

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ГЕОЛОГІЧНИХ НАУК

Антіпович Яна Валентинівна

УДК [622.357.1:539.217.1].002.23 (043.3)

**ОСОБЛИВОСТІ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЗАКРИТОЇ ПОРИСТОСТІ
ПІСКОВИКІВ ДОНБАСУ**

Спеціальність 04.00.01 – «Загальна та регіональна геологія»

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата геологічних наук

Київ – 2019

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано в лабораторії дослідження структурних змін гірських порід відділу геології вугільних родовищ великих глибин Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України (м. Дніпро)

Науковий керівник: доктор геологічних наук, старший науковий співробітник
Баранов Володимир Андрійович
Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, завідувач лабораторії дослідження структурних змін гірських порід відділу геології вугільних родовищ великих глибин

Офіційні опоненти: доктор геологічних наук, старший науковий співробітник
Вергельська Наталія Вікторівна,
Державна установа «Науковий центр гірничої геології, геоекології та розвитку інфраструктури НАН України», завідувач відділу гірничої геології

кандидат геологічних наук
Охоліна Тетяна Вячеславівна,
Інститут геологічних наук НАН України, старший науковий співробітник відділу геології корисних копалин

Захист відбудеться «17» жовтня 2019 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.162.02 Інституту геологічних наук НАН України за адресою: 01054, м. Київ, вул. О. Гончара, 55-б

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Інституту геологічних наук НАН України за адресою: 01054, м. Київ, вул. О. Гончара, 55-б

Автореферат розісланий «____» вересня 2019 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 26.162.02
кандидат геологічних наук

Т.М. Сокур

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми досліджень. Особливістю Донецького басейну є наявність, крім вугілля, значних запасів метану, який міститься у вугільних пластах й породах. На думку вчених, запаси вуглеводнів в породних товщах Донбасу дозволяють розглядати басейн як вуглегазовий, експлуатація якого має бути комплексною, з метою зниження газовиділення в гірничі виробки шахт, а також отримання нетрадиційного виду газової сировини (А.Т. Айруні, 1990; М.В. Жикаляк, 2002). Загальні ресурси метану у вугленосній товщі Донбасу на глибинах від 500 до 1800 м, за різними оцінками, складають від 12 до 25 трлн. м³ (М.В. Жикаляк, 2002). Але не дивлячись на значні поклади газу у вугленосній товщі Донбасу, видобуток його пов'язаний з низкою проблем. На відміну від традиційних газових родовищ, Донецький басейн характеризується складними гірничо-геологічними умовами, які негативно вплинули на колекторський потенціал порід. Газовміщуючі породи басейну мають порівняно невеликі значення пористості, проникності, досить високі значення щільності. Це призвело до того, що газ у басейні є, але видобувати його традиційними методами важко.

Значні скупчення газу і низький колекторський потенціал порід, який не дозволяє достатньою мірою дегазувати вуглепородний масив і видобувати газ як додаткову енергетичну сировину, створюють сприятливі умови для протікання газодинамічних явищ у вугільних шахтах Донбасу.

У 70-80-ті роки минулого століття, вчені, які займалися дослідженням газових включень в мінералах, почали приділяти підвищену увагу до газодинамічних явищ в пісковиках, солі та інших породах. На думку Е. Рьоддера (1987), однією з причин проявів газодинамічних явищ в породних масивах є природна декрипітація газових включень в тисячах тонн породи, що призводить до їх викиду в гірничих виробках. За даними вчених, тиск газу, який знаходиться у включеннях, в середньому коливається від 30 МПа до 50 МПа (Г.Д. Полянїна, 1990; Г.Б. Наумов, 1980). На їх думку, викиднебезпечна порода має великий запас внутрішньої енергії за рахунок стислого газу закритих мікропор, яка в багато разів перевищує енергію, необхідну на руйнування цієї породи.

При дослідженні викиднебезпечних пісковиків Донбасу В.А. Барановим (1989) був зроблений висновок, що значний об'єм закритої пористості (понад 80 % від її загального об'єму) знаходиться у пороодоутворюючому мінералі вуглевміщуючих пісковиків, представленому уламками кварцових зерен. Закриті мікропори є газовими, рідше газорідними включеннями. За складом, газові включення представлені метаном, вуглекислим газом та азотом (М.В. Курило, 1986; І.М. Наумко, 2005; В.А. Баранов, 2018). Зокрема виділені первинні включення, утворені ще в материнських породах, в основному вони є двофазними (газорідкими) і їх розмір в 1,5-2 рази перевищує розмір вторинних включень. Найбільш поширеними у кварцових зернах пісковиків Донбасу є

вторинні включення, які представлені смужками Бьома і «губчастою» структурою. Смужки Бьома є мікродеформаціями уламкових зерен, які декоровані газовими рідше газорідинними включеннями. «Губчаста» структура є наступним етапом перетворення смужок Бьома, і утворюється в результаті поділу включень смужок Бьома в умовах підвищених температур і тиску у вуглепородному масиві (В.А. Баранов, 1989).

Значна кількість газових включень у кварцових зернах пісковиків Донбасу, і можливий тиск під яким вони знаходяться, дають привід розглядати їх як додатковий фактор, що впливає на появу газодинамічних явищ у вугільних шахтах. Таким чином, встановлення основних закономірностей перетворення закритої пористості, представленої більшою мірою газовими включеннями у кварцових зернах пісковиків, є актуальним завданням, вирішення якого, дозволить встановити додаткові об'єми газу, які вміщують газоносні породи Донбасу.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась в Інституті геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України в лабораторії дослідження структурних змін гірських порід відділу геології вугільних родовищ великих глибин відповідно до держбюджетних тем: «Визначення структурно-мінералогічних особливостей в осадових, метаморфічних та магматичних породах» (номер держреєстрації 0111U005128) згідно з Постановою Бюро Відділення механіки НАН України (протокол № 4, від 07.07.2010 р.), «Встановлення закономірностей зв'язаних геомеханічних і фільтраційних процесів у вуглепородному масиві з метою підвищення ефективності його газовіддачі, розробки методів прогнозування та принципів запобігання газодинамічних явищ при веденні гірничих робіт» (номер держреєстрації 0115U002533) згідно з Постановою Бюро Відділення механіки НАН України (протокол № 5, від 24.09.2014 р.)

