

ПРИМЕР НА ГЪНКОВА ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ В ДИАБАЗ-ФИЛИТОИДНАТА ФОРМАЦИЯ ОТ СОФИЙСКА СТАРА ПЛАНИНА И НЕЙНОТО ЗНАЧЕНИЕ ЗА ПРАКТИКАТА НА ГЕОЛОЖКОТО ПРОУЧВАНЕ

Станислав Стойков, Димитър Съчков, Иван Димитров

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София; sstoykov@mgu.bg

РЕЗЮМЕ. В тази работа се описва гънквата интерференция в находище на метабазальти, разположено в долината на р. Искър, северозападно от гара Бов. В находището се разграничават лежащи гънки със субхоризонтални осови повърхнини и изправени гънки с осови повърхнини с посоки СЗ-ЮИ и СИ-ЮЗ. Наслагването на последните две гънкови геометрии води до формиране на интерференционна картина от тип купол и басейн. Сложната гънкова интерференция затруднява търсенето и проучването и налага провеждането на детайлен структурен анализ с цел събиране на допълнителна информация за тримерното разпределение на скалните тела. Наличието на сложна тримерна повърхност в горнището на полезната изкопаемо изисква прилагането на нови компютризиращи методи за изчисляване на запасите.

AN EXAMPLE OF A FOLD INTERFERENCE PATTERN IN THE DIABASE-PHYLLITOID FORMATION FROM THE SOFIISKA STARA PLANINA AND ITS SIGNIFICANCE FOR THE GEOLOGICAL PROSPECTING PRACTISE

Stanislav Stoykov, Dimitur Suchkov, Ivan Dimitrov

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia; sstoykov@mgu.bg

ABSTRACT. Fold interference pattern is described in this work in a metabasalt deposit, located in the valley of Iskar river, southwest of Bov railway station. Recumbent folds, as well as upright folds with NW-SE and NE-SW striking axial surfaces are recognized in the deposit. The superposition of the last two fold geometries results in a ridge and basin interference pattern. The interference complicates the prospecting efforts and demands a detailed structural analysis for collection of additional special data about the rock bodies' distribution. The existence of a complex 3D surface restricting the base of the valuable minerals requires new computerized methods for reserve calculation.

Увод

В публикацията са дискутирани резултатите от геоложкото проучване и изчисляването на запаси от базалт в Диабаз-филитоидния комплекс от Софийска Стара планина.

Релефа в изследвания обект се доминира от дълго седловидно било с посока 156° ЮИ. Топографията е обусловена в голяма степен от литоложката изменчивост на скалите и от ориентацията на гънквите оси. Поради необходимостта от спазване на конфиденциалност в текста не са показани детайли от реалната топография и взаимоотношенията и с геоложките граници. Показаният на последната фигура цифров топографски модел на горнището на полезното изкопаемо и топографската повърхнина на хълма е реален за мащаба използван в този текст. Основният проблем при проучването е гънквата интерференция, поради която в находището се разкриват два второстепенни купола разделени от синформи. За преодоляване на структурната изменчивост при изчисляването на запасите е приложен метод на изчисляване, базиран на структурно-геоложко моделиране. Запасите са изчислени чрез изваждане на

повърхнини в среда на GIS софтуер. В текста са дискутирани прилаганите у нас практики при изчисляването на запаси на нерудни полезни изкопаеми.

Геоложка обстановка

В находището се разкриват от долу нагоре (фиг. 1): 1) дълбокоморски базалти с масивна, на места хаотично текстура; 2) черни до тъмно-зеленикави филити с вероятно смесен – вулканогенно-седиментен произход, също отложени в дълбокоморска обстановка; 3) слоести дребнозърести кварцити с лошо запазени, но разпознаваеми турбидитни седиментни структури.

Вероятно кварцитите представляват дълбокоморски турбидитен поток или турбидитно ветрило (lobe), което е покрило филитите в кратък период на събитийно седиментоотлагане. Понастоящем кварцитите са неравномерно ерозирани и се разкриват като "шапки" по билото.

Изброените по-горе скали са част от Диабаз-филитоидния Комплекс (ДФК) на територията на България (напр. Haydoutov, 1989, 2002). Този комплекс е изграден от

интензивно деформирани фрагменти от древно океанско дъно, които са транспортирани и тектонски обединени след първоначалното им отлагане.

