

1. Кузьменко Е.Д., Крив'юк І.В., Вдовина О.П. та ін. Розробка методики прогнозування зсувів із застосуванням геофізичних методів/ Звіт про науково-дослідну роботу. – Івано-Франківськ: Ін-т проблем надійності газонафтопроводів, 2007. – 178 с. 2. Маслов Н.Н. Механика грунтов в практике строительства. – М.: Стройиздат, 1977. – 230 с. 3. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. – Л.: Недра, 1977. 4. Маслов Н.Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов. – М.: Высшая школа, 1982. 5. Ніщук В.С. Інженерний захист та освоєння території. Довідник. – К.: Основа, 2000. 6. Демчишин М.Г. Современная динамика склонов на территории Украины. – К.: Наукова думка, 1992. 7. Кузьменко Е.Д., Пилипенко А.А.,

Крив'юк І.В. та ін. Моніторинг лінійної частини магістрального газопроводу на предмет ризику небезпечних геологічних процесів в межах Сторожинецької ділянки/ Звіт про науково-дослідну роботу. – Івано-Франківськ: НДІ гідрогеології, інженерної геології та екогеології, 2007. – 68 с. 8. Кузьменко Е.Д., Штогарин М.В., Крив'юк І.В. та ін. Винос магістрального газопроводу "Союз" зі зсувонебезпечної ділянки на кілометр 1532-1535. Геолого-геофізичне обстеження ділянки газопроводу в районі зсуву/ Звіт про науково-дослідну роботу. – Івано-Франківськ: ТЗОВ Нафтогазовий науково-технологічний парк, 2008. – 53 с.

Надійшла до редколегії 22.05.08

УДК 552.53-552.2

Ю. Онанко, асп.

АКУСТИЧНА ЕМІСІЯ В КВАРЦИТІ КРИВОРІЗЬКОЇ НАДГЛИБОКОЇ СВЕРДЛОВИНИ ТА ПІСКОВИКУ ПРИ ТЕРМІЧНОМУ ВПЛИВІ

Досліджено ефекти акустичної емісії, що виникає під впливом термомеханічних напруг у кварциті. Виявлено імпульси пружних хвиль від мікротріщин-емітентів, які, вірогідно, зв'язані із існуванням пружної рівноваги в кварциті.

Effects of acoustic emission under thermal-mechanical strains in quartzite are investigated. Elastic waves pulses are discovered from micro fractures that of probably connected with elastic balance in quartzite.

Геологічна структура пісковику, особливості термічного ініціюючого впливу визначають динаміку процесу локальної перебудови і тип акустичної емісії (АЕ). Основними джерелами АЕ є залишкові механічні напруги на границях розділу, міжзернові процеси тертя, утворення тріщин, двійникування кристалічної решітки, фазові перетворення. Для виникнення АЕ потрібна ініціююча АЕ зовнішня сила, що за рахунок фізичних механізмів, призводить до надлишкових локальних деформацій гірської породи. Тензорні поля геофізичних параметрів геологічного середовища та характеристики його напружено-деформованого стану представляють собою випадкові поля. Структура гірської породи, її фізичні властивості, особливості термічного ініціюючого впливу визначають динаміку процесу локальної перебудови і тип АЕ – дискретна чи неперервна.

Дана робота присвячена вивченню динаміки неоднорідного термального впливу створеного потужним імпульсним наносекундним лазером у дисперсних твердих тілах, зокрема у кристалічних гірських породах – кварцитах Криворізької надглибокої свердловини (КНГС). В якості об'єкту досліджень обрані кварцити КНГС з глибини $h \approx 2300$ м, які зазнали інтенсивних динамометаморфізуючих процесів, що привело до утворення системи тріщин L-типу. В текстурному малюнку досліджуваного крупнозернистого пісковику спостерігається перехід від брекчіювання до часткової мілонітизації та філонітизації. Розмір пор у крупнозернистому пісковику був $d \approx 50$ мкм. Поверхня крупнозернистого пісковику була сильно неоднорідна за коефіцієнтом поглинання для випромінювання лазера.

Загальне підсилення реєструючої апаратури на основі спеціалізованого акустоемісійного приладу АФ-15

було 60-70 дБ. Потужність імпульсу рубінового лазера $I \approx 300$ МВт/см². Тривалість дії імпульсу рубінового лазера $t \approx 20$ нсек з довжиною хвилі $\lambda = 694$ нм. Площа лазерної плями була $S_0 \approx 1 \times 1$ мм².