Мета роботи – встановити закономірності трансформації закритої пористості пісковиків Донбасу в залежності від катагенетичних перетворень порід.

Для досягнення мети вирішувалися наступні завдання:

- 1) дослідити перетворення газових включень у кварцових зернах карбонів пісковиків Донбасу на всіх підстадіях катагенезу;
- 2) розробити методику підрахунку об'єму газових включень в уламкових зернах пісковиків Донбасу;
- 3) встановити об'єми газових включень в уламкових зернах пісковиків та закономірності їх зміни в залежності від постдіагенетичних перетворень порід;
- 4) обґрунтувати практичне значення отриманих результатів.

Для виконання сформульованих в дисертації завдань були застосовані наступні **методи дослідження**:

1. Метод оптичної мікроскопії, з застосуванням відбивного, бічного та прохідного освітлення при збільшенні від 100 до 1200 крат;
2. Метод просвічуючої та растрової електронної мікроскопії;
3. Методи визначення загальної та відкритої пористості пісковиків;

4. Комплекс методів математичної статистики (кореляційний та дисперсійний аналізи).

Об'єкт досліджень – процес перетворення газових включень в породоутворюючих зернах пісковиків кам'яновугільних відкладів Донбасу.

Предмет досліджень – пісковики кам'яновугільних відкладів Донбасу різних підстадій катагенезу.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Вперше встановлено новий підтип закритої пористості – зерновий, на підставі чого запропоновано поділяти закриту пористість порід на цементну (ізольовані пори в цементуючій речовині породи) та зернову (газові включення в породоутворюючих зернах породи).

2. Вперше встановлено онтогенез зернової закритої пористості пісковиків Донбасу в залежності від підстадій катагенезу.

3. Вперше встановлено, що розмір газових включень у кварцових зернах карбонових пісковиків Донбасу зменшується за лінійною залежністю при зростанні ступеня катагенетичних перетворень.

4. Вперше встановлено об'єми зернової закритої пористості, які сягають 3-4 % у пісковиках середньої підстадії катагенезу та обґрунтовано практичне значення дослідження закритої пористості порід.

Практичне значення отриманих результатів.

1. Розроблено «Спосіб визначення об'єму газових включень в уламкових зернах порід» (Патент на корисну модель № 132277).

2. Результати досліджень увійшли до «Рекомендацій з прогнозу викиднебезпечності пісковиків на вугільних шахтах України», які були передані спеціалістам ТОВ «Краснолиманське» та ВП «Шахта «Карбоніт» ДП «Первомайськвугілля».

Обґрунтованість і достовірність наукових положень та висновків підтверджена необхідною і достатньою кількістю експериментальних досліджень і фактичних даних, науковим аналізом експериментально отриманих і відомих з літератури фактів, використанням апробованих приладів та методів.

Особистий внесок здобувача. На підставі власних досліджень здобувачем сформульовано мету та задачі роботи, за результатами оптичних досліджень шліфів з відібраних проб пісковиків встановлено онтогенез зернової закритої пористості пісковиків Донбасу, за допомогою розробленої автором методики встановлено додаткові об'єми закритої пористості, які раніше не враховувались, сформульовані наукове та практичне значення отриманих результатів.

Апробація роботи. Основні результати досліджень доповідались на IV всеукраїнській науково-технічній конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Наукова весна» (м. Дніпропетровськ, 2013), міжнародній конференції «Форум гірників» (м. Дніпропетровськ, 2013), міжнародних наукових конференціях «Сучасні проблеми літології осадових басейнів України та суміжних територій» (м. Київ, 2014 та 2018 роки), III Міжнародному форумі

студентів, аспірантів і молодих вчених (м. Дніпропетровськ, 2015), X міжнародному форумі студентів і молодих вчених «Widening our horizons» (м. Дніпропетровськ, 2015), мінералогічному семінарі «Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения – 2018)» (м. Сиктивкар, 2018), XVI конференції молодих вчених «Геотехнічні проблеми розробки родовищ» (м. Дніпро, 2018), науковій конференції, присвяченій 50-річчю Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка «Здобутки і перспективи розвитку геологічної науки в Україні» (м. Київ, 2019).

Публікації. Результати роботи опубліковані в 18 наукових працях, з них 13 – одноосібно. Загальна кількість публікацій у вітчизняних наукових фахових виданнях, в тому числі тих, які входять до міжнародних наукометричних баз – 7, статті в закордонній монографії – 1, статті, які додатково відображують зміст дисертації – 1, матеріали та тези конференцій – 8, патенти – 1.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновку, списку використаних джерел та додатків. Робота містить 120 сторінок друкованого тексту, 35 рисунків, 3 таблиці, список використаних джерел із 140 найменувань.

Автор висловлює глибоку вдячність науковому керівнику, доктору геологічних наук В.А. Баранову за постійну увагу, вичерпні поради, науково-методичну допомогу та підтримку під час виконання роботи.

Щира подяка кандидату геологічних наук, старшому науковому співробітнику Л.Ф. Маметовій за цінні поради та наукові консультації при написанні роботи.

Автор висловлює вдячність співробітникам лабораторії дослідження структурних змін гірських порід ІГТМ НАН України, кандидату геологічних наук, старшому науковому співробітнику П.С. Пащенко, кандидату геологічних наук, науковому співробітнику О.О. Карамущі, інженеру 2-ї категорії Стефанку С.В. за поради та підтримку при виконанні дисертаційної роботи.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації та необхідність проведення досліджень, наведено зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, сформульовані мета і задачі дослідження, зазначено наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, а також рівень апробації результатів роботи.