Основни литоложки разновидности района на находището

Метабазит (диабаз): тъмнозелена, дребнокристална, плътна и здрава скала, с масивна текстура и бласто-офитова, бластоделеритова структура.

Диабазова брекча: тъмнозелена, скала с кластичен характер, плътна и здрава. Тя е с брекчевидна текстура и псефитова, в отделните класти – офитова, порфирна с вариолитов характер структура.

Кварцит: тъмносива, дребнокристална скала, плътна и здрава. Тя е с масивна текстура и хетерогранобластна структура.

Филит: глинест шист до филит - метапелит. Той представлява тъмносива до черна, крипнокристална скала, с фино изразен кливаж, пресечена мрежовидно от фини кварц-карбонатни прожилки. Текстура е кливажна, а структурата – гранолепидобластна. Тя се характеризира с добре изразена фолиация – резултат от субпаралелното подреждане на серицитовите люспи. Метаморфните процеси са много слабо изразени и са засегнали основно

глинестите продукти, които са преобразувани в хидрослюди и серицит и оформят метаморфната фолиация, която в се определя като кливаж. Скалата е слабо пластично деформирана с образуване на издържани гънки с милиметрови размери. По осите на някои от тях се оформя слаб кренуляционен кливаж.

Аргилит: глинест шист до филит (slates) – метаалевропелит – тъмносива до черна, крипнокристална скала, с фино изразен кливаж, пресечена мрежовидно от фини кварц-карбонатни жилки. Текстура е кливажна, а структурата – бластоалевритова, гранолепидобластна.

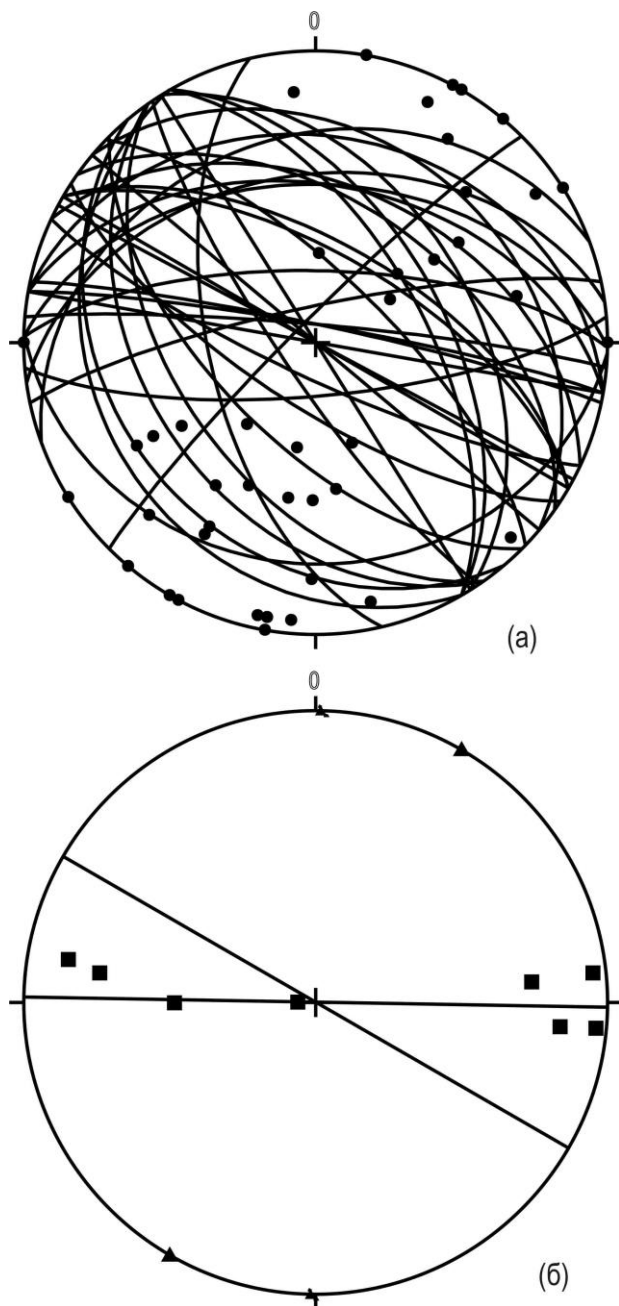
Скалите от находището са засегнати от метаморфизъм в ниските нива на зеленошистния фациес съпроводен от деформация. В резултат на метаморфизма и тектонското въздействие повечето от първичните пластови повърхнини в скалната последователност са заличени. Оформен е кливаж (цепителност) главно във филитите. В Кварцитите кливажа също присъства, но поради липсата на минерали с плочест хабитус той е по-слабо подчертан. Метабазалтите са много устойчиви на метаморфно въздействие и не показват следи от регионално-метаморфен кливаж въпреки, че са засегнати от хидротермална промяна, хидравлично брекчиране и други типове деформация.



