


**Фигура 7.9.** *Стереографска проекция на полюсите на 34 измерени пукнатини в района на разкритата част на кариера „Крачола“. Равноъгълна проекция, долна полусфера.*

### **Ефект на хидравличното брекчиране**

На пръв поглед скалите които изграждат дайките изглеждат силно разломени, дори е възможно при първичното определение от дистанция да бъдат интерпретирани като големи разломи (фиг. 7.10), но всъщност представляват брекчирани дайкови тела.



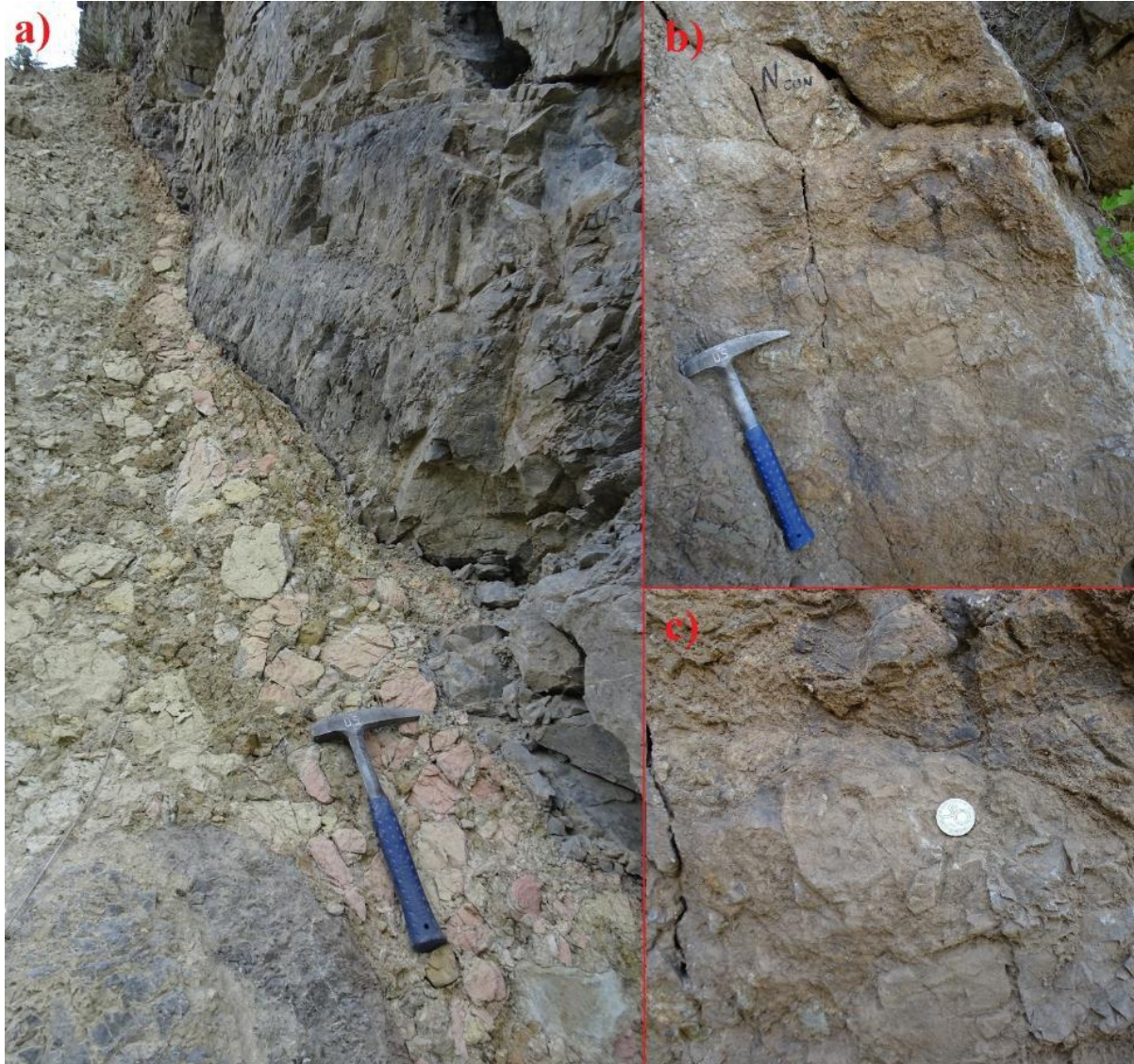


**Фигура 7.10.** Изглед от дистанция към дайка в източната стена на кариера „Крачола“. Местоположението на снимката в кариерата е обозначено в горния десен ъгъл. (сн. Д. Страхилев).

Една от вероятните интерпретации за брекчирането на дайките е, че те са се внедрили по разломи, които в последствие са били реактивирани и материалът в тях е бил „смян“. Тази интерпретация може да бъде отхвърлена на база на три основни предпоставки. Първата е, че



дайките в същността си са екстензионни структури и техните стени (контакти) са перпендикулярни на най-малкото тектонско напрежение ( $\sigma_3$ ), следователно по време на формирането им срязване напълно липсва, за сметка на чиста екстензия. Втората предпоставка е това, че контактите на дайките с вместващите ги скали са изключително груби и неравни което отново изключва срязване (фиг. 7.11).



**Фигура 7.11.** Контакт на дайка с доломит в кариера „Крачола“. а) Наблюдава се вълнообразен и груб контакт на дайката с доломита. б) Изглед напречно към северната контактуваща стена на доломита към дайка. в) По-близък изглед към контактуващата повърхност от б)- ясно се забелязва грубия релеф на контакта. (сн. Д. Страхилев).

Третата предпоставка е текстурата на брекчираните скални фрагменти в дайката, която предполагат за сепарация на късовете с малка ротация на един фрагмент спрямо друг (ротацията е еквивалентна на срязването) (фиг. 7.12).

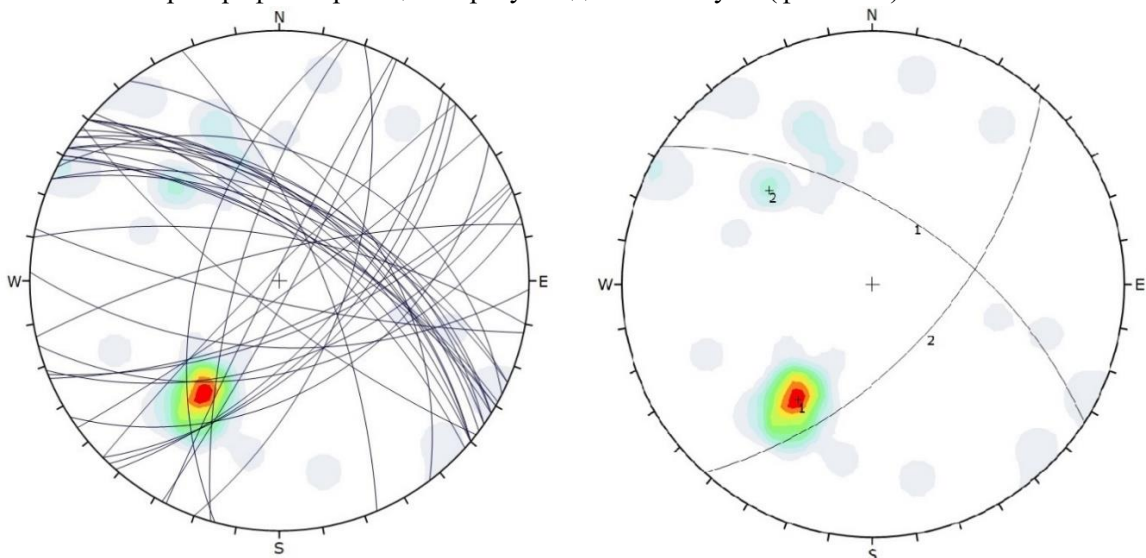




**Фигура 7.12.** Фотография в близък план на дайка от кариера „Крачола“ на която ясно се вижда текстурата и на хидравлично брекчиране. (сн. Д. Страхилев).

### Анализ на разломите

В пределите на кариера „Крачола“ са измерени общо 39 разломни плоскости, които нанесени на стереографска проекция образуват два максимума (фиг. 7.13).



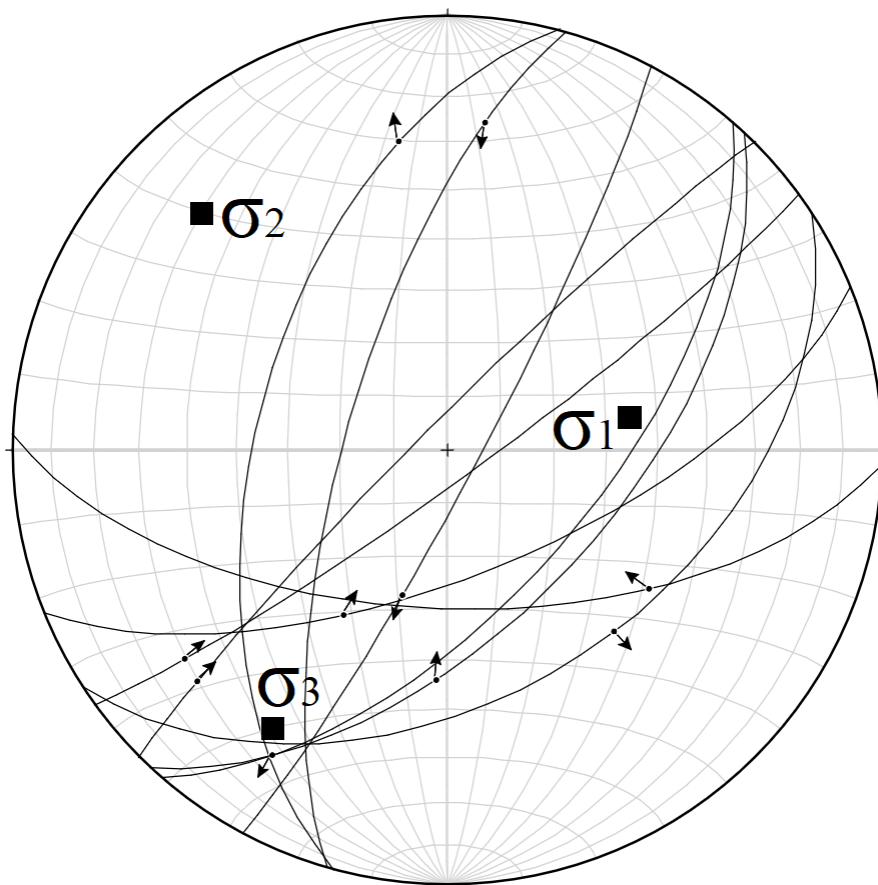
**Фигура 7.13.** В лявата част на фигурата е поместена стереографска проекция с нанесени всички 39 разломни равнини измерени в пределите на кариера „Крачола“. В дясната част на фигурата е поместена стереограма с нанесени двата максимума, които формират разломните равнини. По-ясно изразеният означен с 1 е със страна и наклон  $033/57^\circ$ , а другият означен с 2 е със страна и наклон  $132/58^\circ$ .

Двата максимума които образуват разломите са 033/57° и 132/58°.

### Анализ на разломните премествания

Измерените разломни премествания са анализирани както поотделно на база на посоката си на разпространение, така и заедно.

При анализа на разломите попадащи в североизточния квадрант (фиг. 7.14) се получава  $\sigma_1$  с посока 79,4° и наклон 55,8°,  $\sigma_2$  с посока 313,7° и наклон 21,6° и  $\sigma_3$  с посока 213° и наклон 25,1° (таблица 7.1).

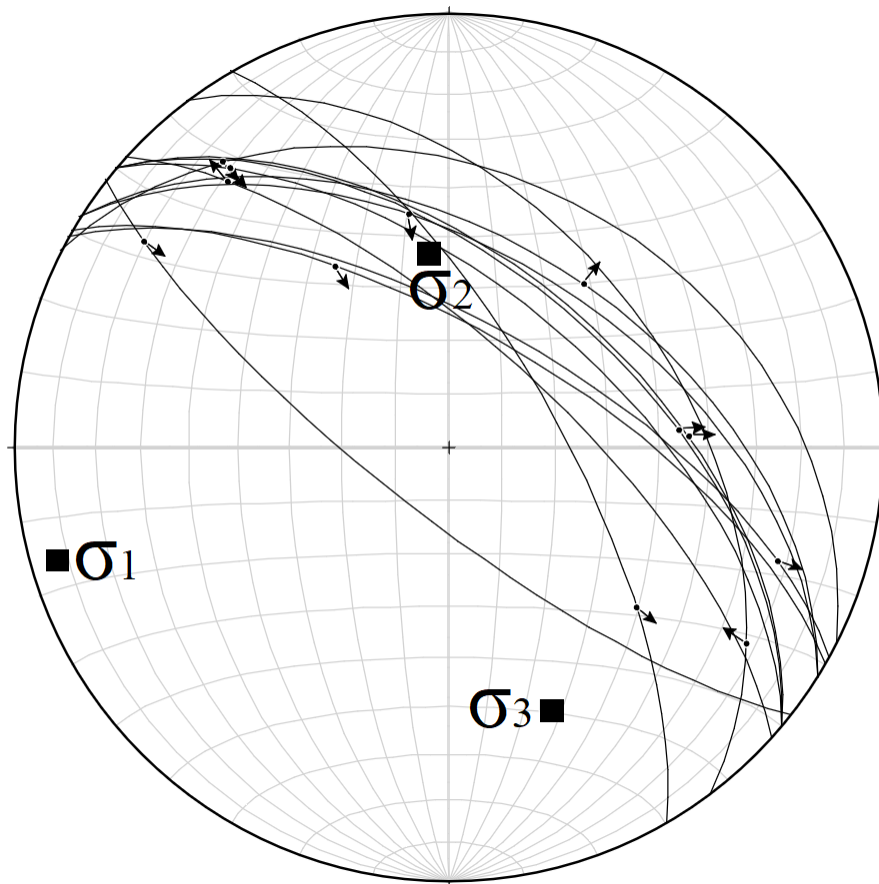


**Фигура 7.14.** Ориентация на главните кинематични оси получена от 10 разломни повърхности с ориентация североизток от карьера „Крачола“. Главната кинематична ос затъва към североизток.

**Таблица 7.1.** Извлечение от софтуера „FaultKin“ от анализа на разломните плоскости попадащи в североизточния квадрант на стереограмата.

Axis	Eigenvalue	Trend	Plunge
1.	0,0457	079,4,	55,8
2.	0,0062	313,7,	21,6
3.	0,0519	213,0,	25,1

При анализа на разломите попадащи в югозападния квадрант (фиг. 7.15) се получава  $\sigma_1$  с посока 254,4° и наклон 6,4°,  $\sigma_2$  с посока 352,8° и наклон 52,5° и  $\sigma_3$  с посока 159,6° и наклон 36,7° (таблица 7.2).