У **Розділі I «АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ВИБІР НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕННЯ»** наведено огляд наукової літератури, що стосується дослідження впливу катагенезу на пористість порід Донбасу та аналіз літературних матеріалів пов'язаних з дослідженням флюїдних включень у мінералах.

Дослідження впливу катагенезу на пористість порід Донбасу

Пористість порід є одним з головних параметрів, який враховують при вирішенні проблем викиднебезпечності порід та прогнозуванні їх колекторських властивостей.

В роботах вчених зазначено, що основними геологічними чинниками, які впливають на пористість пісковиків Донбасу є ступінь катагенетичних перетворень, генетичний тип породи (А.П. Феофілова, Є.А. Мосур), гранулометричний склад (І.В. Бучинська, Б.К. Прошляков, Л.Ф. Маметова, Т.Є. Данилова) та тектонічний тиск (В.В. Лукінов, Л.І. Пимоненко, К.А. Безручко). Відкрита пористість та об'ємна щільність пісковиків, прилеглих до пластів вугілля з однаковими марками, закономірно зменшуються від країв до центру басейну, що пов'язується зі зростанням тектонічного тиску і, як наслідок, ступеня тектонічної дислокованості, ущільненості та міцності порід по мірі наближення до Головної антикліналі Донбасу.

Аналіз літератури показав, що основна увага вчених була прикута до визначення показників загальної та відкритої пористості, оскільки ці показники характеризують якість породи-колектора та використовуються при прогнозуванні газодинамічних явищ у гірничих виробках. Недостатньо уваги приділялося дослідженню закритої пористості. Вважається, що вона являє собою той об'єм закритих пор, який міститься в цементуючій речовині породи, та визначається за різницею між загальною та відкритою пористістю.

Аналіз досліджень флюїдних включень у мінералах

Першим привернув увагу до вивчення флюїдних включень в мінералах різного генезису англійський вчений Г.К. Сорбі. Він заклав основи методу вивчення гомогенізації включень, запропонувавши використовувати включення первісно гомогенного наповнення для визначення температури утворення мінералів.

Пізніше, російський вчений Г.Г. Лемлейн, вперше запропонував розділяти включення в мінералах за генетичним принципом – на первинні та вторинні, а за вмістом – на аутигенні та ксеногенні.

З вітчизняних дослідників вагомий внесок у дослідженні флюїдних включень в мінералах зробили М.П. Єрмаков, В.А. Калюжний, А.В. Пізнюр, Р.Ф. Сухарський, Ю.О. Долгов, Л.І. Колтун, І.М. Наумко, І.М. Зінчук, Б.Е. Сахно та ін. Їх роботи присвячені дослідженню тиску та температури утворення мінералів і порід, етапів геологічних перетворень, визначення ознак рудопроявів на основі вивчення включень у мінералах.

Загалом, багатогранними дослідженнями включень в мінералах різного генезису займаються фахівці таких вітчизняних організацій як Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України (м. Львів), Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення НАН України (м. Київ), Інститут геологічних наук НАН України (м. Київ) та інші установи.

З сучасних закордонних вчених, вивченням закритої пористості в породах різного генезису займаються Р. Голдштейн, А. Андерсон, С. Кеслер, Ф. Мітчер, Ф. Тестард та інші дослідники.

Дослідженням газових включень в мінералах порід Донбасу займалися В.А. Калюжний, І.М. Зінчук, І.М. Наумко, Г.А. Кульчицька, В.А. Баранов та ін. Вченими були встановлені генетичні особливості включень, температури їх гомогенізації, хімічний склад та багато іншого.

Для пісковиків Донбасу недостатньо вивченими є питання трансформації газових включень в умовах катагенезу порід. Зокрема, встановлення об'ємів цих включень в уламкових зернах порід. Це питання є актуальним, оскільки в роботах Е. Рьоддера (1987), В.А. Баранова (1989) зазначено, що велика кількість включень, яка знаходиться в уламкових зернах порід під певним тиском, може виступати додатковим імпульсом для появи газодинамічних явищ у породних масивах за рахунок їх природної декрипітації.

На підставі виконаного аналізу літературних даних сформульовано мету і задачі досліджень, які наведено в загальній характеристиці роботи.

У Розділі II наведено «МЕТОДИ, ОБ'ЄКТИ ТА ОБ'ЄМИ ДОСЛІДЖЕННЯ». Для вибору найбільш оптимальних методів дослідження газових включень у кварцових зернах пісковиків Донбасу застосовувалися методи просвічуючої та растрової електронної мікроскопії та метод оптичної мікроскопії. Порівняльний аналіз інформативності різних методів дозволив виявити, що найбільш ефективним та економічним є оптичний метод, який реалізується за допомогою поляризаційного мікроскопа типу ПОЛАМ Р-111. За допомогою цього методу, при дослідженні шліфів пісковиків в прохідному освітленні, при збільшенні $1200\times$ із застосуванням імерсійної рідини, вдалося встановити розмір мікропор, їх форму, об'єм, закономірності змін в залежності від ступеня перетворення порід в умовах катагенезу.

Включення і мікродеформації враховувалися у кварцових зернах при їх розмірі не менше 0,05 мм, який відповідає мінімальному розміру зерен піщаної фракції.

Шліфи пісковиків були виготовлені з проб, відібраних в п'яти геолого-промислових районах Донбасу – Павлоградсько-Петропавлівському, Красноармійському, Донецько-Макіївському, Алмазно-Мар'ївському та Довжано-Ровенецькому.

Підставою для вибору зазначених районів було те, що вони представлені різними тектонічними блоками Донбасу, та змінюються від найменш дислокованих, Павлоградсько-Петропавлівського та Красноармійського, до більш дислокованих Донецько-Макіївського, Алмазно-Мар'ївського та Довжано-Ровенецького районів. Породи зазначених районів вміщують вугілля майже всіх марок, від Д до А, що дає змогу дослідити пісковики всіх трьох підстадій катагенезу – ранньої, середньої та пізньої. Підстадія катагенезу порід умовно визначається за технологічними марками вугілля або вмістом летких компонентів (Довідник з літології, 1983).

