

УДК 622.23.01:551.243:552.12/.141:539.375.5

**Л.Ф. Маметова**, канд. геол. наук, ст. наук. співроб.  
**О.О. Карамушка**, мол. наук. співроб.  
(ІГТМ НАН України)

## **ВПЛИВ СТРУКТУРНИХ ДЕФОРМАЦІЙ МІНЕРАЛІВ НА РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД**

**Л.Ф. Маметова**, канд. геол. наук, ст. научн. сотр.,  
**О.А. Карамушка**, мл. научн. сотр.  
(ІГТМ НАН Украины)

## **ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ МИНЕРАЛОВ НА РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД**

**L.F. Mametova**, Ph.D (Geol.), Senior Researcher,  
**O.O. Karamushka**, Junior Researcher  
(IGTM NAS of Ukraine)

## **INFLUENCE OF STRUCTURAL DEFORMATIONS OF MINERALS ON DESTRUCTION MOUNTAIN ROCKS**

**Анотація.** Розглянуто поведінку окремих мінералів та гірських порід під час тектонічних рухів, їхню здатність до зміни структури, форми і появи тріщин деформації. Утворення площин ковзання (смужки Бьома), їх комбінація з іншими типами пластичних порушень структури кварцу і польових шпатів пісковиків сприяють виникненню мікротріщин і остаточному руйнуванню порід. Аналогічна природа утворення тріщин спостерігалась серед вугільних пластів Донбасу, в базальтах Волині.

На прикладі наведених геологічних об'єктів різного ієрархічного рівня (мікро- і макро-) встановлена спільна закономірність – поведінка речовини (від окремого зерна кварцу до блоків базальту), яка відображає процес зміни пружно-анізотропних властивостей об'єкту під впливом зовнішнього середовища і сприяє руйнуванню гірських порід.

**Ключові слова:** пластичні мікрореформації, пісковики Донбасу, руйнування гірських порід.

Деформації, які виникали в земних умовах і відбуваються дотепер, завжди цікавили геологів і геофізиків. Це явище зміни форми гірських порід, мінералів, інших матеріалів від дії зовнішнього навантаження або під впливом фізичних чи хімічних чинників, завдяки яким змінюється об'єм. Деформації діляться на пружні (обернені) і залишкові (необернені). Перші – зникають після зняття навантаження, другі – зберігаються. Серед залишкових деформацій розрізняють наступні види: пластичну, в'язку і розривну деформації. Пластичні деформації спостерігаються в кристалічних утвореннях – в мінералах та їх агрегатах (в породах) і відбуваються вони в процесі закономірного переміщення всередині кристалічних ґраток шляхом диференційованого ковзання, механічного двійникування і скидоутворення.. Ковзання, на думку вчених (Вернадський, Мюгге, Дена, Григор'єв, Єлісеєв, Котрелл та ін.), це початковий вид залишкових пластичних деформацій, які затушовуються пізніше наступними.

© Л.Ф. Маметова, О.А.Карамушка, 2013

Мета цієї роботи – дослідити вплив пластичних мікрODEФОРМАЦІЙ структури мінералів, що пов’язані з тектонічними процесами, на руйнування гірських порід вугільних родовищ.

В геології дослідження пластичних деформацій зводиться до вивчення слідів тектонічних рухів, якими є закономірне орієнтування мінералів в породі, кристалізаційна сланцюватість, лінійність, тріщини окремої. Польові і петрографічні дослідження структур, що виникають внаслідок таких деформацій, мають мету – визначення механічних властивостей гірських порід і з’ясування механізму реакції кристалічної ґратки мінералів та їх агрегатів на зміну умов деформації. У роботах Р.Х. Вернона [1] подається опис мікрODEФОРМАЦІЙ таких мінералів як кварц, олівін, плагіоклаз, піроксен, слюди. І.С. Деліциним [2] виконаний ґрунтовний аналіз літературних джерел про мікропорушення в зернах кварцу, наведена методика і процес дослідження з великою кількістю ілюстрацій. У монографії [3] описана зміна мікроструктур мінералів, вплив тектоніки на хімічний потенціал і розчинність. За кристалічною будовою розрізняють мінерали 32-х видів симетрії, які об’єднані у 7 сингоній. Кристалічна ґратка мінералів певного типу симетрії реагує на зміну тиску і температури, що загалом впливає на фізичні параметри (пружність та ін.). У більшості породотвірних мінералів спостерігається анізотропна кристалічна будова.