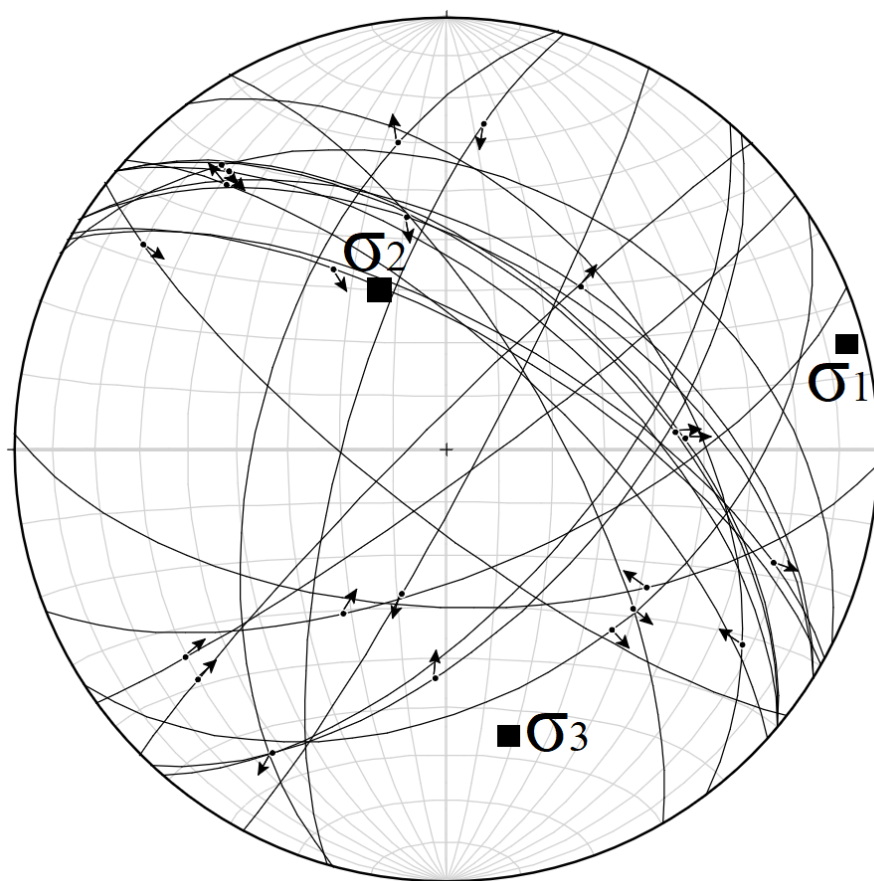


**Фигура 7.15.** Ориентация на главните кинематични оси получена от 12 разломни повърхности с ориентация северозапад от карьера „Крачола“. Главната кинематична ос затъва към запад-северозапад

**Таблица 7.2.** Извлечение от софтуера „FaultKin“ от анализа на разломните плоскости попадащи в югозападния квадрант на стереограмата.

Axis	Eigenvalue	Trend	Plunge
1.	0,1174	254,4,	06,4
2.	0,0316	352,8,	52,5
3.	0,1490	159,6,	36,7

При анализа на всички разломи (фиг. 7.16) се получава  $\sigma_1$  с посока  $74,8^\circ$  и наклон  $5,4^\circ$ ,  $\sigma_2$  с посока  $336,7^\circ$  и наклон  $56^\circ$  и  $\sigma_3$  с посока  $168,4^\circ$  и наклон  $33,5^\circ$  (таблица 7.3).



**Фигура 7.16.** Ориентация на главните кинематични оси получена от всички 22 разломни повърхности измерени в кариера „Крачола“. Главната кинематична ос затъва към изток-североизток. Всички изчисления са направени със софтуера „FaultKin“.

**Таблица 7.3.** Извлечение от софтуера „FaultKin“ от анализа на всички разломни плоскости.

Axis	Eigenvalue	Trend	Plunge
1.	0,0599	074,8,	05,4
2.	0,0278	336,7,	56,0
3.	0,0878	168,4,	33,5

### 3 Рудогенетична характеристика на находище Крумово

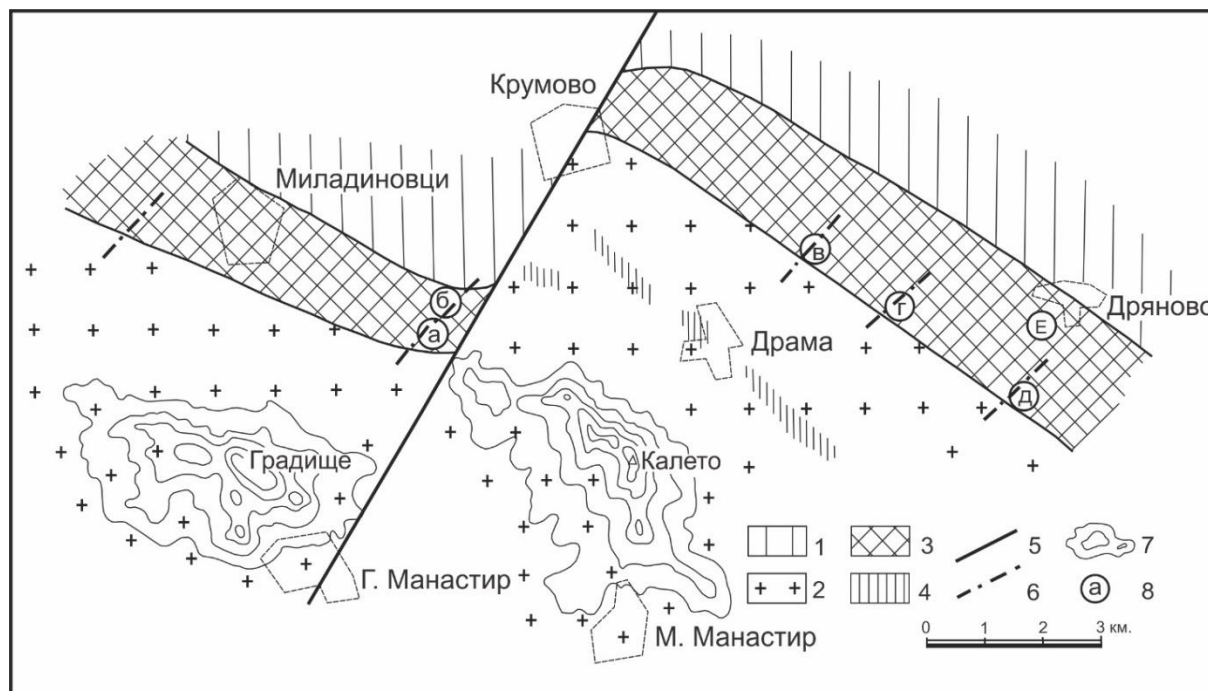
В Манастирските възвишения са установени на много места магнетитови орудявания, свързани с внедряването на Манастирския плутон и с образуването на скарни, които са обединени в рамките на находищата Крумово, Дряново 1 и 2, Карачдере (Драма) и Лековита вода. Те се намират в една геолого-структурна обстановка, поради което са включени в един район-Крумовско рудно поле (Попов, Попов, 2022). Най-значимото находище от рудното поле е находище Крумово.

Главният рудогенериращ фактор в района е Манастирският плутон. Неговата мантия се разкрива главно в северния му контакт и е изградена от висококристалинни шисти, наситени обилно с палеозойски гранит, процепващи и скалите на по-слабо изявения диабаз-филитоиден комплекс. Непосредствено на север от плутона се срещат доломитови и по-рядко калцитови



мрамори, които изграждат силно разкъсана на отделни блокове ивица и често са включени, като ксенолити в плутона. Това са метаморфозирани триаски отложения, които обуславят образуването на скарно-магнетитовите орудявания на контакта с плутона. Голяма част от района е покрита с епиконтинентални, езерно-речни терциерни и кватернерни отложения.

В тектонско отношение районът се включва в най-северозападната част на Странджанската антиклинала, като заема нейната ос и северен фланг. Главната локална структура е Миладиново-Дряновският грабен (Панайотов, 1966) (фиг. 8.1)



**Фигура 8.1.** Схематична структурна карта на района на Манастирските възвишения по Панайотов 1966г. 1- палеозойски скали от ядрата на Странджанската антиклинала; 2- манастирски плутон- I-ва габрова наставка; 3- Миладиново-Дряновски грабен- гнайсуван гранит, мрамори, II-ра диоритпорфировата наставка; 4- остатъци от палеозойски скали върху плутона; 5- Крумовска отседна зона; 6- вероятни рудоконтролиращи зони; 7- релеф на Манастирските възвишения в изолинии; 8- скарно-железорудни находища; а) Крумово-юг; б) Крумово-север; в) Карачдере (Драма); г) Лековитата вода; д) Дряново 1; е) Дряново 2.

Грабена се оформя в северната периферия на Манастирските височини и представлява понижение с широчина около 2 km и дължина над 30 km, с посока северозапад-югоизток и се следи между селата Овчи Кладенец и Добрич (извън обсега на фиг. 8.1). В отделни части е покрит с терциерни и кватернерни отложения с дебелина до 250 m. Времето на заложението му не е ясно, но е възможно той да е формиран по време на внедряването на Манастирския плутон чрез механизъм на нагъване и разломяване, който се свързва с издигането на стари скали непосредствено около плутона и пропадане с формиране на грабенова или синклинална част на известно разстояние от плутона (Gruden, 2008).

Миладиново-Дряновският грабен се състои от две части- източна и западна. Както източната, така и западната половина на грабена имат посока югоизток-северозапад ( $300^{\circ}$ - $310^{\circ}$ ). Източната му част е отместена на около 4 km в северна посока спрямо западната. Очевидно това отместване е станало по зона на отседни движение с посока югозапад-североизток ( $30^{\circ}$ - $35^{\circ}$ ) от с. Голям Манастир, източно от Крумовското находище, през с. Крумово и на север от него (фиг. 8.1). Тази тектонска форма е означена като Крумовски отседен пояс (Панайотов, 1966). Наличието на отседни движения с посока СИ е характерно за източните части на Странджанската антиклинала (Савов, 1961).



Рудоконтролиращите фактори са от три категории- магматични, литоложки и структурни.

Към магматичните спада Средногорският магматизъм представен от габрата на Манастирския плутон.

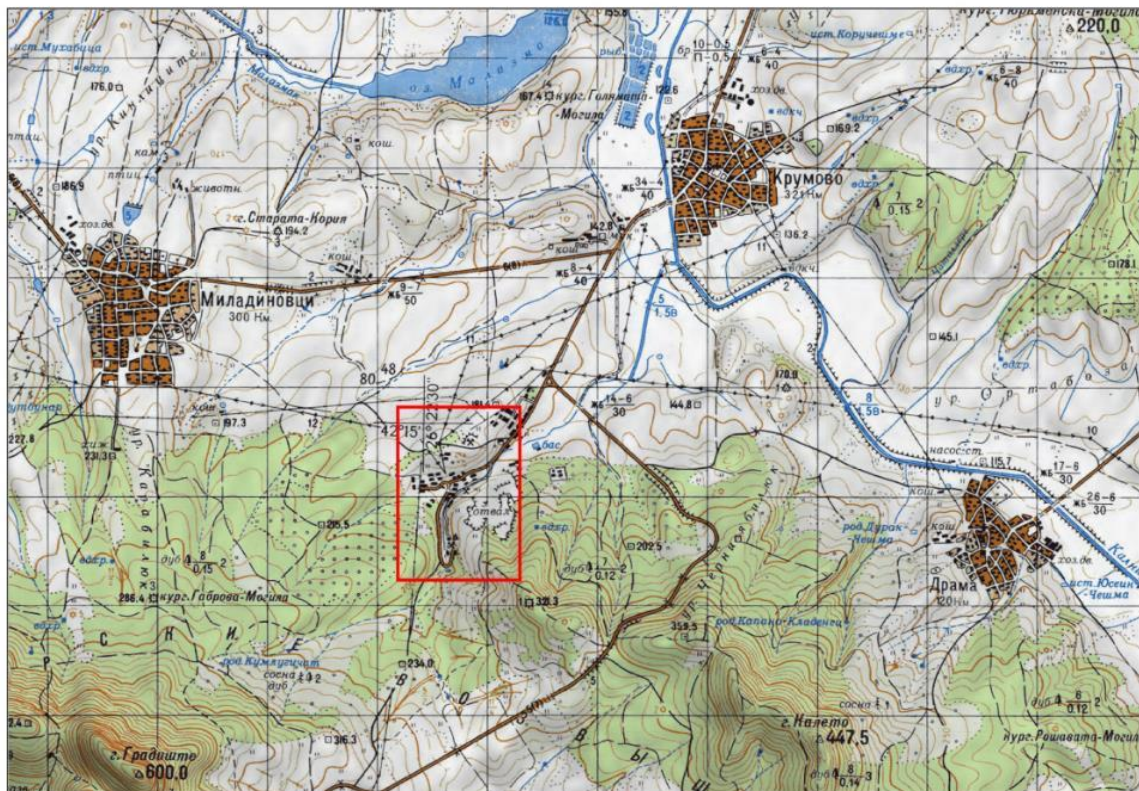
Литоложките се обуславят от наличието на доломитите, доломитните мрамори, мраморите предимно с триаска и съвсем малко с палеозойска възраст, магнезиевите и калциевите скарни.

Структурните рудоконтролиращи фактори са:

- Южният разломен борд на Миладиново-Дряновския грабен и съответно северният контакт на Манастирския плутон в участъците, изградени от габрова интрузия;
- Напречните разломявания на грабена;
- Ксенолитите от карбонатни скали в периферията на плутона.

### 3.1 Географско и административно положение

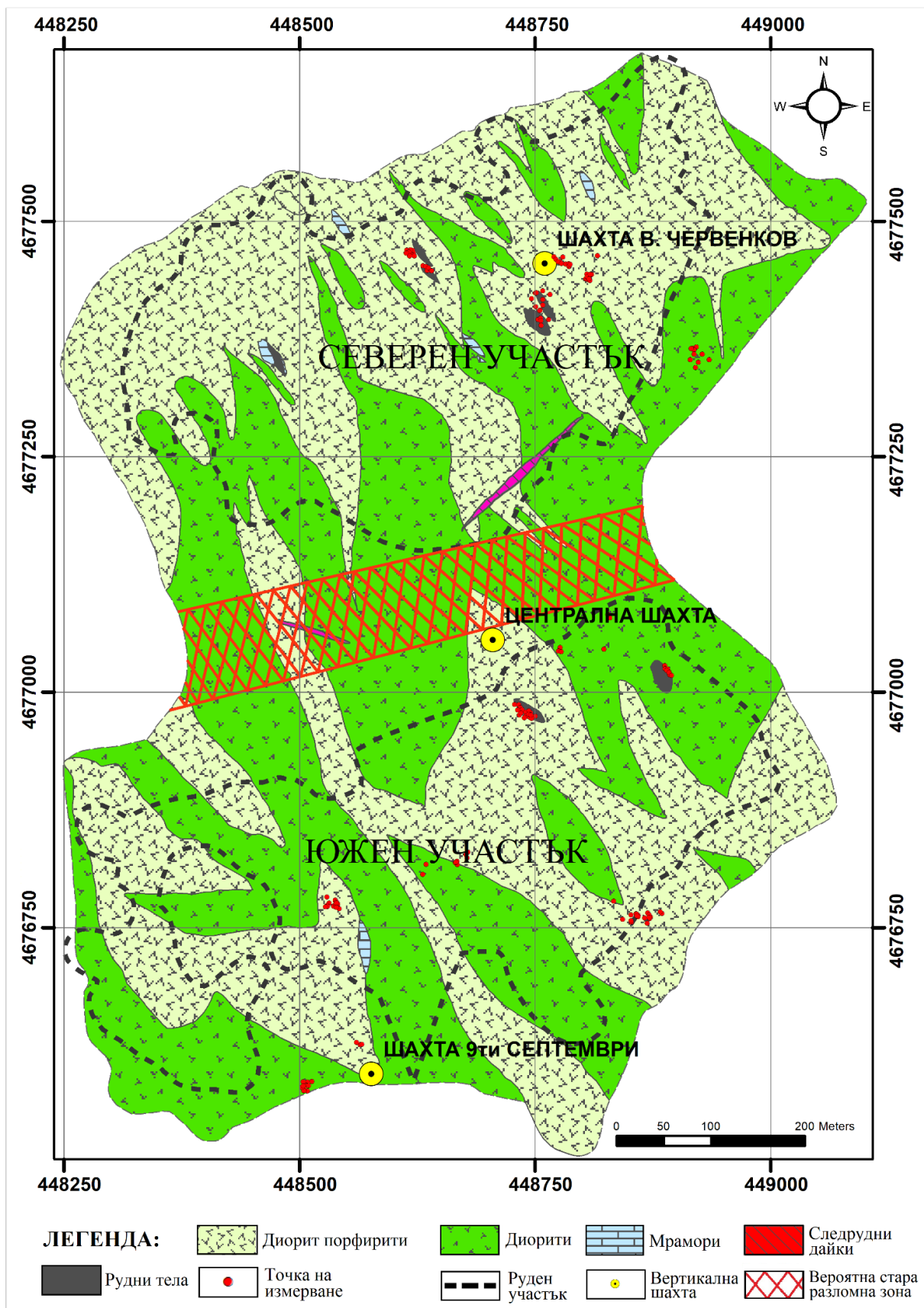
Находище Крумово е разположено в северните понижения на Манастирския плутон, отстоящо на 26 km в юг-югоизточна посока от град Ямбол (фиг. 8.2). Най-близо разположеното населено място е село Крумово, отстоящо на 3 km. североизточно от находището.