Створений рубіновим лазером короточасний термічний вплив на пісковику призвів до локального розплаву поверхні. Після припинення дії лазерного випромінювання застигання розплаву почалося саме з поверхні (наіефективніший тепловідвід), а розширена (розплавлена) нижня частина кратеру створила додаткові стискаючі механічні напруги, що "втягують" центральну частину поверхні кратеру в глибину пісковику. При опроміненні протилежних сторін кварциту амплітуда акустичного відгуку значно відрізнялася, як наслідок тонкошаруватості текстури кварциту і наявності анізотропії пружних характеристик. Причинами цього могли бути значна анізотропність кварциту та крупнозернистого пісковику вздовж вісі лазерного променя.

На рис. 1а наведена фотографія акустичного відгуку при опроміненні рубіновим лазером інтенсивністю $I \approx 300$ МВт/см² в крупнозернистий пісковику № 27959, що супроводжувалось створенням неоднорідних термомеханічних напруг з проплавом кратеру та викидом на поверхню зразка розплаву. Співставлення акустичного відгуку в крупнозернистому пісковику, зображеному на рис. 1а, з часовим терміном дії імпульсу рубінового лазера інтенсивністю $I \approx 300$ МВт/см², зображеному на рис. 1б, та розмірами зразка вказують на формування 2-го та 3-го "максимумів" (накладених в часі імпульсів) через механізм АЕ, оскільки часові затримки їх появи та довжина кінцевого сформованого імпульсу не можуть бути пояснені в рамках фототермопружного механізму.

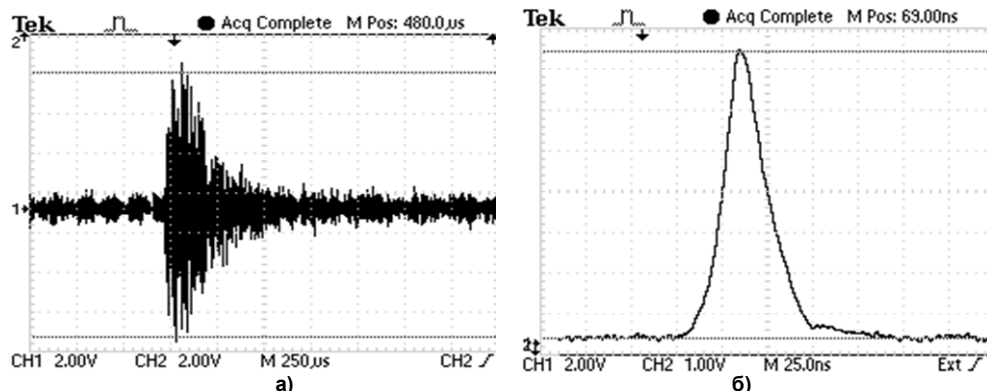


Рис. 1. а) Опромінення в крупнозернистий пісковику лазером інтенсивністю $I \approx 300$ МВт/см²; 2 В/под, 250 мкс/под; б) Тривалість дії імпульсу рубінового лазера $t \approx 20$ нс з довжиною хвилі $\lambda = 694$ нм

На рис. 2а зображена поверхня крупнозернистого пісковику після лазерного опромінення. На рис. 2б наведена осцилограма сигналу в крупнозернистому пісковику. Глибина кратеру проплаву Δh при сталій потужності і часі опромінення лазером лімітована локальною теплопровідністю та встановленням "тимчасово-рівноважного" розподілу градієнтів температур ΔT перпендикулярних до вісі кратеру та вздовж неї. Глибина проплавлення на рис. 2а оцінена $\Delta h \approx 10$ мкм. Це відповідає наближенню, що ширина стимулюючого імпульсу більша ніж глибина кратера, який утворюється під дією цього імпульсу, а сам імпульс не має вираженої поперечної структури. В цьому випадку динаміка тиску (в залежності від часу) наступна: на початку руйнування тиск швидко зростає, а по завершенню дії імпульсу зменшується миттєво на величину створеного лазером світлового тиску. Далі зменшення тиску стає більш повільним, для наносекундних часів впливу лазера важлива поява акустичного відгуку АЕ в часовому діапазоні $t \approx 200$ мікросекунд.