Загальна характеристика об'єктів та об'ємів дослідження наведена у таблиці 1.

Таблиця 1 - Характеристика об'єктів та об'ємів дослідження

Дослідження закритої пористості в уламкових зернах пісковиків				
Назва геолого-промислового району	Шахта	Індекс пісковика	Марка прилеглого вугілля	Кількість вимірювань
Павлоградсько-Петропавлівський	Благодатна	C ₅ Sc ₇	Д	45
	діл. Брагинівська	C ₁₀ Sc ₁₂	Г	120
Красноармійський	Курахівська	I ₁ Sl ₂	Д, Г	120
	ім. О.Г.Стаханова	I ₂ Sl ₂ ¹ L ₇ Sl ₇	ГЖ, Ж	195
Донецько-Макіївський	ім. О.Ф. Засядька	I ₁ Sl ₂ ¹ L ₁ Sl ₁	Ж, К	180
Алмазно-Мар'ївський	Санжарівська площа	m ₃ SM ₄ m ₆ ² Sm ₆ ³ O ₁ SO ₂	К, ПС, П	495
Довжано-Ровенецький	Ровеньківська	h ₁₀ Sh ₁₁	А	75
Загальна кількість:				1230

На основі виконаних оптичних досліджень кварцових зерен пісковиків Донбасу розроблена методика визначення об'ємів газових включень в уламкових зернах зазначених порід, яка детально описана у п'ятому розділі.

Для обробки отриманих даних використовувався комплекс методів математичної статистики, зокрема кореляційний та дисперсійний аналізи.

У Розділі III «ГЕОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНІВ ДОСЛІДЖЕННЯ» наводяться дані, щодо стратиграфії та тектоніки районів дослідження, а також дані щодо колекторських властивостей пісковиків та їх викиднебезпечності.

Донецький басейн в геотектонічному плані є політипним утворенням. Для центральної частини басейну характерні риси геосинклінального типу формацій, в той час як для бортових частин притаманним є субплатформенний тип формацій.

В стратиграфічному плані, в будові басейну беруть участь потужні товщі палеозойських, мезозойських та кайнозойських відкладів. Особливістю басейну є наявність повного розрізу кам'яновугільної системи. Найбільш вугленосним є середній карбон, потужність відкладів якого коливається у межах 2500-2800 м.

В Донецькому басейні суттєву роль відіграє тектоніка. Басейн ускладнений системою складок та численними розривними дислокаціями, основними з яких є насуви, скиди та підкиди.

Для вирішення сформульованих в дисертаційній роботі завдань, автором роботи використовувалися проби, які були відібрані в п'яти геолого-промислових районах Донецького басейну – Павлоградсько-Петропавлівському, Красноармійському, Донецько-Макіївському, Алмазно-

Мар'ївському та Довжано-Ровенецькому. Підставою для вибору цих районів стало те, що вони вміщують породи різних підстадій катагенезу та відрізняються в тектонічному плані.

Павлоградсько-Петропавлівський та Красноармійський райони знаходяться в прибортовій частині басейну, слабо дислоковані, вміщують вугілля марок Д, Г, Ж, К. Донецько-Макіївський та Алмазно-Мар'ївський райони є перехідною частиною басейну, сильніше дислоковані у порівнянні з районами прибортової частини басейну, вміщують вугілля марок Ж, К, ПС, П. Довжано-Ровенецький район знаходиться у центральній частині басейну, сильно дислокований, вміщує вугілля марки А.

Ступінь катагенетичних перетворень та тектонічної дислокованості обумовили колекторські властивості порід та вірогідність прояву газодинамічних явищ у вугільних шахтах.

Найкращий колекторський потенціал мають пісковики Павлоградсько-Петропавлівського району. Показник відкритої пористості порід сягає 20 %, газопроникність до 50 Мд. До найбільш неперспективних у відношенні скупчень вільного газу відноситься Довжано-Ровенецький район, в якому показники пористості для пісковиків коливаються у межах 1,6-4,2 % та проникності 0,0025-0,028 Мд.

З представлених районів викиди порід та газу мають місце у Красноармійському, Донецько-Макіївському та Алмазно-Мар'ївському районах. Найбільша кількість випадків викидів порід і газу характерна для Донецько-Макіївського геолого-промислового району, у світах C_2^3 , C_2^5 , C_2^6 , C_2^7 , C_3^1 .

У **Розділі IV «ТИПИ ПОРИСТОСТІ ТА МЕТОДИ ЇХ ДОСЛІДЖЕННЯ»** наводяться дані щодо перетворення різних типів пористості порід Донбасу під впливом катагенезу.

Особлива увага приділена дослідженню закритої пористості пісковиків басейну. Зокрема встановлено, що при подрібненні породи в лабораторних умовах для розрахунку показника загальної пористості, породу розмелюють до розміру пороодоутворюючих зерен. Такий метод не дозволяє в повній мірі відкрити частину мікропор, представлену газовими включеннями, які містяться в зернах породи (рис. 1). Тобто, при визначенні показника закритої пористості розрахунковим методом, за різницею між показниками загальної та відкритої пористості, враховується тільки той об'єм закритих пор, який міститься у цементі породи.