**Фигура 8.2.** *Топографска карта с локализацията на находище Крумово. С червен правоъгълник е показано местоположението на находището - това не са граници на запасите или на концесията, а приблизителни граници на площта, върху която е воден добив и има застрояване или насипи с различна възраст, включително и преди 9 септ. 1944г.*

## Геоложка характеристика

Дайковите формации в района на находището формират две ясно очертани зони - една в северния и една в южния участък. Вероятно това са линии на чести тектонски скъсвания и разтягания, по които са проникнали скалите от дайковите формации. Между двете зони съвпадащи с двата рудни участъка на находището, се очертава една ивица с общо направление изток-запад, заета предимно от диорита, в пределите на която скалите от дайковите формации са значително по-слабо развити, вероятно поради по-слабо след-интрузивно тектонско натоварване и напукване. Освен това ясно се забелязва липсата на каквито и да било мраморни банки в пределите на тази зона. Тази липса най-вероятно маркира една мощна разломна линия, през бедни на мраморни ксенолити части от мантията на плутон, по която е проникнала значителна маса от магма, отклонена от централния плутон на север (Панайотов, Иванова-Панайотова, 1956). В резултат от вероятно издигане и вероятна ротация, рудните тела в южния участък затъват на юг, докато в северния затъват на север (Бонев, Гузгунова, 1956). Мраморните банки, остатъци от варовитите членове на метаморфна мания на плутона, са били разкъсани по линия на тази зона на мощен разлом така, че се е получило днешното им групиране в две ивици - южна и северна (фиг. 8.6).



**Фигура 8.6.** Геоложка карта с легенда на находище Крумово. На картата са изобразени двата участъка на находището и със червена шриховка е маркирана зоната, интерпретирана като стара разломна зона, в която липсват дайки и рудни тела.

При по-късните тектонски движения указаната разломна зона е била сравнително слабо напукана и на фона на общата тектонска нарушеност на терена се очертава като относително здрава.

#### *Форма на рудните тела*

Рудните тела имат много разнообразна форма и сложно разпределение. Повечето са ориентирани в посока северозапад-югоизток с наклон към югозапад под ъгъл от  $40^\circ$  до  $70^\circ$  (63%). Част от тях обаче западат на запад-северозапад (24%) и съвсем незначителна част (13%) в посока изток-югоизток. Контактите им са резки. Преобладават телата с лещовидна форма, по-редки са изометричните, но се срещат и съвсем неправилни образувани в резултат на частично заместване на скарнираните мраморни ксенолити или на процесите на прогресивен метаморфизъм и магматично заместване, на които са подложени част от магнетитовите орудявания в магнезиевите скарни. Някои рудни тела са разкъсани при наложената тектонска обработка и внедряването на по-късни магматични импулси от габродиорити и диоритпорфиритов тип. По размери рудните тела биват малки с дебелина до 1 m (около 20% от общия брой), средни с дебелина от 1 до 6 m, дължина от 1 до 30 m и широчина от 4 до 5 m (около 75% от общия брой) и големи с дебелина над 6 m, дължина от 30 до 50 m и широчина от 10 до 20 m (5% от общия брой). Установено е, че средното съотношение дебелина: широчина: дължина е 1:2,5:5.

### **3.2 Изследвания в района на находище Крумово**

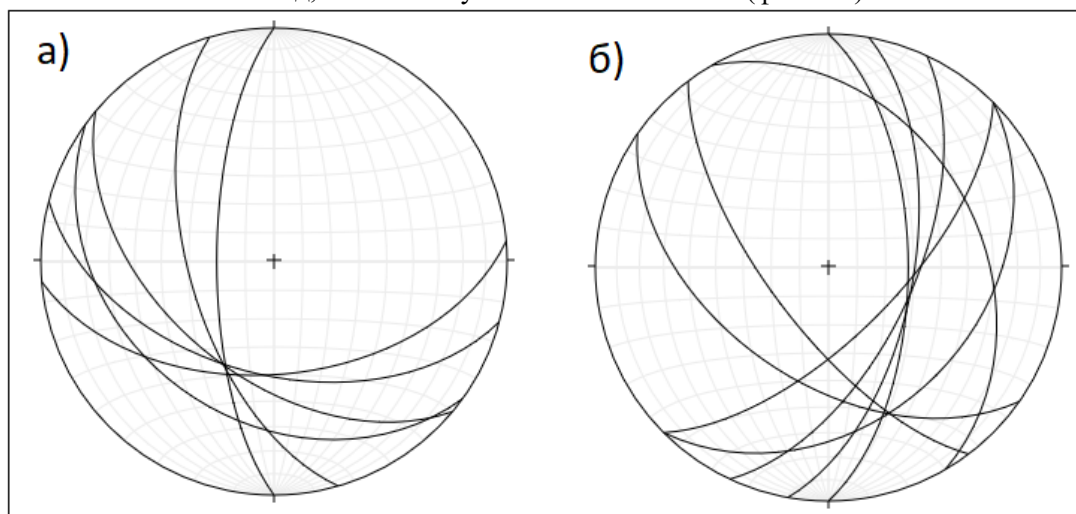
В хода на изследването е събрана информация за разпространението на дайките, пукнатините и разломите в двата участъка на находището. Общо от двата участъка е добита информация за премествания по 54 разломни плоскости. Взети са скални образци за минералого-петрографски изследвания на скалите, резултатите от които са в приложение №2 (точка 13.2 от дисертацията).

В резултат на проведеното картиране е изработена геолого-структурната карта на находището (фиг.8.6).

#### **Структурна характеристика**

##### **Анализ на разпространението на дайките**

Измерени са 5 дайки в северния и 8 южния участък. В северния участък пресечницата на дайките затъва към югозапад, а в южния участък към югоизток (фиг. 8.7).



**Фигура 8.7.** *Стереографски проекции с нанесени големите кръгове на измерените дайки в находище Крумово. а) Стереографска проекция с 5 измерени дайки от северният участък на находището; б) Стереографска проекция с 8 измерени дайки от южния участък на находището. Равноъгълна проекция, долна полусфера.*



## Анализ на пукнатините

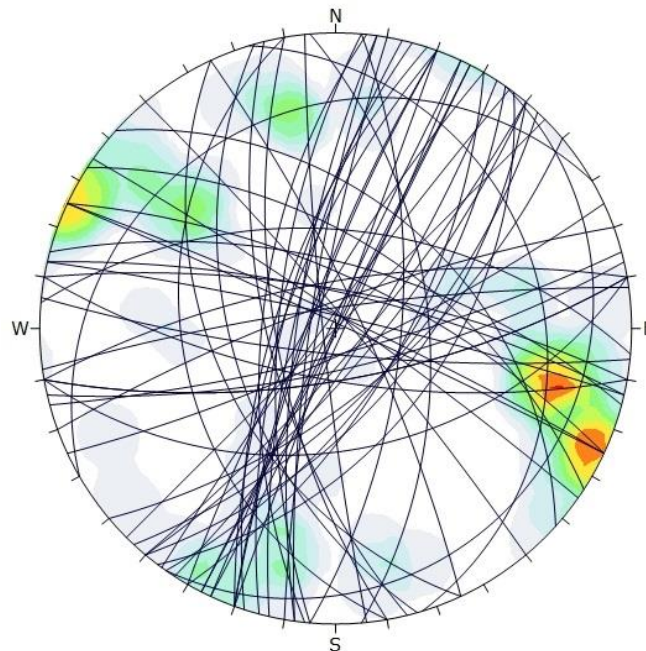
При теренните дейности се доби информация за разпространето на около 50 пукнатини общо за двата участъка от находището при анализирането на които не се получават задоволителни резултати. Поради това, тук ще представя данните за пукнатините от фондовите материали с които се запознах. Пукнатинната система е изследвана и описана в докладите на Панайотов и др. (1954) и на Бонев и Гузгунова (1956). Според цитираните доклади в находището се обособяват 3 системи пукнатинни. Главна (най-често срещана) система от пукнатини е с посока от  $280-315^\circ$  и затъва на югозапад (със страна и наклон средно  $210/65^\circ$ ). Пукнатините от системата се проследяват по дължина от няколко метра до няколко десетки метра с преход една в друга. По тях са внедрени диорит-порфировите дайки I тип, с мощност от няколко сантиметра до 10-15 и повече метра (Бонев, Гузгунова, 1956). По пукнатините от тази система липсват следи от движения.

Втората система пукнатини, наречена „интер рудни“ (Бонев, Гузгунова, 1956) е с посока  $350-30^\circ$  и затъва на северозапад (със страна и наклон средно  $280/60^\circ$ ). Пукнатините от тази система се проследяват до няколко десетки метра и повече, прехождайки една в друга. За разлика от пукнатините от първата система, по тези се наблюдава значително обработване и образуване на тектонска глина. Съседните скали са хидротермално променени (карбонатизация, каолинизация и епидотизация). Голяма част от пукнатините са запълнени с епидотови прожилки с пиритни впръследи.

Третата система се обуславя от лабилни зони създадени от предходните две системи, подсилени от внедряването на дайковите скали. Пукнатините от системата са с посока североизток (Бонев, Гузгунова, 1956). По тях е станало слабо движение в един доста продължителен период от време. По част от тези пукнатини са внедрени аплитите (Бонев, Гузгунова, 1956).

## Анализ на разломите

В пределите на двата участъка на находището са измерени общо 63 разломни плоскости, които нанесени на стереограмата формират два максимума – север-североизток-юг-югозапад и изток-югоизток-запад-северозапад (фиг. 8.8).



**Фигура 8.8.** Ориентация на всички 63 разломни плоскости, измерени в находище „Крумово“. Разломите формират два максимума - север-североизток-юг-югозапад и изток-югоизток-запад-северозапад. Равноъгълна проекция, долна полусфера.

## Анализ на разломните премествания

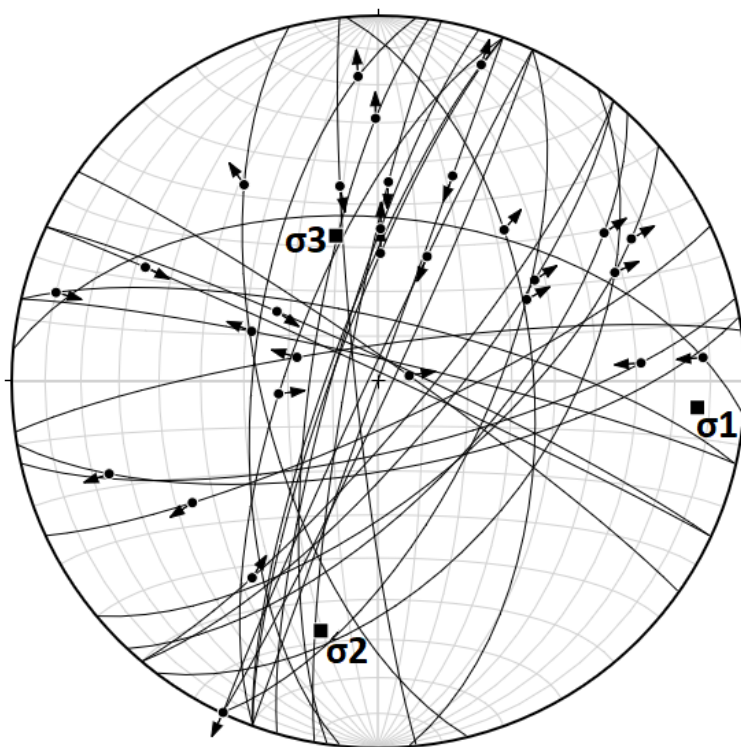
От общо измерените 63 разломни плоскости в двата участъка, за 54 от тях е добита и информация за посоката на движение (фиг. 8.9). Измерени са съответно 29 броя за северния и 25 за южния участък.



**Фигура 8.9.** Фотография на разломна стена с посока и наклон съответно  $130^\circ$  и  $80^\circ$ . Направлението на преместването по нея склучва ъгъл с хоризонтала  $-37^\circ$  по конвенцията на Аки-Ричардс (Аки, Richards, 1980) (сн. Д. Страхилев).



При анализа на разломите от северния участък (фиг. 8.10, таблица 8.1) се получава  $\sigma_1$  с посока  $94,7^\circ$  и наклон  $13,5^\circ$ ,  $\sigma_2$  с посока  $192,9^\circ$  и наклон  $30,6^\circ$  и  $\sigma_3$  с посока  $344^\circ$  и наклон  $55,9^\circ$ .

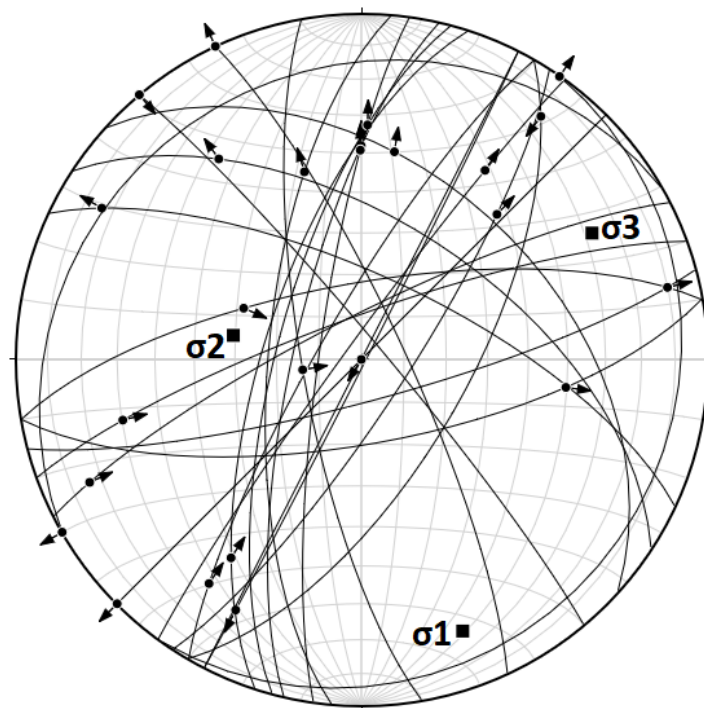


**Фигура 8.10.** Ориентация на главните кинематични оси получена от 29 разломни повърхности измерени в северния участък на находище „Крумово“. Със стрелки са изобразени посоките на преместване на съответните разломни повърхности. С квадратчета са нанесени осите на получените от анализа кинематични оси. Равногълна проекция, долна полусфера.  $\sigma_1$  затъва на изток с посока  $095^\circ$  и наклон  $13^\circ$ .

**Таблица 8.1.** Извлечение от софтуера „FaultKin“ от анализа на разломните плоскости от северния участък.

Axis	Eigenvalue	Trend	Plunge
1.	0,1056	094,7,	13,5
2.	0,0046	192,9,	30,6
3.	0,1102	344,0,	55,9

При анализа на разломите от южния участък (фиг.8.11, таблица 8.2) се получава  $\sigma_1$  с посока  $159,5^\circ$  и наклон  $17,2^\circ$ ,  $\sigma_2$  с посока  $280,7^\circ$  и наклон  $59,1^\circ$  и  $\sigma_3$  с посока  $61,3^\circ$  и наклон  $24,9^\circ$ .



**Фигура 8.11.** Ориентация на главните кинематични оси получена от 25 разломни повърхности измерени в южния участък на находище „Крумово“. Със стрелки са изобразени посоките на преместване на съответните разломни повърхности. С квадратчета са нанесени осите на получените от анализа главни кинематични оси. Равноъгълна проекция, долна полусфера.  $\sigma_1$  затъва на север-североизток с посока  $160^\circ$  и наклон  $17^\circ$ .