Важливим є правильне визначення можливих механізмів АЕ при описаних вище процесах. Послідовність в

часі є наступна – 1) АЕ при розплаві поверхні пісковику - фазовий перехід тверда-рідка фаза, 2) АЕ при застиганні розплаву - фазовий перехід рідка-тверда фаза, 3) АЕ при тріщиноутворенні. Процесами при фазових переходах тверда фаза-газ та газ-тверда фаза через відносно "довгий" - наносекундний імпульс лазера можна знехтувати.

За умов експерименту фазові переходи відбуваються достатньо швидко - за час, що може бути порівняний з часом лазерного впливу $t \approx 20$ нс на рис. 1б, вірогідно, що формування "акустоemisійної частини" акустичного відгуку пов'язано саме із тріщиноутворенням. Підхід до АЕ як до емісії двох типів – дискретної (високоенергетичної) та неперервної (низькоенергетичної) нівелюється для випадків, коли часові довжини окремих активів АЕ перевищують час проходження хвилі по зразку t , а лінійні довжини цугів хвиль λ – лінійні розміри породи L . Цьому на рис. 1а спостерігаються "накладені" імпульси високоенергетичної дискретної АЕ з великим часом загасання, сформовані в суттєво різні моменти часу від різних джерел АЕ.

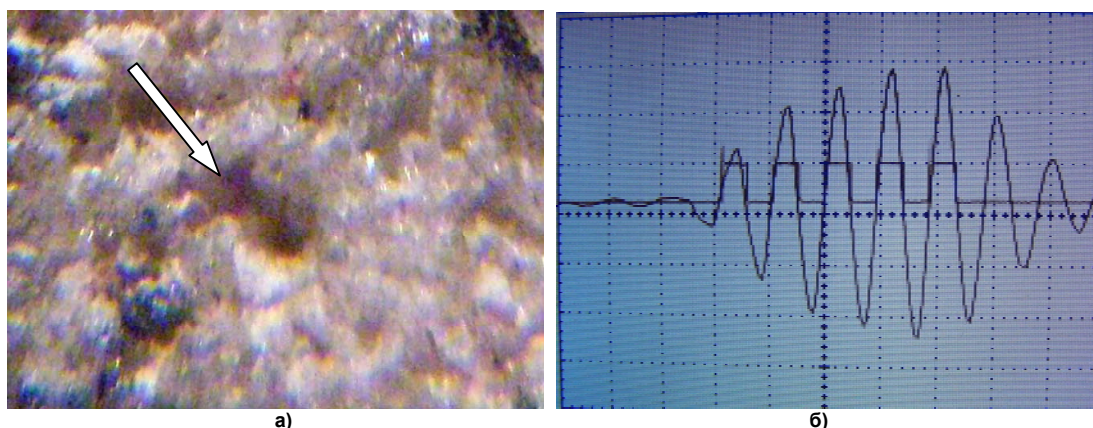


Рис. 2. а) Поверхня крупнозернистого пісковику після лазерного опромінення (х 250); б) Осцилограма сигналу в крупнозернистому пісковику з блоку перетворювача

Виміряна в імпульсному режимі усереднена групова швидкість розповсюдження поздовжніх хвиль в крупнозернистому пісковику була $v_{11} = 0,029$ м/8.23 мкс " 3520 м/с, поперечних хвиль $v_{\perp} = 2300$ м/с. Враховуючи величину об'ємної густини $\rho = 2,56 \cdot 10^3$ кг/м³, визначено модуль пружності $E = 31,72$ ГПа та модуль зсуву $G = 13,54$ ГПа крупнозернистого пісковику.

Динамічний та динамотермальний метаморфізм, що накладається на породу, приводить до структурно-механічного перетворення її при різних рівнях тиску та температур в анізотропійних полях напружень σ_i . При температурі $T > 870$ К руйнування зерен відбувається шляхом плавної необмеженої течії, при $T \approx 870$ К та $P \approx 10$ кБар міжзернові тріщини перестають виникати. При температурі $T < 670$ К при тисках $P \approx 2$ кБар формується розгалужена сітка тонких тріщин, що поступово концентруються в смуги, розвиток яких закінчується утворенням в їх площині магістральних тріщин. При більш високих тисках P сухе тертя на порядок вище міцності σ_m , тому магістральні тріщини являють собою площини суцільного руйнування.