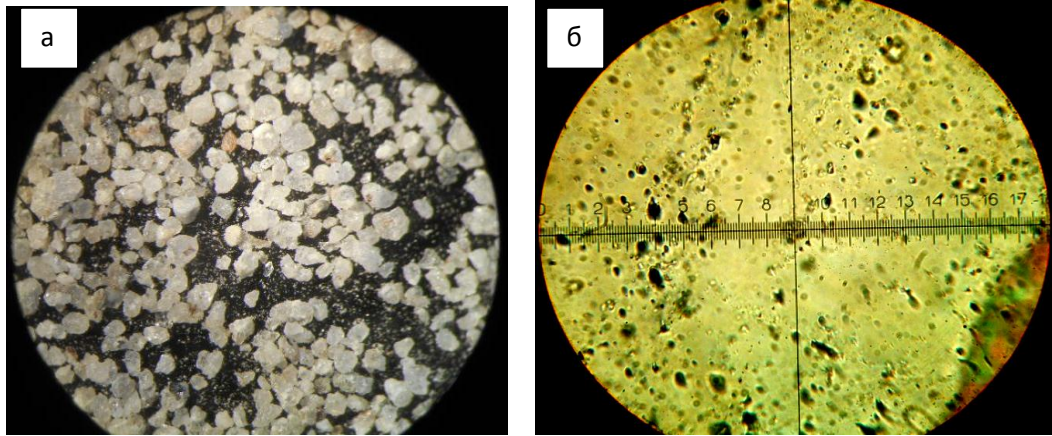


Рис. 1 Проба пісковика 3525, L₇Sl₇, ш. ім. О.Г. Стаханова, Красноармійський геолого-промисловий район: (а – залишки проби пісковика після подрібнення для визначення показника загальної пористості, зб. 16^x; б – кварцове зерно в шліфі пісковика з газовими включеннями, зб. 1200^x)

Розміри частинок проби пісковика, після його подрібнення для розрахунку показника загальної пористості, значно вищі за розміри включень, які знаходяться в уламкових зернах тієї ж проби (табл. 2). Звичайно, що при подрібненні проби в лабораторних умовах, частина газових включень розкривається. Перш за все, сприяють цьому мікрореформації уламкових зерен, зокрема смужки Бьома, які є ослабленими зонами. Але певна частина газових мікровключень в уламкових зернах пісковиків залишається, і як видно з таблиці 2 об'єми їх можуть сягати 4 %.

Таблиця 2 – Порівняльний аналіз розміру кварцових зерен та розміру газових включень, які містяться в них, після подрібнення породи для розрахунку показника загальної пористості

Геолого-промисловий район	Марка прилеглого вугілля	Зразок пісковика	Розмір кварцових зерен, мм	Розмір включень в кварцових зернах, мм	Об'єм включ., %
Красноармійський (ш. ім. О.Г. Стаханова)	ГЖ	3525	$\frac{0,15 - 1,45}{0,48}$	$\frac{0,0012 - 0,0021}{0,0015}$	4,0
Алмазно-Мар'ївський (Санжарівська площа)	К	3960	$\frac{0,15 - 2,2}{0,7}$	$\frac{0,00076 - 0,00127}{0,0011}$	3,2
	П	3954	$\frac{0,2 - 1,95}{0,73}$	$\frac{0,0007 - 0,0019}{0,0012}$	2,4

Проведені дослідження дають підставу стверджувати, що закрита пористість порід представлена двома типами. Перший тип – це ізольовані пори в цементуючій речовині породи. Він визначається за різницею між показниками загальної та відкритої пористості. Другий тип – це численні, переважно газові включення, в породоутворюючих зернах порід. Цей тип закритої пористості утворюється за рахунок міграції певної частини флюїду з відкритих пор та тріщин газоносних порід в мікродеформації породоутворюючих зерен, після заліковування яких вторинним кварцом, формуються численні мікропори. Для більш повного розуміння терміну «закрита пористість» доцільно поділити її на цементну та зернову.

При визначенні показника загальної пористості, породу доцільно подрібнювати до частинок мікронного розміру. Це дасть можливість отримати додатковий об'єм пористості за рахунок мікропор уламкових зерен. Іншим методом отримання показників додаткового об'єму пористості є розроблена автором методика, використання якої дозволяє отримувати прямі результати якості та кількості включень в уламкових зернах порід. Результати, які отримані за її допомогою, описані у п'ятому розділі дисертаційної роботи.

У **Розділі V «ОПТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКРИТОЇ ПОРИСТОСТІ ПОРІД»** наводяться результати оптичного вивчення закритої пористості у кварцових зернах пісковиків Донбасу. Дослідження проводилися у прозорих шліфах за допомогою оптичного мікроскопа ПОЛАМ Р-111, при збільшенні 1200 крат із застосуванням імерсійної рідини.

У кварцових зернах пісковиків Донбасу газові включення можуть бути ізольованими, імовірно первинними, або формувати смужки Бьома, подальша трансформація яких утворює так звану «губчасту» структуру (рис. 2).

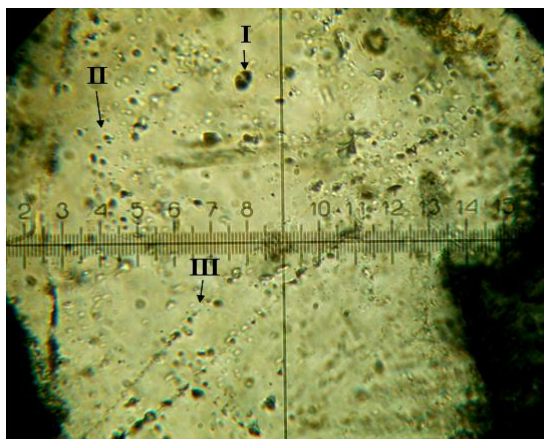


Рис. 2 Шліф пісковика L_7Sl_7 (кварцеве зерно), шх. ім. О.Г. Стаханова, глибина відбору проби 986 м, зб. 1200 $\times$: I – первинне включення; II – «губчаста» структура; III – смужки Бьома.

Особлива увага приділялась дослідженню включень смужок Бьома та «губчастої» структури, оскільки ці включення утворилися безпосередньо в умовах Донецького басейну (В.А. Баранов, 1989).

Смужки Бьома - це мікроструктурні деформації кварцових зерен, які декоровані газовими, рідше газорідинними, включеннями. Включення смужок Бьома є вторинними утвореннями, які сформувалися при трансформації вугленосного басейну в умовах катагенезу порід і дії тектоніки.