**Таблица 8.2.** Извлечение от софтуера „FaultKin“ от анализа на разломните плоскости южния участък.

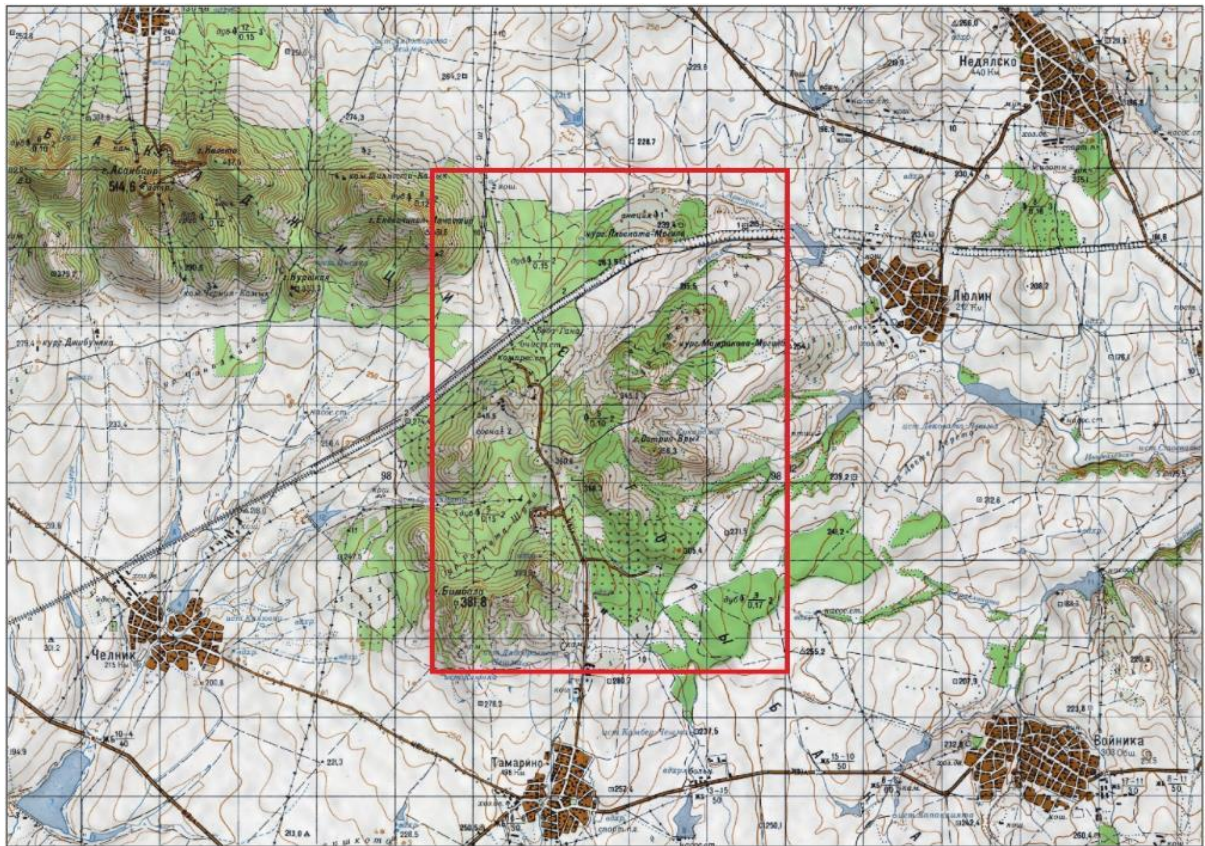
	Axis	Eigenvalue	Trend	Plunge
1.	0,1636	159,5,	17,2	
2.	0,0414	280,7,	59,1	
3.	0,1222	061,3,	24,9	

## 4 Рудогенетична характеристика на находище Бакаджик

### 4.1 Местоположение

Полиметално находище „Бакаджик“ е най-голямото находище от т.н. Бакаджишко рудно поле (Бонев, 19726), наричано още и Тамаринско рудно поле (Попов и др., 1976). Находището е разположено в най-западната част на Бургаския руден район, в Тамаринския Бакаджик и полето

източно и южно от него. Заема площ от около 45 km<sup>2</sup> между селата Челник, Тамарино, Войника, Люлин и Иречеково- всички в Ямболска област (фиг. 9.1).



**Фигура 9.1.** Топографска карта с локализацията на находище Бакаджик. С червен правоъгълник е показано местоположението на находището- това не са граници на находището или на концесията.

## 4.2 Тамарински Бакаджик

Тамаринския Бакаджик е типичен представител на древна вулканска простройка, която е интензивно денудирана. Максималната му височина 360 m, с приблизителен радиус 3,5- 4 km. Характеризира се с дълъг период на развитие и многоимпулсна активна вулканска дейност, която Станишева (Емануилов, Станишева, 1969) обобщава в три етапа на сенонска вулканска дейност:

- *Първи етап*- Отличава се с висок коефициент на експлозивност (образувани са главно пирокластити) и изливане на малко количество лави с андезитов и андезитобазалтов състав с нормална алкалност. Материалите на този етап в рамките на Тамаринския Бакаджик, като най-стари, са запазени много малко. Изучени са слабо. Вероятно е да се окаже, че те са по-скоро реликти от една по-стара формация, включени в заграбени при интензивната вулканска дейност по време на образуването на трахибазалтовата формация.

- *Втори етап*- Образуват се голямо количество лави, чието изливане е било многократно и главно под формата на лавови потоци често алтерниращи с буйни експлозии. Изхвърлени са значителни маси от пирокластити, преобладаващо околугърлов фациес. Състав- пикрити, оливинови базалти, левцитови базалти и левцит-съдържащи базалти, аналцимови базалти, анкарамитов тип базалти, трахибазалти. Характерна е повишена калиева алкалност на скалите, често реализирана посредством автотасоматични процеси. Общо вторият етап се означава като трахибазалтов. В структурата на вулканския апарат изгражда главната му маса и заема пръстеновидно периферните му части.

- *Трети етап*- Трахиандезитов- характеризира се с най-нисък коефициент на експлозивност и образуване съответно на голямо количество лави. Последните са настанени в

централните части на вулканския апарат или са запълнили множество пукнатини в него, вследствие на което се засебват като дайкоподобен фацис. Характерно още за трахиандезитите е, че в дълбоките части на вулканското тяло се отличават с почти зърнеста, неясно порфиرويدна структура, свойствена на субвулканските образувания. По химизъм в зависимост от интензитета на широко, но неравномерно проявената в тях калиево алкална автотетасоматоза, варират от трахиандезити до алкални трахити, често с отделяне на свободен кварц.

### **4.3 Тектонски бележки**

Пространственото положение на Бакаджишкото рудно поле се определя от Бакаджишката вулcano-тектонска структура със субекваториална югоизточна ориентация, дълга около 25 km и широка 5-6 km. Съставена е от три вулкански структури, най-западната от които обхваща Св. Спаския, централната Тамаринския, а източната Войнишкия Бакаджик.

В рудното поле се локализируют няколко пространствено обособени рудни участъка, в които се установява струпването на по-голям или на по-малък брой метасоматични жилни тела, които са изградени от нискотемпературни околопукнатинни ортотетасоматити с компактни до впръслечни орудявания от сулфиди, сулфосоли и самородно злато в парагенеза с железни окиси, хлорит, кварц, карбонати и по-рядко сулфати. Тези зони, макар че на места секат жилните трахиандезити, не рядко следят контактите им и в общи линии унаследяват техните пространствени закономерности (Бонев, 1970). Рудната минерализация обикновено е разположена в най-интензивно хидротермално променените участъци на рудовместващите разломи. Тя най-често е от прожилково-впръснат тип, като само в отделни неголеми участъци се наблюдава компактно орудяване. Прожилките са кварц-карбонатни с дебелина от няколко милиметра до няколко сантиметра, локализиращи най-вече в призалбандните части на разломите. Мощността на рудните тела варира от 0,2-0,4 до 4-5 m, а наклонът им е стръмен- 70-90°. Променливостта в разпределението на полезните компоненти в тях е от смесен тип. Разпределението на оловото, златото и среброто е издържано, а на цинка и медта неиздържано (Попов, 1977). Известни са рудните участъци Трапищата, Баба Гана, Липите (Чучурката), Люлин, Тамарино, Еркесия и Синилката, които могат да се разглеждат и като малки находища.

### **4.4 Геоложки строеж на района на полиметално находище Бакаджик**

В геоложкия строеж на района участват материалите на юрата, гората креда, неогена и кватерна.

Юрските материали в района на Бакаджиците са установени в най-югоизточните му части между селата Войника и Каменец и са представени само от малм, поделен на оксфорд-кемиридж и титон (Емануилов и др., 1970).

Оксфорд-кемиридж е представен от варовици, мраморизирани варовици и мрамори. Възрастта на тези материали не е доказана фаунистично, а по стратиграфски съображения. Седиментите на Титона са разнообразни, имат флишоподобен характер и са метаморфозирани. Това са варовици, филити, калкошисти и прослойки от мрамори.

Седиментите на горнокредния комплекс са от южен, средиземноморски тип. От проявените тектонски процеси и внедряването на млади плутони тези материали са засегнати от динамо и контактен метаморфизъм, поради което горнокредните материали в района литоложки значително се отличават от тези в останалата част на страната. В района са развити само два етажа на горната креда- Турон и Сенон (Емануилов и др., 1970).

Материалите на Турона лежат трансгресивно върху титонските седименти. Източно от село Каменец се разкриват в обрънат пласторед редуциран по тектонски причини. Представени са базални конгломерати, въглищна зона, надвъглищни мергели, пясъчливи варовици и глинести материали.

По данни на Цанков и др. (1962) Сенонът в района се поделен на пет хоризонта:

1. Основен- брекчоконгломератно мергелен хоризон.
2. Туфозен- вулканогенно седиментогенен хоризонт



3. Мергелно варовит хоризонт с прослойки от туфи.
4. Вулканогенен хоризонт- пирокластити и вулкански масивни скали.
5. Варовит хоризонт.

В района на Бакаджиците материалите от първия, втория и петия хоризонт не са установени. При село Люлин се разкриват мергели и варовици, които се отнасят към третия хоризонт.

Четвъртия хоризонт има най-широко развитие. Неговите материали (пирокластити и лави) изграждат района на Бакаджиците. Станишева (Емануилов и Станишева, 1969) разделя четвъртия хоризонт на две магматични формации:- по-ранна андезито-базалтова и по-късна алкална оливин базалтова.

Андезито-базалтовата формация се разкрива в югоизточните части на района около с. Войника, където е установена значителна вулканска постройка централен тип- Войнишки Бакаджик, чиято дейност се характеризира с отделянето на огромни маси пирокластити и незначително количество лави с андезитов и андезитобазалтов състав, от където Войнишкия Бакаджик е изграден от туфи в периферните части и едро до грубо късови андезито-базалтови вулкански брекчи в централната част и много малко количество запазени андезито-базалтови лавови потоци. Сред вулканските образувания са установени дайкоподобни тела с неправилна форма от субвулкански фацис, във връзка с които е хорнфелзуването на туфите в югозападните части на вулканската постройка.

Алкалната оливин базалтова формация се характеризира с образуването на полигенни вулкански постройки централен тип с дълъг период на развитие и многоимпулсна вулканска дейност. Коефициентът на експлозивност тук също е много висок, но не толкова, колкото при андезито-базалтовата формация, където количеството на лавите е съвсем незначително. По отношение на експлозивната дейност при алаканата оливин-базалтова формация важен белег е преобладаващия грубоотломъчен фацис- лапило-агломератов, агломератов, често блоково-агломератов.

В образуването на тази формация са установени два етапа:- по-ранен, с изливане на лави от базичен до ултрабазитен характер, с повишена калиева алкалност, образувал скалите на трахибазалтовата субформация- пикрити, оливинови базалти, аналцимови базалти, левцитови базалти трахибазалти, които преобладават и по-късен (трахиандезитова субформация) при който се образуват трахиандезити, съпроводени на места от шошонити, лимбургити и трахибазалти.

В разглеждания район алкалната оливин базалтова формация изгражда Св. Спаския и Тамаринския Бакаджици, представляващи палеовулкански постройки, централен тип, понастоящем силно денудирани.

Бонев (1978) прави подробен разбор на всички проведени изследвания за абсолютната възраст на скалите и сулфидните орудявания в Тамаринския Бакаджик и определя абсолютната възраст на находище Бакаджик и от там на целия руден възел. Той извежда стойността от 71млн.г., която геоложки отговаря на границата кампан-маастрихт.

Находище Бакаджик е медно-златно-полиметалното и по генезис е среднотемпературно, образувано на малка дълбочина в резултат на пулсиращия характер на хидротермалните разтвори (Богданов, 1987).

#### **4.5 Геоложки строеж на участък Трапищата**

Участък Трапищата се включва изцяло в рамките на вулканския апарат на Тамаринския Бакаджик, като се разполага в северозападните му части. Характеризира се със сложен геоложки строеж, в който участват материалите и на трахиандезитовия и трахибазалтовия етап от формирането на вулканската структура (фиг. 9.2).





анкарамитов тип базалти. 11- Оливинови базалти и пикрити. 12- Базалти (неподелени). 13- Лапило-агломератови базалтови ксенотуфи. 14- Псефитни базалтови ксенотуфи. Трети вулкански стадий: 15- Амфиболови сиенодиорит-порфирни дайки. 16- Трахиандезитови дайки. 17- Агломератово-лапилови трахиандезитови туфи. 18- Трахиандезити. 19- Рудни жили. С червен полигон е обозначено мястото на разкритията в които са направени структурните измервания.

Участък „Трапищата“ се разполага в северозападните части на вулканския апарат и се отличава със сложен геоложки строеж. В него са установени почти всички скални разновидности характерни за двата основни етапа на вулканска дейност:- пикрити, оливинови базалти, левцитови базанити, аналцимови базалти, трахибазалти, трахиандезитобазалти (от ранния трахибазалтов етап) и трахиандезити (различни фацисии)- от по-късния трахиандезитов етап.

#### **4.6 Форма и условие на залягане на рудните тела**

В участък „Трапищата“ е проучен комплекс от 6 рудни зони с множество апофизи. Основните рудни зони по които са изчислени запаси са 1-ва, 2-ра, 3-та и 8-ма. Те са проследени на повърхността на протежение до 700 m.

Комплексът от рудни зони има посока север-северозапад ( $320^{\circ}$ - $340^{\circ}$ ), запада на запад-югозапад ( $230^{\circ}$ - $250^{\circ}$ ) с наклон от  $60^{\circ}$  до  $80^{\circ}$  и е вложен в система на силно тектонизирани радиални пукнатини и разломни зони. Част от тях са запълнени с трахиандезитова магма. Интензивната постмагматична дейност се отнася към пропилитовата формация и има регионално разпространение. Околожилните изменения са окварцяване, епидотизация, хлоритизация, карбонатизация, анхидритизация- гипсизация и др. Най-масовото е разпространението на хлорита, кварца и карбонатите в рудните зони, а останалите минерали са в приконтактните части мощни няколко метра.

Руните тела, възникнали в по-късните стадии на хидротермалната дейност заемат най-интензивно променената част в разломните зони и представляват система от субпаралелни или неориентирани минерализирани кварц-карбонатни прожилки, къси кварц-карбонатни жили в хлоритовата маса запълваща зоната.

Прожилки се наблюдават в близост до лежащия и до висящия контакт на зоните. Срещат се и такива, които пресичат контактите на зоните или са извън тях. Обикновено в зоните се оформят по няколко ивици от компактно полиметално орудяване. Мощността на рудните зони е непостоянна и е в границите от 0,40 до 2,60 m. В двата фланга на повърхността и в дълбочина рудните зони постепенно изclinват.

*Рудна зона 1.* Следи на повърхността с протежение от 550 m. Общото и направление е северозапад ( $330^{\circ}$ ), но съществуват и отклонения от него в южния фланг на зоната (щрек 1), където посоката и е  $20^{\circ}$ . Зоната запада на югозапад ( $240^{\circ}$ ) с известни отклонения за малки интервали в границите от  $200$ - $290^{\circ}$ . Наклонът на зоната не се мени в широки граници и е  $75$ - $80^{\circ}$ .