Оптичним методом дослідження породотвірних мінералів пісковиків карбону Донбасу встановлено [4, 5] структурні зміни – пластичні деформації – поява яких зумовлена тектонічними рухами. Закономірності таких деформацій визначаються пластичними властивостями кристалічних ґраток мінералів: кварцу, польових шпатів, слюд. У багатьох мінералів, серед них більшість силікатів, реалізується лише 1-2-і системи ковзання. Серед оксидів провідним породотвірним мінералом є кварц та його різновиди. Вони можуть кристалізуватися в усьому діапазоні формування порід – від магматичної стадії до гіпергенної. Тільки у кварцу і кальциту присутні не менше п’яти незалежних систем ковзання. Вздовж границь деформаційних смуг в зернах кварцу розташовані газорідинні мікрОВКЛЮЧЕННЯ – так звані бьомівські смужки – рис. 1.



Рисунок 1 – Бьомівські смужки в зернах кварцу пісковиків ( $C_2^3$ ) середнього карбону, шл. 4539 (шх. ім. 25-го з'їзду КПРС, Краснодарський р-н)

Кутова неузгодженість між системами бьомівських смужок фіксує тип і умови, в яких відбулись деформації – стискування, розтягування чи зсуву [6].

Пластичні деформації в мінералах пісковиків, зазвичай, супроводжуються утворенням прихованих тріщин і мікротріщин, виникненням дефектів у кристалічній ґратці мінералів. Своєрідний характер розподілу тиску в уламкових породах зумовлює надзвичайну строкатість напруги, яка виникає на стінках суміжних зерен. Механічно ослаблені місця як на контактах між зернами, так і всередині зерен мінералів є ареною хімічних реакцій. В польових шпатах деформації відбуваються тоді, коли хімічні зміни зумовляють необхідний рух атомів і викличуть неупорядкованість структури під час тектонічних рухів – рис. 2.



Рисунок 2 – Деформація плагіоклазу із зміщенням двійників (ніколі +), пісковик світи  $C_2^6$ , пр. 5079, ш-та ім. О.Ф. Засядька

Неодноразова тектонічна дія з чергуванням умов деформації проявляється поєднанням кількох типів мікродеформацій і провокує утворення сутуро-стилолітових швів – рис. 3, прихованих мікротріщин. Ранні деформації, зафіксовані у вигляді бьомівських смужок, від периферії басейну до його центру ускладнювались з ростом тиску, температури (стадій катагенезу), повторних тектонічних рухів.

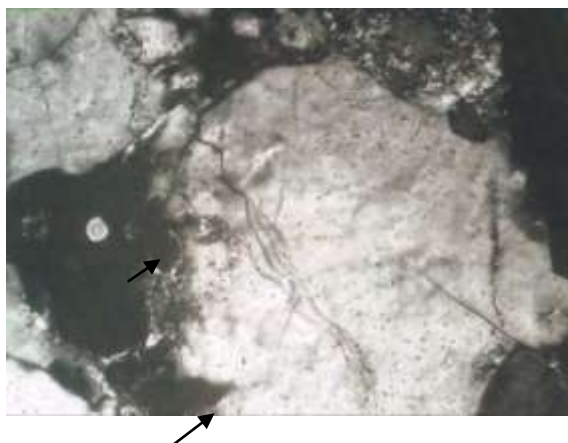


Рисунок 3 – Мікротріщини в зерні кварцу вздовж перетину 2-х систем бьомівських смужок – сутуро-стилолітових швів, світа  $C_2^5$  (діл. Менчикурівська, Луганський р-н)

В уламках кварцу кількість бьомівських смужок і комбінацій на 1 зерно досягає 2-3-х і більше типів. Наприклад, різано-лапчата за формою мозаїчність поширюється по краю зерна – рис. 4 – або фрагментарно – „острівками” – всередині.



Рисунок 4 – Комбінація бьомівських смужок і мозаїчності в уламках кварцу, світа  $C_2^5$ , шл. 955, Донецько-Макіївський р-н

Ранні деформації, зафіксовані у вигляді бьомівських смужок, від периферії басейну до його центру ускладнювались з ростом тиску, температури (стадій катагенезу), повторних тектонічних рухів. Мозаїчність щодо бьомівських смужок орієнтована під гострим кутом і спостерігалась у відкладах середньої стадії катагенезу. Максимально цей тип пластичних мікродеформацій кварцу пісковиків проявився у Донецько-Макіївському районі. Мозаїчність і стиололітоутворення є похідними від стресових напруг. Зростання інтенсивності змін фіксується різноманітністю поєднання типів мікропорушень структури кварцу пісковиків і вугілля.