Утворення «губчастої» структури зумовлене тим, що газові включення знаходяться під великим тиском, та «прагнуть» до енергетичної рівноваги. Саме це й призводить до подрібнення включень. Найбільша кількість кварцових зерен з «губчастою» структурою характерна для пісковиків середньої підстадії катагенезу. При підвищенні ступеня катагенетичних перетворень (кінець середнього, початок пізнього катагенезу) включення подрібнюються до найменшого розміру та формують пори розміром в соті та тисячні долі мікрон. Надалі газ мігрує з зерен в зони меншого тиску, на границі зерен або в міжзерновий простір (В.А. Баранов, 2000).

Дослідження кварцових зерен пісковиків відібраних в межах розвитку вугілля марок Д-А показало, що середній розмір вторинних флюїдних включень у кварцових зернах карбонових пісковиків Донбасу змінюється від 1,5 до 0,75 мкм. Загалом, розмір вторинних включень зменшується за лінійною залежністю, при зростанні ступеня катагенезу порід (рис. 3).

Варто зазначити, що мінімальний розмір включень 0,3 мкм, показаний на рис. 3 це той розмір, який можливо побачити при дослідженні шліфів при збільшенні 1200 крат. Звичайно, що дослідження при збільшеннях які перевищують 1200 крат, дозволять встановити менші за розміром включення.

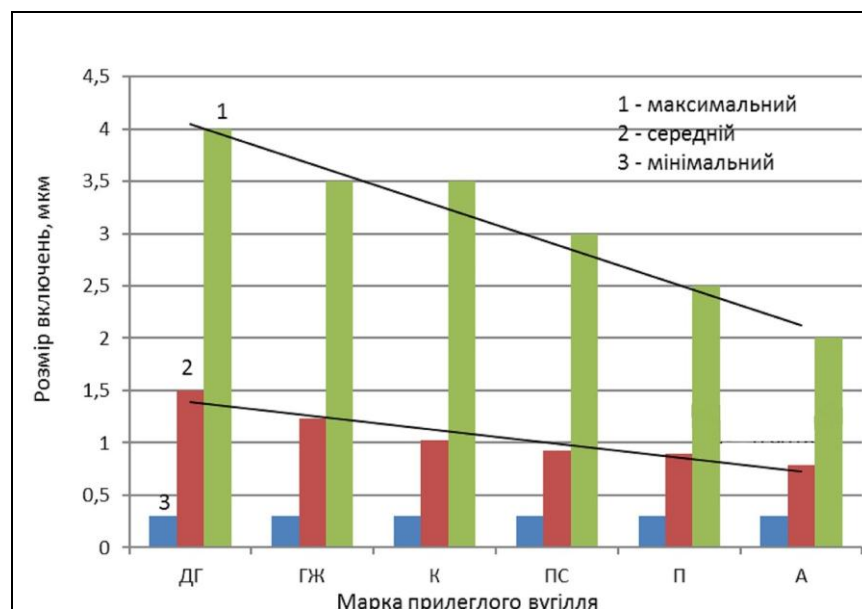


Рис. 3 Вплив катагенезу на розмір газових включень у кварцових зернах пісковиків

На основі оптичних досліджень закритої пористості в уламкових зернах пісковиків Донбасу розроблена методика визначення об'ємів газових включень у кварцових зернах зазначених порід.

Суть методики полягає у тому, що об'єм газового включення визначається через співвідношення площі цього включення до площі ділянки, що досліджується, уламкового зерна у шліфі породи. Тож вибравши інформативну ділянку уламкового зерна необхідно прив'язати її до правильної геометричної форми. Після того, як відома площа ділянки, необхідно підрахувати площу всіх включень, які знаходяться на цій ділянці.

У відсотковому співвідношенні, за формулою (1), визначаємо об'єм включень в уламковому зерні породи:

$$V_{\text{вкл.}} = (S_{\text{вкл.}}/S_{\text{д.д.}}) \times 100 \% \quad (1)$$

де $V_{\text{вкл.}}$ – загальний об'єм газових включень;

$S_{\text{вкл.}}$ – загальна площа включень;

$S_{\text{д.д.}}$ – площа досліджуваної ділянки.

За допомогою даної методики встановлено додаткові об'єми газу, які містяться у кварцових зернах пісковиків Донбасу. На дану розробку отримано патент України № 132277.

Варто зазначити, що ті об'єми газу, які ми отримуємо за допомогою описаної методики не є абсолютними. При дослідженні шліфів пісковиків при збільшенні 1200 крат з застосуванням імерсійної рідини, мінімальний розмір включень (які можна ідентифікувати) складає 0,3 мкм. Проведення дослідження при більших збільшеннях дозволило би побачити дрібніші включення і відповідно встановити додаткові об'єми газу.

За допомогою запропонованої методики встановлено, що об'єми зернової закритої пористості змінюються за поліноміальною залежністю при зростанні ступеня катагенетичних перетворень (рис. 4).

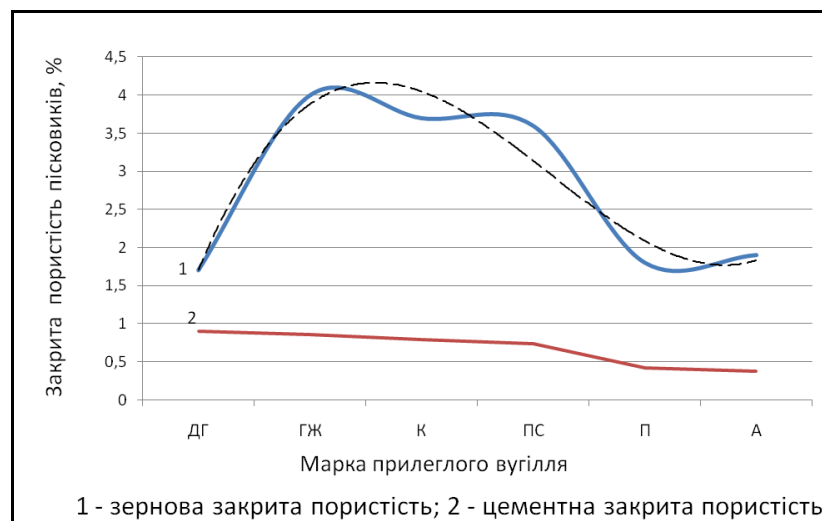


Рис. 4 – Вплив катагенезу на перетворення закритої пористості пісковиків Донбасу

Для ранньої підстадії катагенезу характерні незначні об'єми, які складають приблизно 2 %. Це пов'язано з тим, що мікрODEФОРМАЦІЇ у кварцових зернах