Фиг. 1. Опростена геоложка карта на района на проучването

Структурно - геоложка ситуация

Елементи на действителна пластовост бяха измерени само на две места и то в кварцитите. Всички останали плоскостни текстури (фиг. 2) са от метаморфен и деформационен произход. Всички скали от находището са деформирани в хода на няколко деформационни събития. Нагъването е многократно и интензивно. Всички контакти са криви повърхнини, чиято геометрия зависи от геометрията на гънките.



Фиг. 2. Стереографски проекции в долна полусфера: а) полюси и циклографски следи в стереографска проекция на 37 плоскости от находището на метабазалти (измервана е предимно филитна фолиация, която играе ролята на псевдо-пластовост; използвани са и три достоверни измервания на пластовост в кварцитите); б) измерени в разкрития шарнири на малки гънки, маркирани с квадратчета и определени на място осови повърхнини на малки гънки, показани като вертикални плоскости

По време на проучването не бяха установени надеждни критерии за горнище и долнище на пласт. Тъй-като скалната последователност е интензивно нагъната и се наблюдават дребни гънки с хоризонтални осови повърхнини то е напълно възможно изброения по горе порядък в стратификацията да не е истинския. Тоест, възможно е пласторедата да е преобърнат, така че в дълбочина да се редуват, базалти, филити и кварцити. В мащаба на находището обаче тази скална последователност се запазва, затова се приема условно за работна схема на проучването.

Базалтите не представляват едно хомогенно тяло, а са тектонска смес от субвулкански тела (дайки) и вулкански потоци с различна едрина на зърната и различна степен на кристализация. Като цяло обаче те са хомогенни и държат тектоностратиграфско ниво. Сред метабазалтите се срещат единични пирокластични прослойки, които са в следствие изветрели, метаморфозирани и превърнати във филити. Този „вулкански“ филит при деформацията е „изстискан“ в джобове с неголеми размери и по правило формира тела с непостоянна дебелина. Поради пластичността на филитите в бедрата на гънките те са изстискани и на практика отсъстват, а в шарнирите са събрани в по-дебели лещи. Няколко тънки базалтови тела се срещат и след филитите. Те са будинирани и се разкриват локално.

Ниско-метаморфна (филитна) фолиация

От съседни райони на Стара планина (напр. Ангелов и др., 1992) е установено, че метаморфния кливаж на филитите от ДФК е формиран преди Перма. Основните гънки, които наблюдаваме сега в находището са по-млади, вероятно алпийски, тъй като кливажа е нагънат от тези гънки. Във всички части на находището този кливаж има различна ориентация, като се открояват две направления (фиг. 2а). Едното е по-добре подчертано и е на северозапад. Другото – по-слабо проявено е на североизток. И двете направления на кливажа се интерпретират като грубо-паралелни на бедрата на гънки. Поради проявата на деформационна транспозиция, може да се приеме, че филитната фолиация показва наклона на бедрата на гънките. Това подобие обаче е само частично, тъй като ориентацията на фолиацията (кливажа), не може да съвпада напълно с тази на литоложката слоестост.

Късен (непроникващ) кливаж

Кливаж който е развит по-късно от филитната фолиация се наблюдава в отделни образци. Най-често това е кренуационени кливаж, изразен в микронагъване и преориентиране на плочестите минерали на ниско-метаморфната фолиация. Късния кливаж има стръмни наклони. Обикновено такъв кливаж се разклонява ветриловидно в шарнирите на алпийските гънки. До момента не са установени надеждни доказателства, че този кливаж е нагънат, но за съжаление измерванията ни не са достатъчни за да го охарактеризираме по-детайлно.