Досліди Є.М. Сергеева і М.А. Цветкової (1950) показали, що вже від тиску  $530 \text{ кг/см}^3$  більшість крупних зерен пісковиків вкривається тріщинами [7]. Інтенсивність подрібнення зерен залежить від їхньої величини і нерідко цьому процесу сприяють пластичні деформації. Вони супроводжуються або завершаються виникненням систем видимих тріщин – рис. 5 і потенційних тріщин – рис. 6, які проявились лише при поляризованому освітленні. Приховані мікротріщини декоруються грануляцією, вона поширюється на всі морфологічні типи. За нашими спостереженнями грануляція, мозаїчність і сутуро-стилолітові утворення мають постінверсійне походження [5].

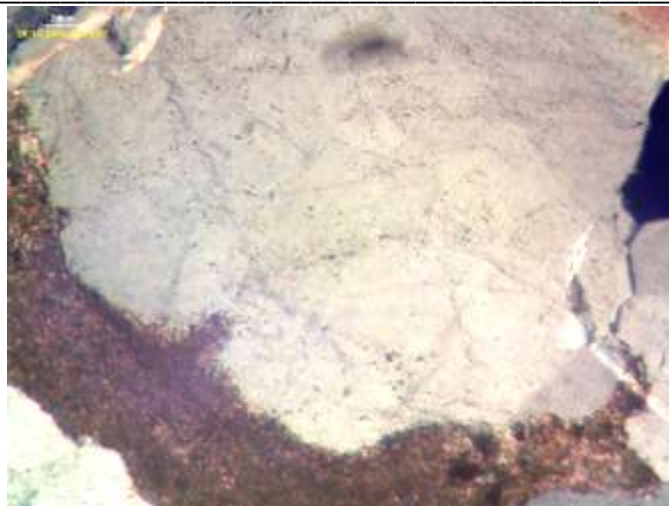


Рисунок 5 – Системи бьомівських смужок у зерні кварцу пісковиків  $C_2^5$ , МК<sub>5</sub>, пр. 2474 , гл 1783,0 м, діл. Горлівська Глибока, Центральний р-н

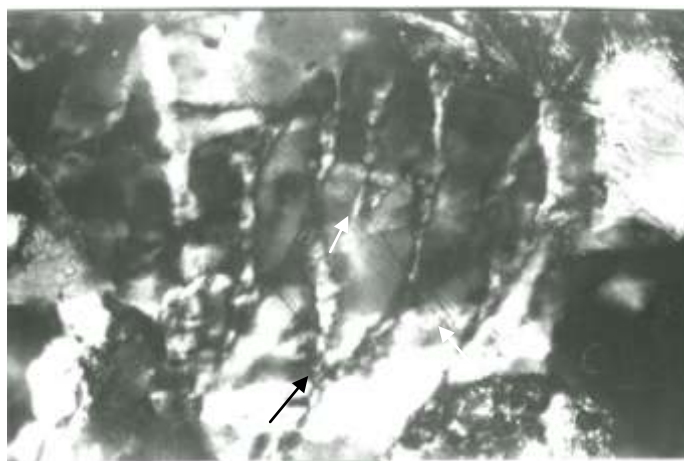


Рисунок 6 – Грануляція вздовж бьомівських смужок у зернах кварцу (ніколі +)

Згадані вище типи пластичних мікропорушень структури кварцу і польових шпатів пісковиків відображають реакцію теригенних відкладів на тектонічні процеси і сприяють появі зон тріщинуватості (вторинних колекторів). Нерівномірний розподіл напруги серед порід родовища також впливає на тріщиноутворення у вугіллі. Схожа з бьомівськими смужками кварцу пісковиків система мікротріщин зумовлює правильну геометричну (або наближену до такої) форму часточок (квазікристалів) кам'яного вугілля в будь-якому районі Донбасу. Для характеристики форми частинок вугілля розрахований коефіцієнт форми [8], за допомогою якого визначались закономірності поширення квазікристалів вугілля в тектонічних зонах. Коефіцієнт форми квазікристалів вугілля віддзеркалює структурні зміни органічної речовини в різних за інтенсивністю руйнування ділянках. Таким чином, він є показником ступеня порушеності вугільного пласта і дозволяє виділяти підзони інтенсивності руйнування в межах тектонічних по-

рушень. Така ж закономірність тріщиноутворення спостерігалась і серед базальтів Волині [9].