починають появлятися та поступово заліковуватися флюїдом саме на ранній підстадії. Найбільші об'єми зернової закритої пористості пісковиків характерні для середньої підстадії катагенезу і сягають 4 %. Для середньої підстадії катагенезу характерна найбільша кількість мікродеформацій. Газові включення в цих мікродеформаціях, мають чіткі форми, розміри. Саме пісковики середньої підстадії катагенезу є найбільш інформативним з точки зору вивчення газових включень в уламкових зернах порід Донбасу. На пізній підстадії катагенезу об'єми газових включень зменшуються та сягають 2 %. Це пов'язано з тим, що на пізній підстадії катагенезу, під впливом великого тиску, починає перетворюватись структура кварцу. Монолітне зерно перетворюється на агрегат, його частини очищуються, деформації та мікрровключення переходять на границі зерен.

Об'єми зернової закритої пористості в 1,5-2 рази перевищують показники цементної закритої пористості та досягають максимальних значень 3-4 % в газоносних пісковиках середньої підстадії катагенезу.

На підставі проведених досліджень встановлено й описано онтогенез вторинних флюїдних включень у кварцових зернах пісковиків Донбасу в залежності від підстадій катагенезу. Його суть полягає у зародженні флюїдних включень на ранній підстадії катагенезу, коли у кварцових зернах починають з'являтися мікротріщини, які поступово заліковуються флюїдним розчином, формуванні окремих мікрровключень, збільшенні їх кількості та перетворенні на середній підстадії катагенезу та анігіляції на пізній підстадії катагенезу, коли під дією високого тиску включення починають подрібнюватися до найменших розмірів.

За допомогою кореляційного та дисперсійного аналізів встановлено відсутність впливу сучасної глибини залягання порід на об'єм флюїдних включень у кварцових зернах пісковиків ($r = -0,24$) та залежність середнього значення об'єму включень від ступеня катагенезу порід.

Практичне значення дослідження зернової закритої пористості полягає у тому, що її показники можуть суттєво доповнювати показники загальної пористості порід. Особливо це має значення на середній підстадії катагенезу порід, коли їх значення є максимальними. Так, наприклад, для пісковиків шахти ім. О.Г. Стаханова (Красноармійський геолого-промисловий район, марка прилеглого вугілля ГЖ) коефіцієнт загальної пористості в середньому складає 10,4 %. Враховуючі додаткові 4 % зернової закритої пористості, він сягає 14,4 %. Для пісковиків шахти ім. О.Ф. Засядька (Донецько-Макіївський геолого-промисловий район, марка прилеглого вугілля ЖК) коефіцієнт загальної пористості в середньому складає 9,1%, але з урахуванням зернової закритої пористості зростає до 12,8 %.

Показники зернової закритої пористості необхідно враховувати при прогнозуванні термічних та газодинамічних явищ у вугільних шахтах. Максимальні показники зернової закритої пористості встановлені для пісковиків середньої підстадії катагенезу. Саме для цього інтервалу порід характерна найбільша кількість газодинамічних явищ. Значні об'єми флюїдних

включень, у сукупності з додатковим тиском вуглепородного масиву, можуть виступати додатковим імпульсом для їх прояву.

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, у якій на основі встановлених закономірностей перетворення закритої пористості порід вирішена актуальна науково-прикладна задача – вдосконалення методів дослідження пористості порід для вирішення питань прогнозу газодинамічних та термічних явищ у вугільних шахтах Донбасу. Проведені дослідження дозволили сформулювати основні висновки, які визначають наукове та практичне значення роботи:

1. Вперше виділено новий підтип закритої пористості – зерновий, який утворюється за рахунок чисельних газових включень в уламкових зернах пісковиків. На підставі цього обґрунтовано доцільність розділення закритої пористості порід на два підтипи – цементний (ізольовані пори, які знаходяться в цементуючій речовині породи) та зерновий (флюїдні включення в породоутворюючих зернах породи).

2. Встановлено, що розмір флюїдних включень у кварцових зернах карбонових пісковиків Донбасу зменшується за лінійною залежністю при зростанні ступеня катагенетичних перетворень;

3. Визначено, що середні показники об'єму зернової закритої пористості в 1,5 – 2 рази перевищують середні показники цементної закритої пористості.

4. Встановлено, що об'єми зернової закритої пористості змінюються за поліноміальною залежністю при зростанні ступеня катагенетичних перетворень. Максимальні показники об'ємів зернової закритої пористості характерні для середньої підстадії катагенезу та складають 3,5-4 %. Ці показники необхідно враховувати як додаткові при дослідженні пористості порід.

5. Визначено, що сучасна глибина залягання порід не впливає на перетворення об'ємів флюїдних включень у кварцових зернах пісковиків Донбасу. Між зазначеними показниками встановлено низький кореляційний зв'язок ($r = -0,24$).

6. Встановлено й описано онтогенез вторинних флюїдних включень у кварцових зернах пісковиків Донбасу в залежності від підстадії катагенезу, суть якого полягає у зародженні флюїдних включень на ранній підстадії катагенезу, коли у кварцових зернах починають з'являтися мікротріщини, які поступово заліковуються флюїдним розчином, формуванні окремих мікрровключень, збільшенні їх кількості та перетворенні на середній підстадії катагенезу й анігіляції на пізній підстадії катагенезу, коли під дією високого тиску включення починають подрібнюватися до найменших розмірів.