Мощността на зоната в южната и половина е с малки колебания и е от порядъка 0,8- 1,2 m. Тя постепенно намалява и в южния фланг е 0,20-0,30 m., където зоната изclinва. В северната половина мощността се колебае в по-широки граници от 0,20 до 3,60 m. В дълбочина се наблюдава тенденция за увеличаването и.

В централната и северна част зоната е изградена от хлоритова маса с полиметално-прожилково и впръслечно неравномерно проявено орудяване. Прожилките са къси, кварц-карбонатни и с малка мощност от 2 до 5 mm. Рудните минерали в тях са галенит, сфалерит, халкопирит, пирит, хематит и злато и са струпани предимно в залбандите на прожилките. Впръслечното орудяване преобладава и е от пирит, галенит, главно и по-малко сфалерит и халкопирит.

В северния фланг на зоната се оформя къса, 20 метрова кварцова жила с мощност 0,50 m с компактно орудяване от сфалерит и галенит.

В южната половина зоната има характер на кварц-карбонатна жила с компактно, гнездово и прожилково полиметално орудяване. Преобладават сфалерит и галенит. Тук съдържанието на злато в рудата е повишено.

Контактите на зоната са ясно изразени и облепени с тектонска глина.

В дълбочина в южната половина на рудната зона се оформят 6 апофиза с посока на югозапад (200-230°). Апофизите затъват на северозапад (300°) с наклон от 65-80°. Орудяването в тях е полиметално прожилково, неравномерно разпределено и е непромишлено.

*Рудна зона 2.* Следи се на повърхността на протежение от 800 m. Общото и направление е северозапад (320°) с известни отклонения от него (300°, 330°, 340°). Зоната запада на югозапад с наклон до 80°, а в по-ниските нива той е 75-80°. Мощността на зоната се колебае в границите 0,70 до 1,20 m.

Зоната е изградена от хлоритова маса с прожилково и впръслечно полиметално орудяване, като последното преобладава. Прожилките са предимно кварцови, рядко кварц-карбонатни, с мощност от 1 mm до 2 cm. В тях преобладава галенита над останалите сулфидни минерали, а в южния фланг се наблюдава натрупване на халкопирит. Контактите на зоната в северния фланг и централната и част са ясно изразени с тектонска глина, докато в южния фланг са неясни на места. В южния фланг на зоната се оформят 8 апофиза, някои от тях са непромишлени, променливи по мощност и рудна минерализация.

Аналогични по характер, морфоложки особености и орудяване на рудна зона 2 са останалите зони 3 и 8.

#### **4.7 Изследвания в района на находище Бакаджик**

По време на теренните работи се установи, че поради напредналата ерозия старите минни изработки в участък „Трапищата“ не могат да бъдат използвани. Скални разкрития от които е добита информация бяха локализирани само в площта в близост до най-южно разположеният участък „Гамарино“ (фиг. 9.4). Взети са скални образци и за петроложки изследвания на скалите, резултатите от които са в приложение №3 (точка 13.3 от дисертацията). Петроложката работа е нужна, поради факта, че точното определяне на вулканските разновидности без оптична микроскопия е трудно. И въпреки че работата не е петроложка по характер, ориентиране в литоложкия състав е нужно за целите на теренните изследвания.



**Фигура 9.4.** Скално разкритие от участък Тамирино. Скалата е определена като фенотрахиандезит (приложение 13.3) (сн. Д. Страхилев).

От локализираните разкрития беше добита информация за пукнатините, разпространението на лавовите потоци и премествания по разломни повърхности (фиг. 9.5).

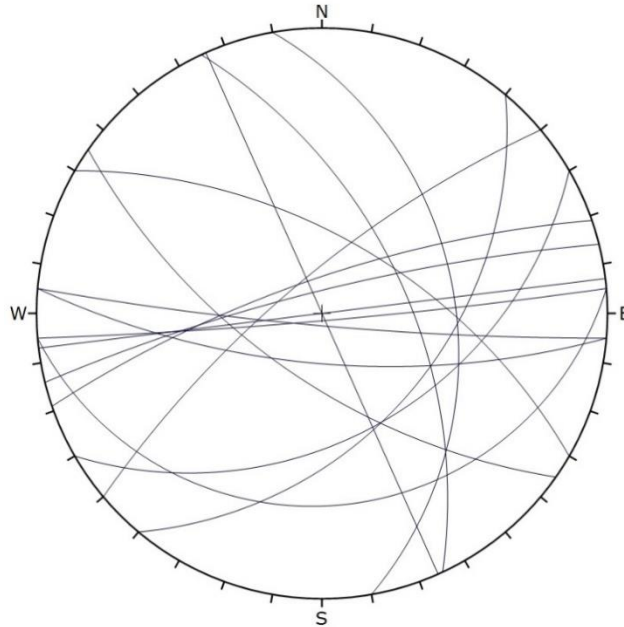


**Фигура 9.5.** Измерване на посоката на разломна повърхност и посоката на преместване по нея в съответствие с конвенцията на Аки-Ричардс (сн. Д. Страхилев).



## Структурна характеристика

Ориентацията на пукнатините е сравнително изменчива и поради малкият брой измерени пукнатинни, заради лошата разкритост, не достатъчно открояваща се (фиг. 9.6), но все пак на база и на литературните данни, могат да се определят три максимума.



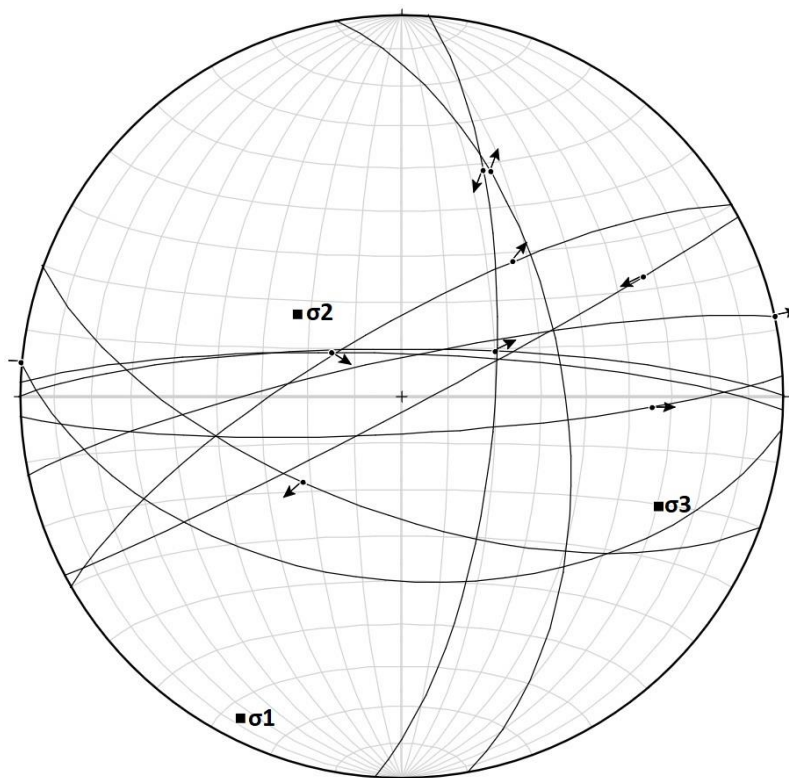
**Фиг. 9.6.** Стереографска проекция с 15 пукнатини от участък Тамирино. Равноъгълна проекция, долна полусфера.

Първият максимум е представен от субвертикални пукнатини с посока изток-запад. Вторият максимум затъва полегато към югоизток, а третият е от пукнатини затъващи стръмно на изток-североизток.

## Анализ на разломните премествания

Измерени и в последствие анализирани са 10 разломни плоскости с премествания по тях. При анализа се получава  $\sigma_1$  с посока  $206,4^\circ$  и наклон  $6,4^\circ$ ,  $\sigma_2$  с посока  $308,3^\circ$  и наклон  $61,6^\circ$  и  $\sigma_3$  с посока  $113^\circ$  и наклон  $27,5^\circ$  (фиг. 9.7, таблица 9.1).





**Фигура 9.7.** Ориентация на главните кинематични оси получена от 10 разломни повърхности измерени в близост до участък „Тамарино“. Със стрелки са изобразени посоките на преместване на съответните разломни повърхности. С квадратчета са нанесени осите на получените от анализа главни кинематични оси. Равноъгълна проекция, долна полусфера.  $\sigma_1$  затъва на югозапад с посока  $206^\circ$  и наклон  $06^\circ$ .

**Таблица 9.1.** Извлечение от софтуера „FaultKin“ от анализа на разломните плоскости от участък „Тамарино“.

Axis	Eigenvalue	Trend	Plunge
1.	0.1939	206.4,	06.4
2.	0.0694	308.3,	61.6
3.	0.1244	113.1,	27.5

## 5 Изводи и дискусия

### 5.1 Прохорово

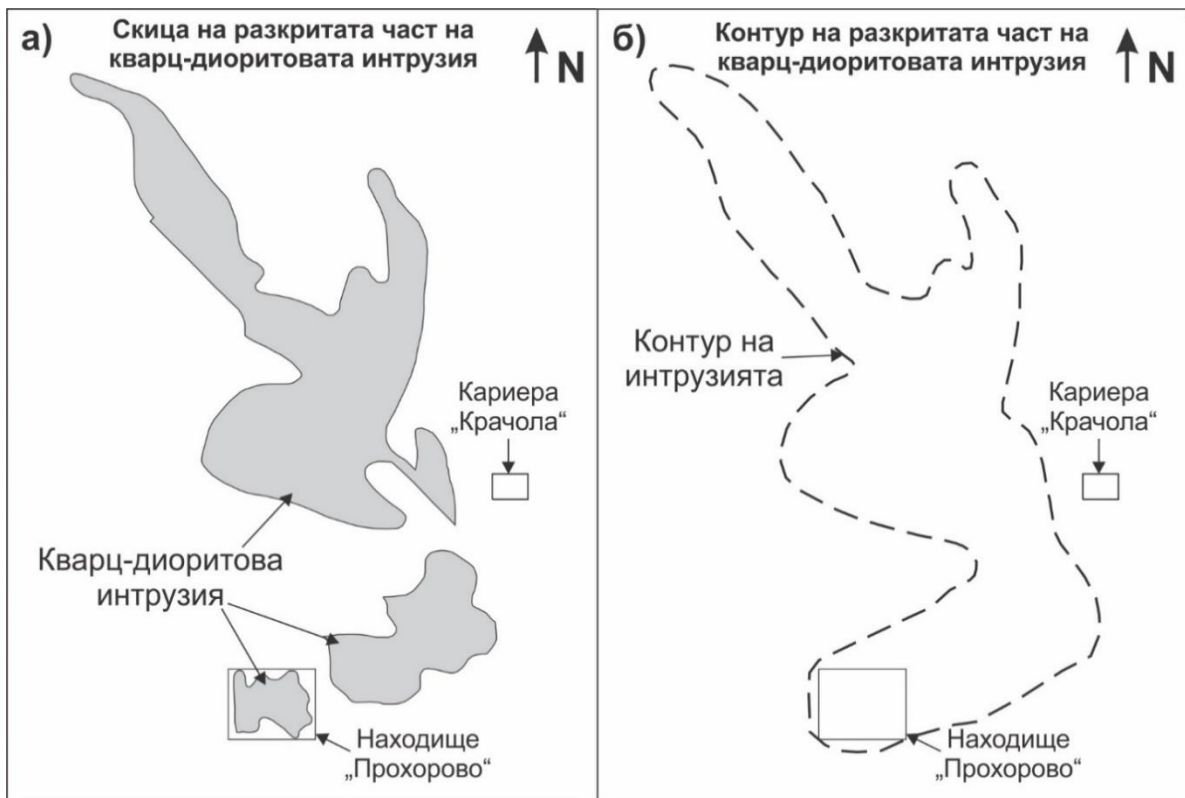
Разположената в близост до находище „Прохорово“ кариера „Крачола“ предоставя добра разкритост, но все пак покрива сравнително малка площ и затова не е съвсем ясно доколко наблюденията върху тази площ са валидни за цялото пространство на находище Прохорово. Все пак от проведеното структурно картиране и направените анализи се получиха ясни и геоложки смислени резултати, от които убедително могат да се направят няколко извода.

Въпреки, че наблюдаваните разломи в кариерата не са от най-значимите структури в района, те и към днешна дата са представителни за регионалната кинематика и от тях може да бъде добита информация за еволюцията на Прохоровския плутон.

Както е констатирано и по-рано в литературата, находището „Прохорово“ е вместиено в горните части на южното крило на кварц-диоритов плутон с „L“ образна форма. Едната част от

интрузията е с посока северозапад, а другата североизток- илюстративно контролирани от Бояджишкия регионален тектонски възел.

На фигура 10.1. а) е пречертана от геоложката карта (фиг. приложение 13.4) разкриващата се на повърхността кварц-диоритова интрузия, местоположенията на кариера „Крачола“ и находище „Прохорово“ и ясно се вижда споменатата „L“ или по-скоро „Z“ образна форма на интрузивното тяло.



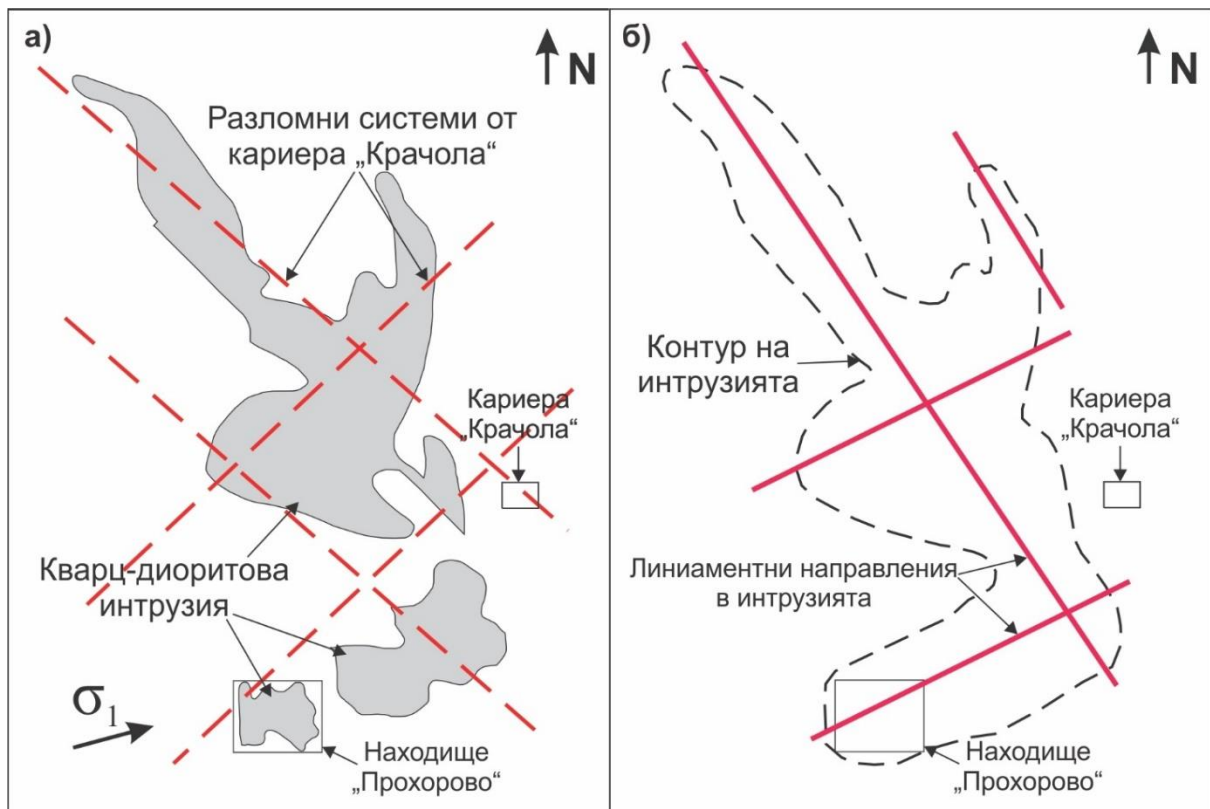
**Фигура 10.1.** а) Скица на разкриващата се на повърхността кварц-диоритова интрузия с нанесени местоположенията на находище „Прохорово“ и на кариера „Крачола“ в която са проведени изследванията. б) Очертания на формата на кварц-диоритова интрузия от фиг.10.1. а) с нанесени местоположенията на находище „Прохорово“ и на кариера „Крачола“ в която са проведени изследванията.