Висновок – на прикладі наведених геологічних об'єктів різного ієрархічного рівня (мікро- і макро-) встановлена спільна закономірність – поведінка речовини (від окремого зерна кварцу до блоків базальту) відображає процес зміни пружно-анізотропних властивостей об'єкту на зовнішні подразники середовища і сприяє руйнуванню.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Вернон, Р.Х. Метаморфические процессы / Р.Х. Вернон – М.: Недра, 1980. – 227 с.
2. Делицин, И.С. Структурообразование кварцевых пород / И.С. Делицин – М.: Наука, 1985. – 191 с.
3. Казаков, А.Н. Динамический анализ микроструктурных ориентировок минералов / А.Н. Казаков – Л.: Наука, 1987. – 272 с.
4. Баранов, В.А. Структурные и минералогические особенности углевмещающих пород Донбаса: сб. науч. трудов / В.А. Баранов // Придніпровський наук. вісник. Геол. і географія. – Дніпропетровськ: ДДУ, 1998. - №118 (185). – С. 39-48.
5. Маметова, Л.Ф. Структурно-мінералогічні перетворення газоносних пісковиків Донбасу : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геол. наук спец. 04. 00. 16 „Геологія твердих горючих копалин” / Л.Ф. Маметова. – Дніпропетровськ, 2011. – 20 с.
6. Пат. № 51207 Україна, МПК (2009) E 21 F 7/00. Спосіб визначення типів деформацій / Баранов В.А., Маметова Л.Ф.; заявник і патентовласник ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України. – u 2009 13297; заявл. 21.12.2009; опубл. 12.07.2010. бюл. № 13. – 4 с.
7. Рухин, Л.Б. Основы литологии / Под ред. Е.В. Рухиной. – Л.: Недра, 1969. – 704 с.
8. Карамушка, О.А. Выделение подзон в нарушениях угольных пластов / О.А. Карамушка // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАН Украины. — Днепропетровск, 2010. – Вып. 85 – С. 118-123.
9. Гринюк, Т.Ю. Визначення закономірностей розкриття базальтів Волині, що містять самородну мідь, у процесі перед промислової підготовки родовища до комплексної переробки : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук спец. 05.15.09 „Геотехнічна і гірнична механіка” / Т.Ю. Гринюк. – Дніпропетровськ, 2009. – 20 с.

#### REFERENCES

1. Vernon, R.H. (1980), *Metamorficheskiye protsessy. Reaktsii i razvitiye mikrostruktury* [Metamorphic processes. Reactions and microstructure development], Translated by Smolin P.P., Nedra, Moscow, Russia.
2. Delitsin, I.S. (1985), *Strukturoobrazovaniye kvartsevykh porod* [Structural formation of quartz rocks], Nauka, Moscow, Russia.
3. Kazakov, A.N. (1987), *Dinamicheskii analiz mikrostrukturnykh oriyentirovok mineralov* [Dynamic analysis of microstructure orientations of minerals], Nauka, Leningrad, Russia.
4. Baranov, V.A. (1998), “Structural and mineralogical features of Donbas rocks which contains coal”, *Prydniprovskiyi naukovyi visnyk. Heolohiia i heohrafiia*, no. 118, pp. 39-48.
5. Mametova, L.F. (2011), Structurally-mineralogical transformations of Donbas sandstones which contains gas, Abstract of Ph.D. dissertation, Geology of hard combustible minerals, State Higher Education Institute «National Mining University» of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Dnepropetrovsk, Ukraine.
6. Baranov, V.A., Mametova, L.F. M.S. Poljakov Institute of Geotechnical Mechanics under NAS of Ukraine (2009), *Sposib vyznachennia typiv deformatsii* [Method of definition of deformations types], State Register of Patents of Ukraine, Kiev, UA, Pat. № 51207.
7. Rukhin, L.B. (1969), *Osnovy litologii* [Bases of litology], in Rukhina, E.V. (ed), Nedra, Leningrad, Russia.
8. Karamushka, O.A. (2010), “Definition of zonules in dislocations of coal layer”, *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics], no. 85, pp. 118-123.
9. Grinyuk, T.Y. (2009), Definition of laws of disclosing of Volynia copper-bearing basalts in process of preindustrial preparation of a deposit for complex processing, Abstract of Ph.D. dissertation, The geotech-

tical and mountain mechanics, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under NAS of Ukraine, Dnepropetrovsk, Ukraine.