Співставлення акустичного відгуку в кварциті, зображеному на рис.3а, з часовим терміном дії імпульсу рубінового лазера інтенсивністю $I \approx 300$ МВт/см², зображеному на рис.1б, та розмірами зразка вказують на імовірне формування 2-го та 3-го "максимумів" (накладених в часі імпульсів) через механізм АЕ, оскільки часові затримки їх появи та довжина кінцевого сформованого імпульсу не можуть бути пояснені в рамках фототермопружного механізму. Швидкість розповсюдження поздовжніх хвиль в квар-

циті була $v_{11} = 0,028$ м/5.2 мкс " 5390 м/с. Модуль пружності кварциту КНГС $E = 79,46$ ГПа, абсолютне значення E найбільше в напрямках, вздовж яких концентрація орієнтованих тріщин є найменшою.

На рис.3б наведена поверхня плагіогранітогенейса після лазерного опромінення (х250), на якій видно різницю в тріщиноутворенні від інтенсивності прикладених динамотермальних напруг σ_i . При інтенсивності лазерного опромінення $I \approx 1500$ МВт/см² (1) відбувається інтенсивне тріщиноутворення смугового напрямку, при інтенсивності лазерного опромінення $I \approx 300$ МВт/см² (2) утворюється лише слабка система тріщин, локалізована в межах окремого мінерального зерна.

На рис. 3в наведена поверхня кварциту після лазерного опромінення. Неоднорідний короточасний термічний вплив з розплавом поверхні в роботі був створений рубіновим лазером. Даний процес за набором часових фаз імітує "виверження вулкану". Відмінність полягає в тому, що розплав шахти відбувається з поверхні, а не з середини зразка. Тим не менш, після припинення дії лазерного випромінювання застигання розплаву починається саме з поверхні (найефективніший тепловідвід), а розширена (розплавлена) нижня частина шахти створює додаткові стискаючі механічні напруги, що "втягують" центральну частину поверхні шахти вглиб зразка при застиганні.

Складна форма зареєстрованого акустичного відгуку вказує на кілька діючих одночасно, або по чергово в часі механізмів трансформації неоднорідного термічного впливу в механічні хвилі напруг (акустичні хвилі).