Линейности

От интерес за проучването е линейност на пресичане, локално подложена на микронагъване. Тя е генетично свързана с късния непроникващ кливаж и е резултат на гънквата интерференция (наслагване на гънки с различна

геометрия и възраст). Тази линейност потъва на североизток или на югозапад. Най-вероятна тази линейност е паралелно на шарнирите на късни гънки.

Гънки

В находището са наблюдавани:

F1 – Дребни гънки с полегати до хоризонтални осови повърхнини. Тези гънки огъват филитната фолиация. Възрастта на тези гънки е неясна. Може да се предположи, че освен дребни гънки в тези скали се срещат и големи по размери лежащи гънки.

F2 – Големи притиснати (вероятно изоклинални) гънки с посока на осовите повърхнини запад-северозапад. Дългото било на което е разположено находището в значителна степен съответства по ориентация на една такава синформна гънка. Тъй като F2 е деформирана от по-късни гънки то ориентацията на бедрата и на осовата и повърхнина се променя вълнообразно, съгласно геометрията на по-късните гънки. Филитната фолиация показана на фиг. 2а, най – добре представя тази гънка, чрез добре оформен пояс. Измерени са и малки изправени гънки (фиг.2б) с посока на шарнирите изток-запад или северозапад-югоизток, които също могат да бъдат смятани за продукти на тази нагъвателна фаза.

F3 – Това са големи, но отворени гънки с посока на осовите повърхнини на север-североизток. Тези гънки нагъват по-ранната генерация F2. Шарнирите на F3 потъват стръмно и се маркират на места от микролинейността описана в текста.

Гънкова интерференция

Видимата в момента геометрия на находището се определя от наслагването на F2 и F3. Дори и да е имало по-ранни големи гънки сега геометрията им не може да се установи, поради по-късната преработка. Старите гънкови бедра са изтискани и преориентирани до паралелизъм с бедрата на F2 и F3.

Наслагването на F2 и F3 формира структура подобна на тип купол и басейн (Ramsay, 1967), която може съвсем грубо да се визуализира с кора за яйца. Куполите са издигнати антиформи, в ядката на които излиза базалта, а басейните са синформи, подобни на чаши, в които филита слиза на дълбочина под нивото на р. Искър.

За дълбочината до която стига филита в синформите може да се съди и по елементите на кливажа, измерени в разкрития. Находището попада в обхвата на една голяма синформа от северозапад, последвана от антиформа и още една синформа от югоизток. На стереографската проекция гънковата интерференция се изразява в широк пояс от нормали към плоскости и в това, че следите на пластове формират удължен свод с посока на удължението северозапад-югоизток. Удължението на свода се определя от факта че основната F2 гънкова форма, участваща в интерференцията е с посока на шарнира северозапад-югоизток.

Неблагоприятно за проучването е обстоятелството че голямата пренагъната F2 гънка е била синформа. Затова и филита и кварцита, които запълват ядрото и се разкриват

във вътрешността на хълма и като слизат в дълбочина изяждат запасите от метабазалт.

Методика на изчисляване на запасите от метабазалт

Находището е проучено чрез канави и сондажи. Прокарани са общо 8 сондажа. Средната дължина на 7 от сондажите е около 80 m, а един сондаж е прекратен преждевременно, поради скъсване на лоста.

Основната информация за разпределението на филита и базалта обаче е натрупана чрез описване на разкрития, чрез които се интерпретира местоположението на границата филит-метабазалт. Тази граница е основната маркираща повърхност в находището. Приема се, че под тази граница се разкрива метабазалт, а над нея филит, като разбира се обемът на метабазалта е ограничен и от топографската повърхност на хълма.

Както вече бе споменато в най-горната част на разреза се разкриват и кварцити, но в случая тяхното местоположение не се взема под внимание. Понеже филита е деформиран пластично, кварцита в него е разместен по непредсказуем начин. Освен това кварцита е отнесен от ерозията върху голяма част от изследваната площ. Може да се предположи, че в северозападната част на находището кварцита също слиза в дълбочина, като филита, но не е желателно да се правят опити за точна оценка, поради това, че контакта филит - кварцит е доста разместен.