### Про авторів

**Маметова Людмила Федорівна**, кандидат геологічних наук, старший науковий співробітник лабораторії структурних досліджень гірських порід відділу геології вугільних родовищ великих глибин, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України, Дніпропетровськ, Україна

**Карамушка Ольга Олександрівна**, молодший науковий співробітник лабораторії структурних досліджень гірських порід відділу геології вугільних родовищ великих глибин, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України, Дніпропетровськ, Україна

### About the authors

**Mametova Liudmyla Fedorivna**, Candidate of Geology (Ph.D), Senior Researcher in Laboratory of Researches of the Structural Changes in the Rock in Department of Geology of Coal Beds at Great depths, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM, NASU), Dnipropetrovsk, Ukraine

**Karamushka Olga Oleksandrivna**, Junior Researcher in Laboratory of Researches of the Structural Changes in the Rock in Department of Geology of Coal Beds at Great depths, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM, NASU), Dnipropetrovsk, Ukraine

**Аннотация.** Рассмотрено поведение отдельных минералов и горных пород при тектонических движениях, их способность к изменению структуры, формы и появления трещин деформации. Образование плоскостей скольжения (полоски Бьома), их комбинация с другими типами пластичных нарушений структуры кварца и полевых шпатов песчаников способствуют возникновению микротрещин и окончательному разрушению пород. Аналогичная природа образования трещин наблюдалась среди угольных пластов Донбасса, в базальте Волины.

На примере приведенных геологических объектов разного иерархического уровня (микро- и макро-) установлена общая закономерность – поведение вещества (от отдельного зерна кварца до блоков базальта), отображающая процесс изменения упруго-анизотропных свойств объекта под воздействием внешней среды, что способствует разрушению горных пород.

**Ключевые слова:** пластичные микродеформации, песчаники Донбасса.

**Abstract.** Mineral and rock behaviour at tectonic displacement, their ability to change their structure and form and occurrence of deformational cracks are considered. Formation of planes of sliding (the Bjom strips), their combination with other types of plastic deformation of the quartz and feldspar structure in the sandstones contribute to the microcrack formation and full rock destruction. A similar nature of the crack formation was observed in the coal seams of Donbass and in basalts of Volyn'.

Basing on the analysis of the above geological objects of different hierarchical levels (micro-level and macro-level) a general conformity to the law was established: a matter (ranging from a separate corn of quartz to the basalt blocks) behaviour reflects a process of changing of the object elastic-anisotropic properties under the action of the environmental external irritants and contributes to the mining rock destruction.

**Keywords:** plastic microdeformations, the Donbas sandstones, destruction of the mining rock

*Статья поступила в редакцию 12.02. 2013*

*Рекомендовано к публикации д-ром геол.-мин. наук В.А. Барановым.*

УДК 622.268.002.56:658.581

**В.Г. Шевченко**, д-р техн. наук, ст. науч. сотр.,  
**М.С. Зайцев**, мл. научн. сотр.  
(ИГТМ НАН України)

**СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ОПЕРАТИВНОГО ВИЗУАЛЬНОГО  
КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ВЫРАБОТОК И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ  
НА ШАХТАХ**

**В.Г. Шевченко**, д-р техн. наук, ст. науч. співроб.,  
**М.С. Зайцев**, мол. науч. співроб.  
(ИГТМ НАН України)

**СПОСІБ І ПРИСТРІЙ ОПЕРАТИВНОГО ВИЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ  
СТАНУ ВИРОБОК ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ НА ШАХТАХ**

**V.G. Shevchenko**, D. Sc. (Tech.), Senior Researcher,  
**V.S. Zaitsev**, Junior Researcher  
(IGTM NAS of Ukraine)

**METHOD AND DEVICE FOR OPERATIVE VISUAL CONTROL  
OF MININGS AND TECHNICAL MEANS ON MINES**

**Аннотация.** Предложено принципиально новое устройство оперативного контроля состояния выработок и технических средств на шахтах, с использованием современных средств микроэлектроники, для повышения достоверности, оперативности информации, надежности принимаемых решений и безопасности труда горняков. Задачи разработки включают: контроль состояния выработок и технических средств, оперативная регистрация и передача достоверной информации об объектах, обеспечение безопасности ведения горных работ. В процессе визуального бесконтактного контроля вычисляются конкретные количественные параметры исследуемых объектов, на основании обработки изображений даются рекомендации по приведению объектов в нормальное состояние и недопущению нештатных ситуаций. Рекомендованы к применению технологии, усиливающие качество и достоверность фото-видеоинформации - технологии окрашивания объектов, дающие дополнительную информацию об их состоянии. На основании исследований впервые разработан способ оперативного контроля состояния выработок и технических средств на шахтах, повышающий достоверность, оперативность информации и надежности принимаемых решений. Практическое значение заключается в разработке простого и дешевого в применении устройства оперативного контроля состояния выработок и технических средств на шахтах.

**Ключевые слова:** устройство оперативного контроля, состояние выработок и технических средств на шахтах, повышение достоверности и оперативности информации, безопасность труда.

Одной из основных задач геомеханики и геофизики является повышение достоверности и оперативности информации о параметрах и состоянии горного массива, выработок, шахтной атмосферы и пр.