Морфологията на интрузията е усложнена от едно раздуване с посока североизток разположено в средата на дългото (северозападното) крило (фиг. 10.1. б).

При анализа на разломните плоскости в кариерата се изведоха две групи разломни-северозападна (страна и наклон 033/57) и североизточна посока (страна и наклон 132/58). Изглежда, че някои от разломите от северозападната група са оперяващи на главния в района Светиилийски разлом (Цанков, 1983) (фиг. приложение 13.4), а тези от североизточната са представители на широко разпространената в цялата област североизточна система (Савов, 1961).

При кинематичния анализ на разломните премествания от двете системи се получиха близки резултати за ориентацията на кинематичните оси, както при анализиране поотделно на североизточната и северозападната система. От това следва, че полето на напрежението е издържано и е общо за двете разломни системи въпреки различната им ориентация.

На фигура 10.2 а), върху кварц-диоритовото интрузивно тяло са наложени ориентацията на установените в кариерата две разломни системи и главната кинематична ос, получена от анализа на двете разломни системи заедно.



**Фигура 10.2 а)** Скицата от фиг. 10.1 а) с нанесени на нея с червени пунктирани линии ориентацията на установените в кариера „Крачола“ две разломни системи. Със стрелка в долният ляв ъгъл на фигурата е показана ориентацията на главната кинематична ос получена от кинематичния анализ на двете разломни системи от кариерата и местоположенията на находище „Прохорово“ и на кариера „Крачола“ в която са проведени изследванията. **б)** Очертания на формата на кварц-диоритовата интрузия от фиг. 10.1 б) с нанесели с червени линии линеаментните направления, които морфологията на интрузията формира и местоположенията на находище „Прохорово“ и на кариера „Крачола“ в която са проведени изследванията.

На фигура 10.2 б) върху следата на интрузивното тяло са изчертани най-вероятните линеаментни направления, които морфологията на интрузията формира.

Съпоставяйки разломните системи от фигура 10.2 а) и линеаментните направления от фигура 10.2 б), ясно се вижда приликата помежду им (фиг. 10.3).





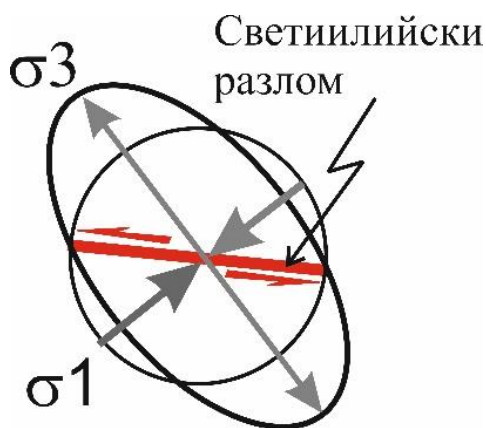
**Фигура 10.3.** Фигура с наложени върху очертаванията на кварц-диоритовата интрузия от фиг. 10.1. а) разломните системи установени в кариера „Крачола“ (с червени пунктирани линии), линиаментните направления, които интрузията формира (червени непрекъснати линии) и местоположенията на находище „Прохорово“ и на кариера „Крачола“ в която са проведени изследванията.

Имайки в предвид близката ориентация на наблюдаваните разломи в кариерата и линиаментните направления на интрузията, можем да заключим, че линиаментните направления в интрузията (или палеоруптурите контролирали внедряването ѝ) и наблюдаваните разломни системи в кариерата са съпоставими с наблюдаваните днес разломни системи в кариера „Крачола“ и в Светиилийските височини като цяло. Тоест те са представителни за еволюцията на плутона и представляват разломните направления, контролирали внедряването му.

Очевидно, в резултат на продължителна деформация, визуализирана на фигура 10.3, разломите са ротирани в обратна на часовниковата стрелка посока, което несъмнено е свързано и с ротация на главната кинематична ос в същата посока.

По общи съображения, свързани с образуването на разломите в различна реоложка среда може да се очаква, че главната кинематична ос не е паралелна на плоскостите на разломите, а сключва ъгъл с тях. Такъв е случаят на взаимоотношенията на главната кинематична ос със североизточната система (фиг. 10.2. а). Този ефект може да се дължи, както на първичното несъвпадение на кинематичните и стресови оси, така и на прогресивна ротация съпътстваща деформацията.

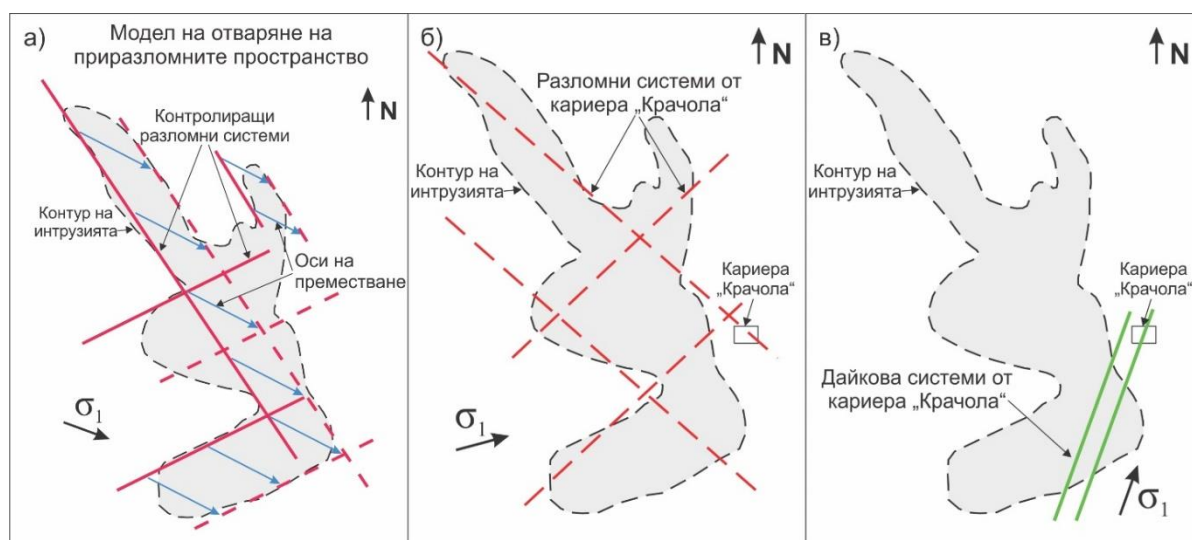
Главната кинематична ос сключва голям ъгъл със северозападната разломна система. Това е системата на Светиилийския разлом (фиг. 10.4).



**Фигура 10.4.** Взаимоотношение между кинематичните оси и главният надлъжен разлом - Светиилийският разлом.

От фигури 7.14, 7.15 и 7.16 (кинематичните анализи) се вижда, че получените в трите анализа главни кинематични оси представят едно и също напрегнато поле. Действайки в посока североизток-югозапад то е способно да отвори и двете съществуващи разломни системи, като предизвика „отваряне“ по североизточната система, което от своя страна ще „отвори“ пространство и по северозападната система и ще позволи внедряване на магма и в двете разломни направления. Този кинематична ситуация отговаря на формата на Прохоровския плутон.

Несъмнено ротацията на разломните плоскости от момента на внедряването на интрузията до наши дни е съпроводена и с ротация на напреженията в посока обратна на часовниковата стрелка. Съдейки от ъгъла, който формира получената главна кинематична ос от анализа, с положението на разломните плоскости в наши дни и механиката на отваряне на свободни пространства, можем да предположим, че главното напрежение при внедряването на плутона е действало с посока приблизително изток-югоизток (фиг. 10.4 а). При това положение се вижда, че посоката на максимално отваряне (главната кинематична ос) е успоредна с главното напрежение, както би следвало и да бъде (фиг. 10.4. а).



**Фигура 10.4. а)** Модел на „отваряне“ на свободните пространства при формирането на кварц-диоритовата интрузия. **б)** Контур на кварц-диоритовата интрузия с нанесени с червени пунктирани линии ориентацията на установените в кариера „Крачола“ две разломни системи. Със стрелка в долният ляв ъгъл на фигурата е показана ориентацията на главната кинематична ос, получена от кинематичния анализ на двете разломни системи от кариерата и местоположението на кариера „Крачола“ в която са проведени изследванията. **в)** Контур на

*кварц-диоритовата интрузия с нанесени със зелени линии ориентацията на дайките установени в кариера „Крачола“. Със стрелка в долният десен ъгъл на фигурите е вероятната ориентацията на главната кинематична ос действала при формирането на дайките и местоположението на кариера „Крачола“ в която са проведени изследванията.*

Следващият момент в еволюцията на напрегнатото поле в района е този, който се получава от кинематичния анализ. Това е момента на последното реактивиране по разломните повърхности, които са наблюдавания в наши дни в кариера „Крачола“ (фиг. 10.4. б).

В Кариерата се установи дайкова система с посока  $20^\circ$  и затъващи стръмно на запад. Всички дайки разкриващи се в кариерата са хидравлично брекчирани в различна степен. Очевидно е, че причината за брекчирането на дайките не е от тектонски произход. Тяхното брекчиране най-вероятно е станало под влиянието на горещите флуиди изпуснати от плутона в крайната фаза на еволюцията му. Факта, че флуидите са били горещи означава, че те са били и под високо налягане. Това предположение се потвърждава и от изследването за хидротермалните промени в дайките. Дайките са били с първоначален диоритов състав, но в последствие по време на протеклата хидротермална промяна са набогатени с кварц.

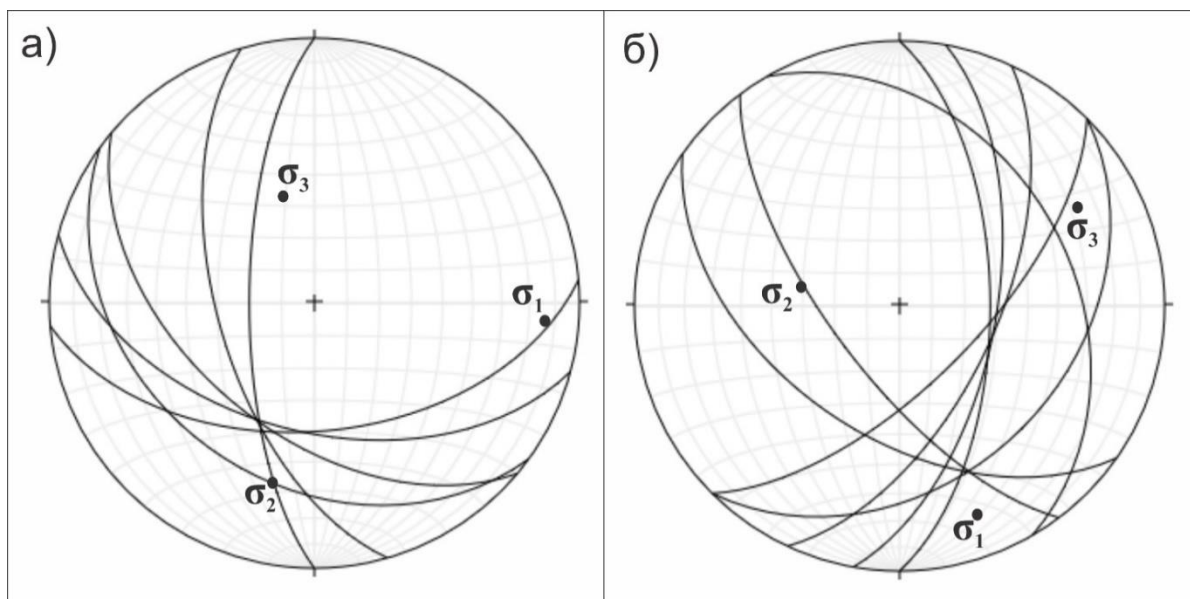
За да се формират дайките в това им направление е необходимо максималното напрежение да е успоредно на тях, т.е. посока на  $\sigma_1 20^\circ$ . От казаното следва, че дайките фиксират последващото положение на главната кинематична ос, която е продължила своята ротация в посока обратна на часовниковата стрела (фиг. 10.4. в)

Така в еволюцията на напреженията в района на находище „Прохорово“ могат да се отделят 3 етапа илюстрирани на фигура 10.4. При внедряването на интрузията (фиг. 10.4. а) главната кинематична ос е била с посока изток-югоизток и под нейното въздействие са се „отворили“ пространства по двете разломни направления за внедряване на кварц-диоритовия плутон. В последващият етап, разломните плоскости заедно с главната кинематична ос са се ротирани в посока обратна на часовниковата стрела (фиг. 10.4. б). Посоката на главната кинематична ос в този етап е изток-североизток. Третия етап е този в който са се образували дайките. При тяхното внедряване главната кинематична ос е продължила своята ротация в посока обратна на часовниковата стрела до посока север-североизток (фиг. 10.4. в).

## **5.2 Крумово**

Приложените анализи и данни от находище „Крумово“ индикират за сигурна ротация на блоковете (северния и южния участък на картата на находището), която е настъпила след формирането на дайките и рудните тела. Тази ротация е станала по протежението на разломната зона маркирана на съставената геоложка карта (фиг. 8.7) между двата домейна. Възрастта на разломната зона или времето в което е била реактивирана не са ясни. Предположението, че старата разломна зона, която отделя двата участъка, налага ротация на двата блока засягайки рудните тела и дайките, вече е направено от Бонев и Гузгунова (1956). Тази ротация се потвърждава от различните ориентации на дайките и на главните кинематични оси, които се получиха при анализите в двата участъка (фиг. 10.5).





**Фигура 10.5.** а) Стереографска проекция с големите кръгове на дайките и получените от анализа на разломните кинематични оси в северния участък. б) Стереографска проекция с големите кръгове на дайките и получените от анализа на разломните кинематични оси в южния участък.

При анализа на разломите от северния участък (фиг. 8.11, таблица 8.1), получената главна кинематична ос е с посока  $94,7^\circ$  и наклон  $13,5^\circ$  която посока е приблизително паралелна на посоката на Миладиново-Дряновския грабен и може да се интерпретира, като фактор предизвикващ дясно-отседни движения по ограничаващите грабена разломи или по северния борд на Манастирския плутон.

При анализа на разломите от южния участък (фиг.8.10, таблица 8.2), получената главна кинематична ос е с посока  $159,5^\circ$  и наклон  $17,2^\circ$ , която посока е приблизително паралелна на посоката на свиването или посоката на масов транспорт, предизвикан от внедряването на плутона, която в северния му борд ще отразява движение от юг на север.

Стереограмата на всички разломни плоскости показва два максимума- север-североизток-юг-югозапад и изток-югоизток-запад-северозапад (фиг. 8.9). Първият (по-изразеният от двата) е със средна посока  $25^\circ$ . Най-вероятно това са оперяващи структури на главния дълбочинен разлом в района, който размества Манастирските височини и Миладиново-Дряновския грабен-Крумовският отсед (фиг. 10.6).

Другата група от разломни плоскости е с приблизителна посока от  $100^\circ$ . Предвид близостта на находището до Крумовският отсед, по който се е осъществило ляво отседно движение с предполагаема амплитуда от 4 km, може да се предположи, че наблюдаваните структури от тази група са приразломно ротирани в обратна на часовниковата стрелка ротация и първоначално са били с характерната ориентация за района от около  $125-130^\circ$ . Това твърдение е приложимо и за интерпретираната като стара разломна зона разделяща двата участъка на находището.