След установяването на максималния възможен брой точки от контактната повърхност филит-кварцит по нея е изготвен триизмерен цифров модел на находището (Фиг. 3). Обемът на филитите и кварцитите, които се явяват откритка се определя, като обем заключен между топографската повърхнина и контактната повърхност филит-базалт. Обемът на полезното изкопаемо (метабазалт) се определя, като се извади контактната повърхност от долна ограничителна плоскост, определена по минно-технически съображения.

Проблеми при изчисляването на запасите

Основните проблеми са както следва:

- Формата на тялото, съдържащо полезната изкопаемо е твърде сложна, поради гънковата интерференция;
- Находището се намира в хълм с дълго и остро било, като ерозията е срязала различни нива от стратиграфския разрез;
- Полезното изкопаемо не се отличава със значителна пазарна цена. Поради тази причина разходите за проучването са ограничени. Геоложката изменчивост е установена с малък брой сондажи, които не дават достатъчно ясна представа за разпространението на маркиращата контактна повърхност в находището.

Дискусия

Установена практика за изчисляване на запасите

Към настоящия момент за изчисляване на запаси от индустриални минерали и скали в България се използват

прости геометрични методи. Тези методи са навлезли в българската литература, чрез руски учебници и отраслови ръководства (напр. Прокофьев, 1973; Красулин, 1978; и др.). Тези методи у нас са утвърдени и наложени от членовете на Държавната комисия по запасите ДКЗ, понастоящем СЕК, които изискват максимално прост подход при изчисленията, позволяващ бърза проверка на резултатите. Основните използвани у нас методи са методът на геоложките блокове и методът на вертикалните разрези, като даже методът на вертикалните разрези се счита за твърде сложен.

По отношение на тези два метода може да се спомене, че те са подходящи само за находища със слаба геоложка изменчивост. Методът на вертикалните разрези обаче позволява по-детайлно анализиране на находища със слоест строеж и наклонени разделителни повърхности, тоест подходящ е за по-сложни находища.

Въпреки своите очевидни предимства прекомерното опростяване на подхода на изчисляване има и очевидни недостатъци. Основният недостатък е, че в условия на находища с голяма изменчивост тези два метода са твърде неточни. Нещо повече! Методът на геоложките блокове не стимулира аналитичното геолошко мислене. Този метод на практика може да се приложи без за целта да е изготвена геоложка карта на находището.

Основен проблем при изборът на метод за изчисляване и при последващата защита на този метод пред държавните регулативни органи или инвеститорът е оценката на изменчивостта. В литературата, включително и у нас, са предложени редица методи за оценка на изменчивостта (напр. Боев, Топалов, 2002), но те по една или друга причина не са наложени в практиката. Вероятно това е така, поради факта, че всички находища се различават по своя строеж и следователно изискват различни подходи за оценка на сложността им.

По отношение на структурният компонент на изменчивостта може да се каже, че находище, което е в скали претърпели многократно нагъване и гънкова интерференция със сигурност трябва да се квалифицира като сложно.

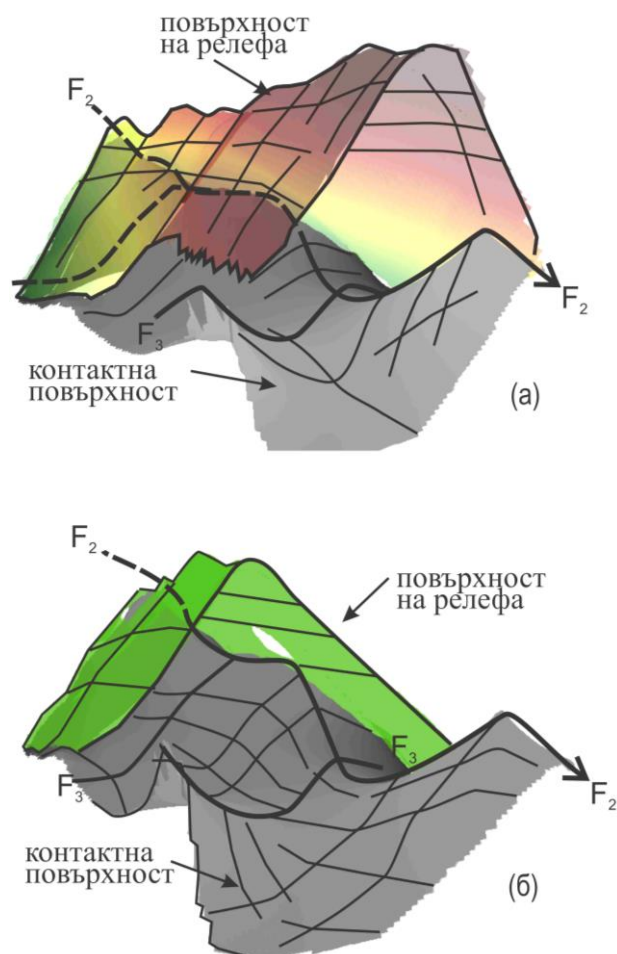
Метод на изчисляване на запасите от метабазалти