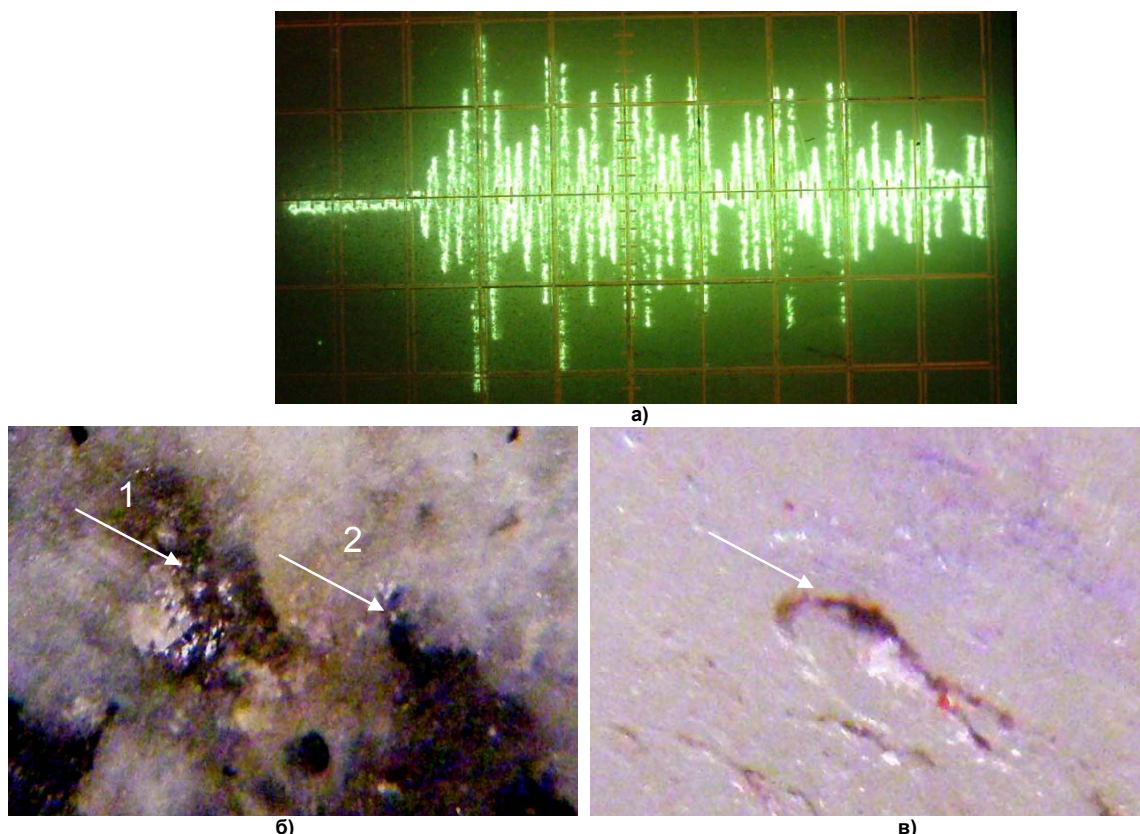


Рис. 3. а) Опромінення в кварцит рубіновим лазером; 1 В/под, 10 мкс/под; б) Поверхня плагіогранітої після лазерного опромінення (x250); в) Поверхня кварциту після лазерного опромінення (x 250)

За умов експерименту фазові переходи відбуваються достатньо швидко - за час, що може бути порівняний з часом лазерного впливу $\tau \approx 20$ нс (рис. 1б), вірогідно, що формування "акустоємисійної частини" акустичного відгуку пов'язано саме із тріщиноутворенням. Підхід до АЕ як до емісії двох типів - дискретної (високоенергетичної) та неперервної (низькоенергетичної) нівелюється для випадків, коли часові довжини окремих актів АЕ перевищують час проходження хвилі по зразку t , а лінійні довжини цугів хвиль λ перевищують лінійні розміри породи L . Тому на рис. 1а спостерігаються "накладені" імпульси високоенергетичної дискретної АЕ з великим часом загасання, сформовані в суттєво різні моменти часу від різних джерел АЕ.

Своєрідністю спектру АЕ кварциту є, на відміну від зцементованих осадових порід із гранулярною пористі-

стю, з одного боку, та магматичних порід з низькою первинною пористістю, з іншого, наявність багатьох вторинних максимумів. Їх присутність свідчить як про розмаїття речовинного складу і структури породи, того чи іншого набору аллотигенних і аутигенних мінералів, складу цементу, текстурних особливостей, так і передає, певною мірою, характер перебігу діа- і катагенетичних процесів.

З огляду на велику інформаційну насиченість щодо генезису кварцитів особливості прояву АЕ є важливими для розвитку теорії деформації геологічного середовища, утворення і розповсюдження тріщин, тому необхідні для фізичного обґрунтування використання методу АЕ для здійснення неруйнівного контролю структури кварциту та зцементованих осадових порід із гранулярною пористістю.

Надійшла до редколегії 12.05.08

ГЕОЛОГІЧНА ІНФОРМАТИКА

УДК 528.88::528.854.2

А. Макаренко, асп.

МОНІТОРИНГ РОЗВИТКУ ПІДТОПЛЕНЬ У ХЕРСОНСЬКІЙ ОБЛАСТІ ЗА ДАНИМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

У даній статті розглядається обробка даних дистанційного зондування Землі при моніторингу підтоплень у Херсонській області. Зокрема шляхи синтезування зображень із окремо оброблених каналів та подальша класифікація синтезованого зображення.

This article is devoted to processing of data of remote sensitive at research of waterlogging in the Kherson area. Namely to ways of synthesizing of the image from separately processed bands and the further classification of resulting images.

Такі процеси, як підтоплення земель ґрунтовими водами, повені завдають дуже великої шкоди господарській діяльності людини та навколишньому середовищу. Розвиток цих процесів на забудованих територіях призводить до обводнення та просядок з подальшим руй-

нуванням жилих, громадських та промислових будинків і споруд, періодичного або постійного замочування та корозії підземних комунікацій, руйнування доріг та інших об'єктів інженерної інфраструктури [1].