При анализа на пукнатините се констатираха три системи пукнатини. По първата група пукнатини (със страна и наклон средно  $210/65^\circ$ ) са се внедрили диорит-порфиритовите дайки I тип, и не се срещат движения. Това показва, че с отварянето на пукнатините от тази група е последвало вместване на диорит-порфиритовата магма, без да са станали каквито и да са били движения.

По втора група пукнатини (със страна и наклон средно  $280/60^\circ$ ) са констатирани както признаци за движения по тях, така и хидротермални промени и минерални запълнения. Това предполага, че по тях са се придвижили рудоносните еманации и хидротермални разтвори.

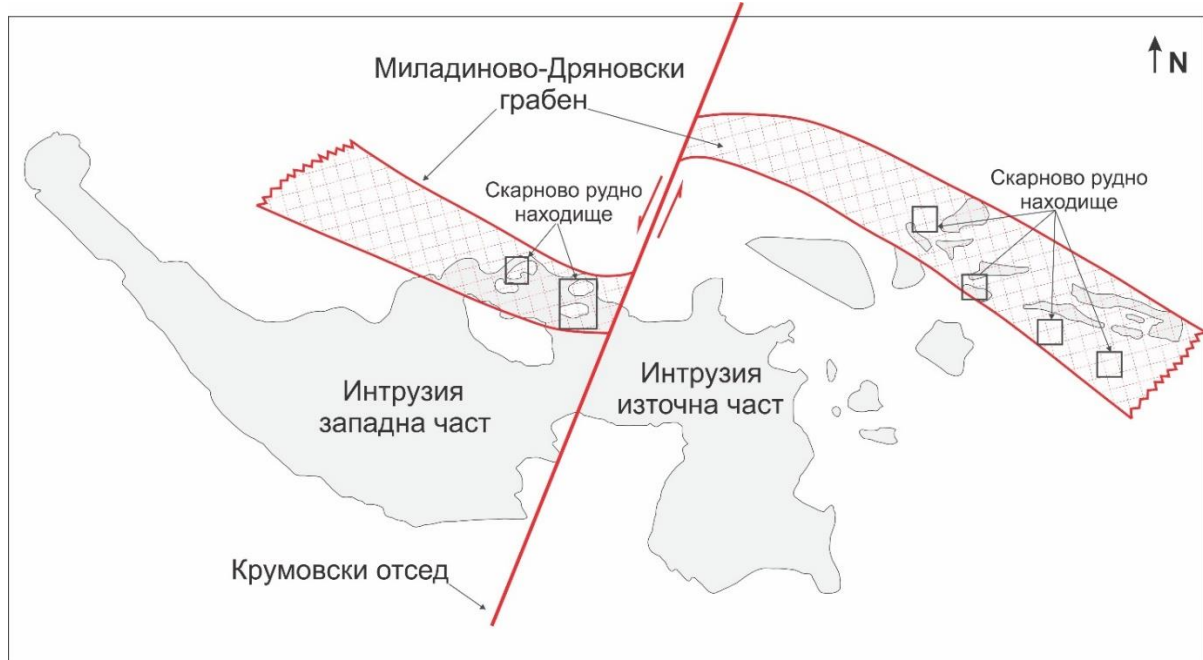
По третата група от пукнатини (с посока североизток) също са отчетени движения, но значително по-малки от тези при втората група. Движението по тях е спомогнало за милонитизиране на скалите, рудните тела и образуване на тектонски огледала и стрииции по стените на срязванията.

По своята ориентировка и морфология една от двете силно развити системи пукнатини (първата) съответства на системата на най-ранните тектонски нарушения, а другата (втората) отговаря на по-младите съпровождащи етапа на рудоотлагане. Третата система на пукнатини, която е с незначително разпространение съответства на системата на младите разломни нарушения и по разпространението си, съвпада с масово разпространената североизточна разломна система в района.

От всичко казано следва, че находището попада в една силно дислоцирана зона, която е спомогнала за проявяването на магматизма (дайките) и провеждането на хидротермалните разтвори.

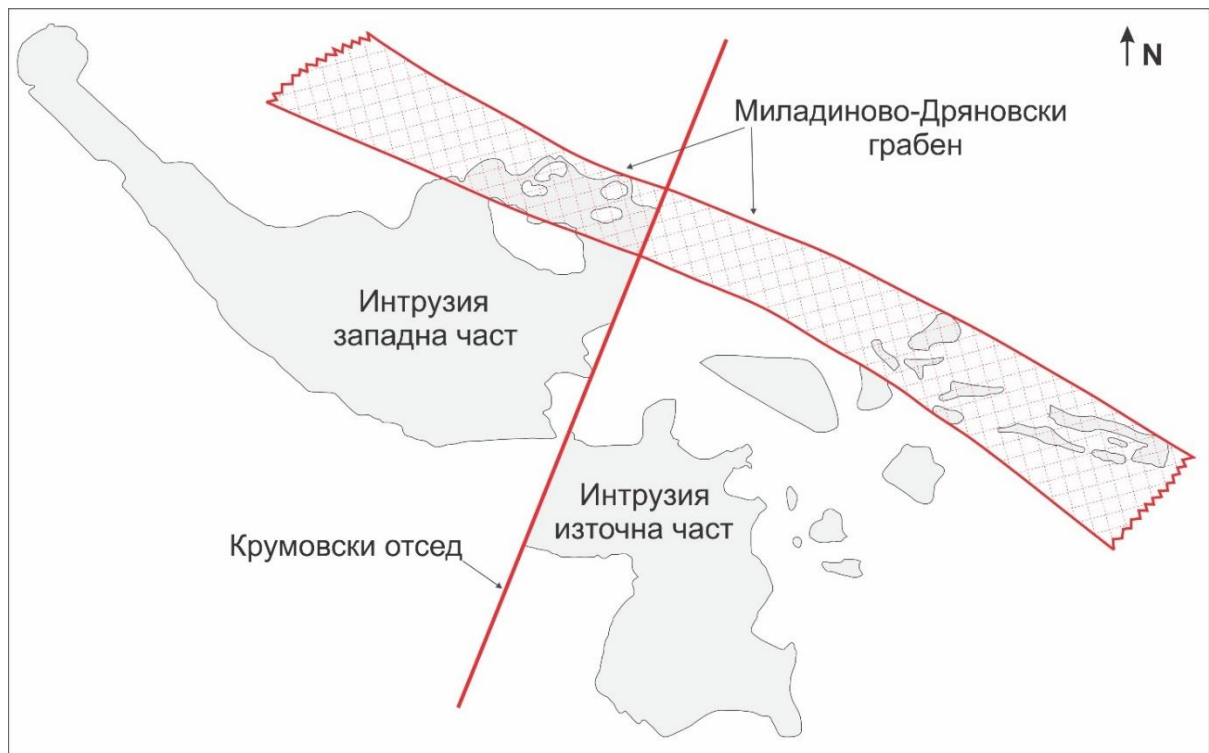
Линеаментните изследвания в района (Nachev, 2013) показват, че линеаментите развити в неогенските седименти са със същите посоки, като тези в кристалинните скали, от това изглежда, че движенията предизвикали разломните премествания в кристалинните скали са все още активни и в наши дни, заключение към което водят и резултатите от изследването в находище „Прохорово“.

Погледнат генерално Манастирския плутон е силно удължен в изток-западна посока, като в източното му крило се забелязва промяна в посоката към юг-югозапад (фиг.10.6).



**Фигура 10.6.** Скица на разкриващите се на повърхността части на Манастирския плутон - западна част, източна част и малки тела. На скицата с червена щриховка е изобразен Миладиново-Дряновския грабен. С червена непрекъсната линия е означено положението на Крумовския отсед, който размества, както интрузията, така и грабена. С черни полигони са показани местоположенията на скарновите рудни находища.

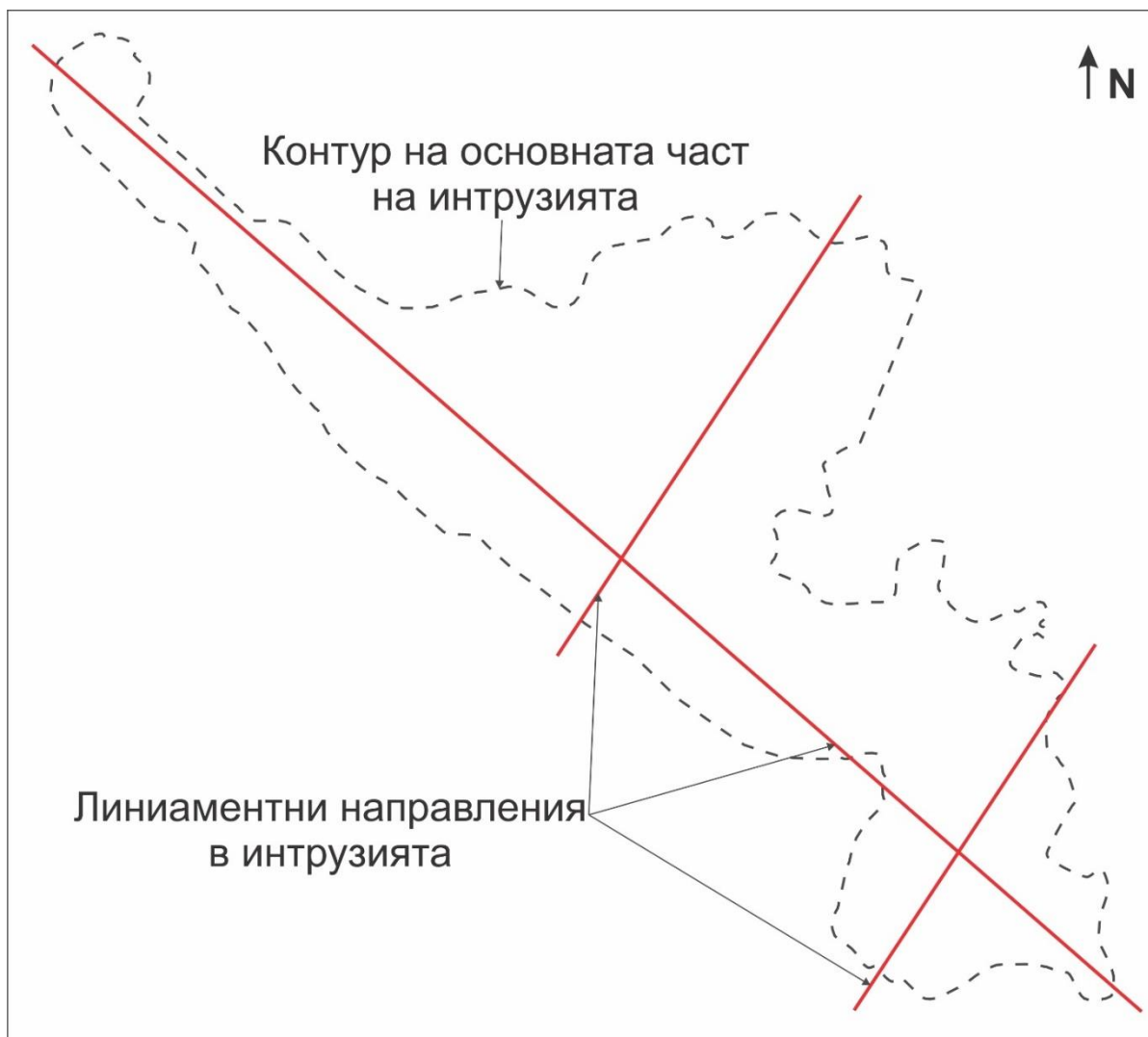
Ако възстановим срязването, което се е извършило по Крумовския отсед до предполагаемото първоначално положение на интрузията и на грабена (фиг. 10.7) ще видим, че всъщност морфологията на интрузията е с изключително подобна „L” образна форма с отново раздуване в средните части на по-дългото северозападно рамо, както в случая с кварц-диоритовата интрузия при находище „Прохорово“.



**Фигура 10.7.** Скица на разкриващите се на повърхността части на Манастирския плутон и Миладиново-Дряновския грабен, след възстановяване на предполагаемата им позиция преди лявото срязване по Крумовския отсед.

Изчертавайки линеаментните направления на структури върху контура на основната част на инtruзията след възстановяването и до предполагаемото първично положение, които биха могли да играят контролираща роля при внедряването на инtruзията, се забелязва голяма прилика с предполагаемите контролиращи линеаментни структури при кварц-диоритовата инtruзия с която е привързано находище „Прохорово“ (фиг. 10.8).



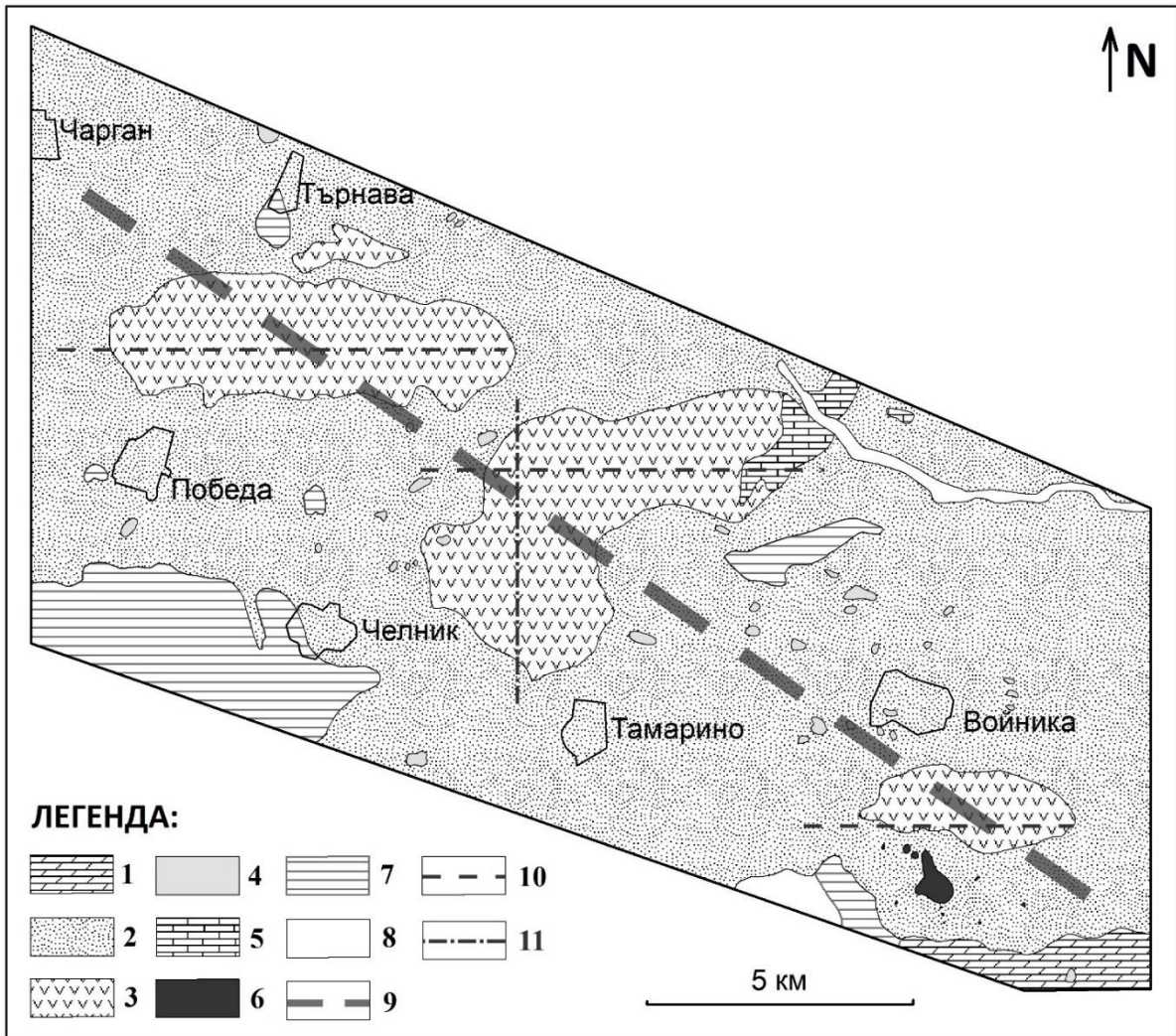


**Фигура 10.8.** Скица на контура на разкриващите се на повърхността основни части на Манастирския плутон след възстановяване на предполагаемата им позиция преди лявото срязване по Крумовския отсед (фиг. 10.7) с изчертани линеаментните направления на структури, които биха могли да играят контролираща роля при внедряването на интрузията.