В условията на дискутираното находище простите линейни методи за изчисляване на запасите не са подходящи. Същевременно малкият брой сондажи не позволява да се оконтурат достатъчно добре бедрата на синформите от кората за яйца (фиг. 3), формирана от гънковата интерференция. Методите на детайлното структурно картиране обаче позволяват да се увеличи количеството на значими данни без да се прибегва до неприемливо голям брой от сондажи.

Необходимите данни са координатите на точки от маркиращата повърхност филит-метабазалт. Тези точки могат да се намерят чрез картиране и построяване на криви структурни контури на разкритието на контактната повърхност. Допълнителни данни за разпространението на скалите в дълбочина може да се получат и чрез

проектиране на бедрата на гънките, отново чрез структурни контури.

В резултат на горните процедури, за проучваното находище са събрани данни от 30 допълнителни геоложки точки, които заедно с данните от сондажите позволяват да се реконструира контактната повърхнина (фиг. 3а и 3б).



Фиг. 3. а) Повърхност разделяща филити от метабазалти и топографската повърхност на хълма разположена над нея, поглед на североизток; б) Повърхност разделяща филити и метабазалти и разположена над нея топографска повърхност на хълма, поглед на север (тримерните модели са разработени с помощта ARC GIS за площта показана на фиг. 1)

Изводи

Скалите от изследваното находище са метаморфозирани преди перма. Те са нагънати от лежащи гънки, които в последствие са пренагънати от две нагъвателни фази с изправени гънки. С ранното нагъване и метаморфизъм е свързана метаморфна филитна фолиация, а с късните изправени гънки е проявен локално развит кливаж. Късните гънки нагъват филитната фолиация. Наслагването на изправените гънки води до интерферентна картина от тип купол и басейн, която значително усложнява геоложкото проучване. Изчисляването на запасите от метабазалт не може да се осъществи с необходимата точност, като се използват прости линейни методи. За да се преодолее този проблем е изграден тримерен цифров модел, на който са

представени повърхността на релефа на хълма и контактната повърхност филит-базалт. Изчисляването на обемите се извършва автоматично чрез изваждане на повърхнини в GIS или CAD среда. Находището илюстрира често срещан проблем при проучването на индустриални минерали у нас, а методът използван за изчисляването на запасите може да се приложи и при други случаи на значителна геоложка изменчивост.

Литература

Ангелов, В., И. Хайдутков, С. Янев, Д. Тронков, И. Сапунов, П. Чумаченко, Ц. Цанков, Н. Попов, Р. Димитрова, Т. Николов, К. Аладжова-Хрисчева, Л. Филипов. 1995. *Геоложка карта на България, М1:100000, к. л. Белоградчик*. София, КГМР, Геология и геофизика АД.

Боев, К., С. Топалов. 2002. Аналитико-геометричен метод за оценка на геоложката сложност на находищата. – *Год. МГУ, 44-45, Св. II, Добив и преработка на минерални суровини*, 1-3.

Красулин, В. С. 1978. *Справочник на техник-геолога*. С., Техника.

Прокофьев, А. П. 1973. *Основы поисков и разведки месторождений твердых полезных ископаемых*. М., Недра.

Haydoutov, I. 1989. Precambrian ophiolites, Cambrian island arc and variscan suture in South Carpatian. – *Balkan Region. Geology*, 17, 905-908.

Haydoutov, I. 2002. Peri-Gondwanan terranes in the pre-Early Palaeozoic basement of the region of Bulgaria. – *Geologica Balc.*, 32, 2-4, 17-20.

Ramsay, J. 1967. *Folding and Fracturing of Rocks*. McGraw-Hill, New York.

Препоръчана за публикуване от
Катедра "Геология и палеонтология", ГПФ