Тези линеаменти, също както при ситуацията в кварц-диоритовата интрузия с която е привързано находище „Прохорово“, представляват вероятните структури контролирали внедряването на магмата, като напреженията отговорни за тяхното „отваряне“ също са подобни.

### 5.3 Бакаджик

Структурната обстановка в която е локализирано находище „Бакаджик“ се различава от структурната обстановка в която попадат находищата „Крумово“ и „Прохорово“. Въпреки това прилики помежду им не липсват. Основната прилика е проявения структурния контрол при формирането на големите вулкански тела- отделните Бакаджици. Погледнати генерално се забелязва, че те са подредени в редица с едно общо направление (фиг. 10.9).



**Фигура 10.9.** Тектонска скица на Бакаджиците (по Бонев, 1970) Легенда: 1- Трети и четвърти хоризонт на маастрихта; 2- Пирокластити; 3- Вулканити (големите тела); 4- Вулканити (малки тела извън големите); 5- Пети хоризонт на маастрихта; 6- Средногорски неоплутони; 7- Плиоцен; 8- Кватернер; 9- Бакаджишки дълбочинен разлом; 10- Екваториално направление на вулканските тела; 11- Меридионално направление на югозападната половина на Тамаринския Бакаджик.

Контролиращата тяхното подреждане структура, Бонев причислява към дълбочинните разломи и нарича „Бояджишки дълбочинен разлом“ (Бонев, 1970) (фиг. 10.9). Той е с посока  $130^\circ$  и е паралелен на оста на Странджанската антиклинала. Друго отличаващо се направление в морфологията на вулканските тела е изток-западното (екваториално) удължение на Светиспаския (северния) и Войнишкия (южния), както и североизточната половина на Тамаринския (централния) Бакаджик (фиг. 10.9). Линеаментните направления на предполагаеми разломните структури, обуславящи формите на Светиспаския и Войнишкия Бакаджик, Бонев нарича съответно Светиспаска и Войнишка разломна структура. Тяхното направление е идентично и съвпада с балканидното направление ( $95^\circ$ ). В района на Бакаджиците, това направление е фиксирано на север от тях от Задбалканския дълбочинен разлом ( $92-95^\circ$ ), а на югоизток в удължението на Оман-Факийския плутон ( $90-100^\circ$ ), който е най-близо разположения до Бакаджиците и едновременно най-големият плутон в българската част на Странджанската зона.

За района на Бакаджиците, Бонев определя „Бояджишкия дълбочинен разлом“ като структура от първи порядък, екваториалните удължения на големите вулкански тела като

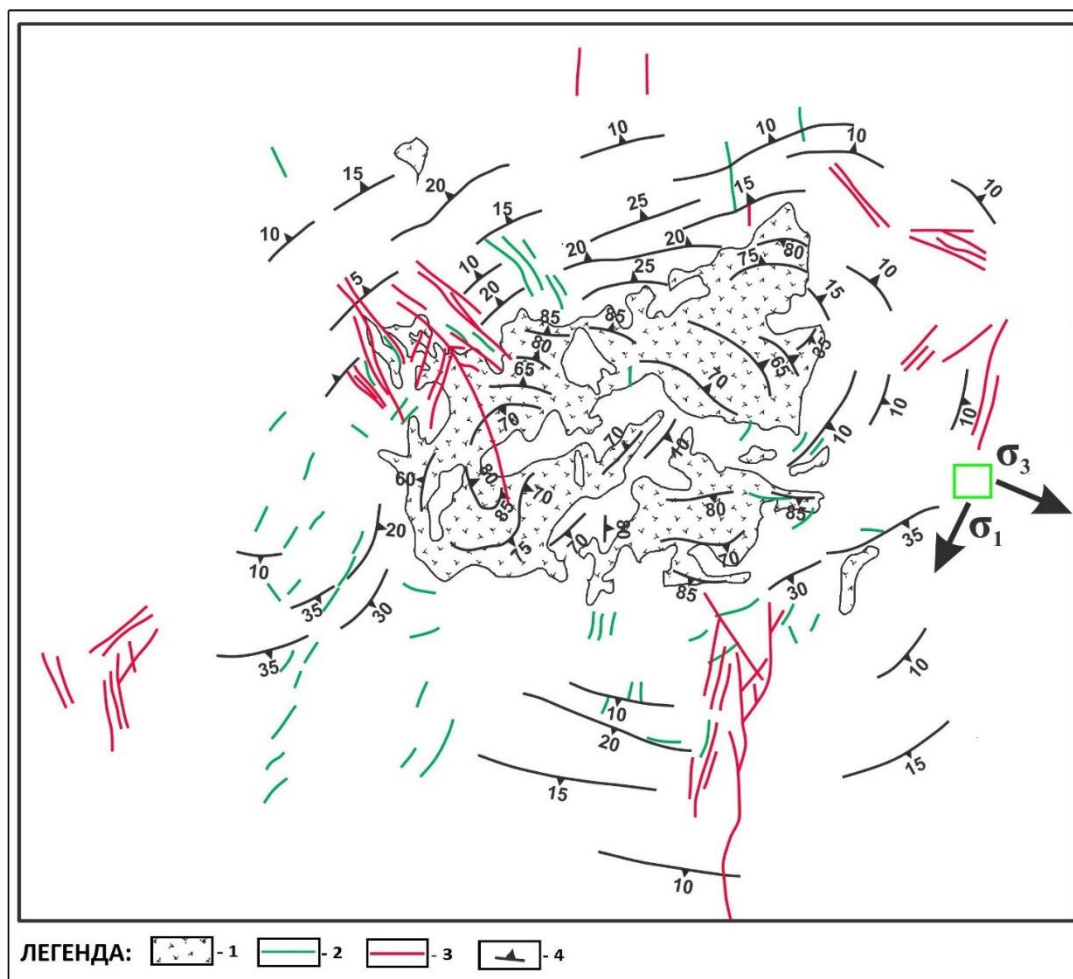
структури от 2-ри порядък и също така отделя и структури от трети порядък. Към последните отнася пукнатинните структури по които са внедрени малките вулкански тела и плутоничните и дайкови интрузии. За тях най-характерни са меридионалното удължение на базалтовите и трахабазалтовите тела сред андезитите и андезитобазалтите от южната част на Тамаринския Бакаджик. Поглеждайки отново към структурната скица се забелязва, че и югозападна част на Тамаринския Бакаджик е с това направление (фиг.10.9).

Така докато морфологията на Светиспаския и Войнишкия Бакаджик е контролирана от балканидното (екваториално) направления, морфологията на Тамаринския се явява комбинация от екваториалното и меридионално направления (структурите от 2-ри и 3-ти порядък на Бонев).

Меридионалните и субмеридионалните разломни структури могат да се корелират с дълбочинните разломи по р. Тунджа и с меридионалната система от плиоценски и кватернерни разседи и огъвания в източното средногорие (Савов, Петков, 1972; Мишев и др., 1986).

Трите разглеждани направления са твърде характерни и за геоложките структури южно от Бакаджиците в обсега на зоната.

Местоположението на локализираните разкрития в находището, където са направени и измерванията, е в югоизточната му част в близост до установената сиенитова интрузия от Попов (1976) (фиг. 10.10).



**Фигура 10.10.** Извадка на сиенитовата интрузия и структурните елементи от тектонската скица на Попов и др. (1976) с нанесен полигон обозначаващ местоположението на терените измервания и получените от кинематичния анализ  $\sigma_1$  и  $\sigma_3$ . Легенда: 1-Сиенити; 2- Сиенит-порфирови дайки; 3- Рудни жили; 4- Ориентация на плоскостния паралелизъм и наслояването.

Получената главна кинематична ос  $\sigma_1$  там е с посока  $206^\circ$ , а най-малката кинематична ос  $\sigma_3$  е с посока  $113^\circ$ . Известно е, че ешелонното подреждане на жилите се образува под малък ъгъл



към максималното напрежение, а индивидуалните жили са паралелни на него с максимално разширяване по посока на най-малката главна ос на напрежение ( $\sigma_3$ ). В случая, видно от фигура 10.10, се констатира такава геометрична връзка между рудните жили и главните кинематични оси. Изглежда, че в този случай получените кинематични оси и осите на главните напрежения повреме на формирането на рудните жили са с подобни ориентации. На база на установената зависимост между ориентацията на главните кинематични оси и посоките на рудните жили, може да се заключи, че установяването на ориентацията на кинематичните оси може да допринесе за изясняване на тектонския модел на жилообразуването и да е в помощ при търсене на други рудни жили.

От получените системи пукнатини също могат да се направят няколко извода. Пукнатинната система затъваща полегато на югоизток е паралелна на слоистостта в лавовите потоци, за които в района на изследване (зеления полигон на фиг. 10.10) са измерени страна и наклон  $140/40^\circ$ , което съвпада и със структурната схема на Попов и най-вероятно представляват първичната слоистост. Другите две системи (субвертикални с посока изток-запад и пукнатини затъващи стръмно на изток-североизток) изглежда са пукнатини образувани перпендикулярно на разпространението на лавовите потоци и най-вероятно представляват първичните пукнатини на изстиване.

Знае се, че ориентацията на рудните жили в отделните участъци на находището е различна (Емануилов, Станишева, 1969), видимо и от структурната схема по-горе. На база на получените резултати от анализите може да се направи извода, че  $\sigma_3$  е паралелна на посоката на разпространение на лавовите потоци навън от централната част на находището, където според Попов и др. (1976) съществува сиенитна интрузия. Също така, че всеки отделен ешелон от жили е свързан с различно локално поле на напрежение диктувано от положението му спрямо интрузията.

Регионалното поле на напрежение, както е отразено на модела на регионалната карта показва гънкови оси и разломи с направление северозапад и посока на литотектонския тренд изток-запад, което индикира за главна ос на напрежение ( $\sigma_1$ ) идваща от запад-северозапад, изхождайки от предположението, че тези структури са в резултат предимно на просто срязване.

Установената главна кинематична ос в района на изследването (съответно  $\square_1$  или T ос) е с посока югозапад, което е крайно нетипично за седиментните комплекси от този район, където главните тектоно-стратиграфски зони са с посока северозапад-югоизток и най-вероятно може да се свърже със стара руптура, която е контролирала формирането на вулканския апарат и/или локално тектонско поле характерно за част от вулканския апарат.

Така регионалното поле на напрежение и получените кинематични оси в участък Тамарино са несъвместими. Въпреки недостатъчното количество данни, резултата от кинематични анализ индикира за локално поле на напрежение разпространено около куполна структура.

За жилите локализираните в северните участъци генериращото поле на напрежение, което е допринесло за тяхното отваряне е радиално по отношение на централните части на структурата, а жилите в южните участъци са формирани от напрежения, които са повече или по-малко концентрични по отношение на централната част на структурата. Анализа на разломните премествания индикира за главна кинематична ос на югозапад, съответстваща с жилите в близост и концентрично разположена спрямо структурата.

Получения резултат е смесица между двата модела- този на Емануилов и Станишева (1969) и този на Попов и др. (1976). Южният масив от жили не може да се формира едновременно със силно налягане упражнено от интрузия локализирана в централната част на района на картата. Най-вероятно обяснение за разположението на жилите е, че това са били разломи и пукнатини формирани по време на формирането на куполната структура и някой от тях по-късно са били използвани от хидротермалните флуиди. Това се е случило по време на последния стадий от вулканската и магматична активност.

## 6 Научни приноси

1. Изпълнена е теренна структурно-геоложка работа с цел проверка на установени в литературата структурно-геоложки факти, измерване на нови факти и събиране на данни за прилагане на нов за България структурно геоложки метод.

2. Усвоен е методически, събрани са данни и е приложен нов компютъризиран метод за кинематичен анализ върху терена на три известни и значими метални минерални находища в Източна България.

3. Информацията за ориентацията на главните кинематични оси е съчетана със стандартен геометричен структурно геоложки анализ, като са търсени нови доказателства за подсилване на аргументите на геометричния анализ и набелязване на нови работни хипотези за еволюцията на разломите и скалните тела, които са рудовместващи.

4. Като резултат на тази работа е разработен модел за тектонската еволюция на Прохоровския плутон и тектонските условия за формиране на рудовместващо пространство.

5. Разработен е модел за тектонската еволюция на северната периферия на Манастирските височини и след рудната еволюция на находище Крумово, което се състои от две тектонски разграничими части.

6. Изграден е модел на находище Бакаджик, при което са анализирани две работни хипотези, приложени в литературните източници и на база на кинематичния анализ е избрана хибридна работна рудогенетична хипотеза.

7. В работата се доказва, че геодинамичната обстановка на формиране на находищата „Прохорово“ и „Крумово“ е почти идентична, като основния тектонски рудоконтролиращ фактор е отваряне на две съществуващи разломни системи за внедряване на магма и контактното въздействие на генерираните от тази магма флуиди.

8. В работата се доказва, че в находище „Бакаджик“ основният фактор на отваряне на рудовместващо пространство е първичната концентрично-радиална разломна система на вулканския апарат, който формира свое собствено поле на напреженията.

9. Разработените в дисертацията хипотези и тяхното съгласуване с данните от трите находища показва, че е възможно практическо прилагане на метода за проблеми свързани с търсенето и проучването на полезни изкопаеми.

10. Геометричните анализи на трите находища са повишили степента на изученост до ниво, което не е било възможно за осемдесетте години на 20-ти век.

## СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Strahilov, D., 2020. Stress analysis and structural settings in the area of the skarn deposits Krumovo, Southeastern Bulgaria. *Rev. Bulg. Geol. Soc.*, 81, 3, 178–180

Strahilov, D., Banushev, B., Dimitrov, I. 2019. Preliminary results from the Tasladja bair's dyke's study, an indicator for the structural evolution of the Prohorovo copperporphyry system in Southeastern Bulgaria. *J. Mining and Geol. Sci.*, 62, 1, 23-28.

## SUMMARY

# STRUCTURAL GEOLOGICAL MODELING AND GEOGRAPHIC INFORMATION ANALYSIS OF ORE BEARING VOLCANO-PLUTONIC COMPLEXES FROM THE STRANDJAN ZONE IN BULGARIA

Dian Strahilov

The present study is focused on the tectonic control and structural features of three ore deposits in the western parts of the Strandzha zone. These are porphyry copper deposit "Prokhorovo" located in Svetiiliyskiy heights, iron skarn ore deposit "Krumovo" located in Manastirski heights and vein gold-polymetallic deposit "Bakadzhik" located in Tamarinskiy Bakadzhik.

Field structural-geological work was carried out with the aim of verifying structural-geological facts established in the literature, finding new facts and collecting data for the application of a new structural-geological method for Bulgaria - kinematic analysis. Application of the method and extraction of new, hitherto unused structural geological information about the orientation of the main kinematic axes is the main emphasis of the work.

Information about the orientation of the main kinematic axes is combined with standard geometric structural-geological analysis, seeking new evidence to strengthen the arguments of the geometric analysis and to note new working hypotheses for the evolution of the faults and ore-bearing rock bodies.

A model of the Bakadzhik deposit was created, in which two working hypotheses, applied in the literature sources, were analyzed and a hybrid working orogenetic hypothesis was selected based on the kinematic analysis.

The work proves that the geodynamic setting of the formation of the "Prokhorovo" and "Krumovo" deposits is almost identical, with the main tectonic ore-controlling factor being the opening of two existing fault systems for the introduction of magma and the contact impact of the fluids generated by this magma.

The work proves that in the "Bakadzhik" deposit, the main factor of opening an ore-bearing space is the primary concentric-radial fault system of the volcanic apparatus, which forms its own stress field.

The hypotheses developed in the dissertation and their agreement with the data from these three deposits show that it is possible to apply the method to problems related to the search and exploration of minerals.