7. Обґрунтовано необхідність брати до уваги показники зернової закритої пористості при прогнозуванні газодинамічних явищ (ГДЯ) у вугільних шахтах, враховуючи, що максимальні показники зернової закритої пористості

встановлені для пісковиків середньої підстадії катагенезу та те, що саме для цього інтервалу порід характерна найбільша кількість ГДЯ.

8. Розроблено методику визначення об'єму газових включень в уламкових зернах порід за допомогою оптичного мікроскопа. На дану розробку отримано патент України № 132277.

Достовірність отриманих результатів дисертаційної роботи ґрунтується на достатньому обсязі експериментальних досліджень і фактичних даних, на науковому аналізі отриманих і відомих з літератури фактів та на застосуванні надійних методів обробки цієї інформації.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні результати дисертації

1. Antipovich Y.V. The transformation of carbonic sandstone porosity of the Donbass / Y.V. Antipovich // Збірник наукових праць Інституту геологічних наук. – 2014. – Том 7, с. 48-51.
2. Антипович Я.В. Влияние палеоглубины на преобразование газовых включений в кварце карбоновых песчаников Донбасса / Я.В. Антипович // Геотехническая механика. – 2015. – Вып. 123, с. 238-243.
3. Антипович Я.В. Установление объемов газовых включений в кварце песчаников Донбасса / Я.В. Антипович // Геотехническая механика. – 2016. – Вып. 130, с. 72-77.
4. Антипович Я.В. Закономерности изменений абсолютной пористости угля и песчаников Донбасса / Я.В. Антипович // Геотехническая механика. – 2017. – Вып. 136, с. 95-100.
5. Baranov V.A. The results of the research of sandstones closed porosity / V.A. Baranov, Y.V. Antipovich // Journal of geology, geography, and geoecology. – 2018. – Vol. 27 (3), p. 414-421. *(особистий внесок – розробка методики визначення об'єму газових включень в кварцових зернах пісковиків Донбасу).*
6. Баранов В.А. Геологические процессы в осадочных породах / В.А. Баранов, В.А. Кириченко, Я.В. Антипович // Геотехническая механика. – 2018. – Вып. 139, с. 179-194. *(особистий внесок – збір та аналітичний огляд інформації щодо основних геологічних процесів які відбуваються в осадочних породах).*
7. Антипович Я.В. Методика визначення закритої пористості в уламкових зернах порід / Я.В. Антипович // Геотехническая механика. – 2018. – Вып. 142, с. 67-72.
8. Baranov V.A. Influence of the gas inclusions in quartz grains of sandstones on outburst of rocks / V.A. Baranov, Y.V. Antipovich // Traditions and innovations of resource-saving technologies in mineral mining and processing. Multi-authored monograph. – Petroani, Romania: UNIVERSITAS Publishing, 2019. – p. 403-415. *(особистий внесок – опис методики дослідження закритої пористості порід та отриманих результатів).*

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

9. Антипович Я.В. Особенности изменения пористости в углях и песчаниках Донбасса / Я.В. Антипович // Матеріали IV всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених: «Наукова весна 2013» 29 березня 2013 р., м. Дніпропетровськ. Дніпропетровськ: НГУ, 2013. – с. 215-216.
10. Антипович Я.В. Особенности преобразования коллекторских свойств песчаников в условиях раннего катагенеза / Я.В. Антипович // Матеріали міжнародної конференції: «Форум гірників – 2013» 2-5 жовтня 2013 р., м. Дніпропетровськ. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2013. – с. 69-71.
11. Антипович Я.В. Трансформация коллекторских свойств песчаников Донбасса / Я.В. Антипович // Матеріали міжнародної наукової конференції: «Сучасні проблеми літології осадових басейнів України та суміжних територій» 6-11 жовтня 2014 р., м. Київ. Київ: Інститут геологічних наук НАН України, 2014. – с. 19.
12. Антипович Я.В. Исследование газовых включений в породообразующих зернах карбоновых песчаников Донбасса / Я.В. Антипович // Тези доповідей III Міжнародного форуму студентів, аспірантів і молодих вчених, 23-24 квітня 2015 р., м. Дніпропетровськ. Дніпропетровськ: Дніпропетровський національний університет, 2015. – с. 325-327.
13. Antipovich Y. The perspectives of coalbed methane extraction in the Donets basin / Y. Antipovich // Тези доповідей 10-го міжнародного форуму студентів і молодих вчених: «Розширюючи обрії» 23-24 квітня 2015 р., м. Дніпропетровськ. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2015. – с. 9.
14. Антипович Я.В. Трансформация включений в кварцевых зернах песчаников / Я.В. Антипович // Материалы минералогического семинара: «Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения – 2018)» 22-24 мая 2018 г., г. Сыктывкар. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2018. – с. 176-177.
15. Антипович Я.В. Возможности усовершенствования определения пористости пород / Я.В. Антипович // Матеріали наукової конференції: «Сучасні проблеми літології осадових басейнів України та суміжних територій» 24-26 вересня 2018 р., м. Київ. Київ: Інститут геологічних наук НАН України, 2018. – с. 13.
16. Баранов В.А. Метастабільність включень у пісковиках Донбасу / В.А. Баранов, Я.В. Антипович // Тези наукової конференції, присвяченої 50-річчю Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка: «Здобутки і перспективи розвитку геологічної науки в Україні» 14-16 травня 2019 р., м. Київ. Київ: Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка, 2019. – Т.1, с. 128-129.

Авторські свідоцтва і патенти

17. Патент 132277, Україна, МПК G01V9/00(2018) Спосіб визначення об'єму газових включень в уламкових зернах порід / Баранов В.А., Антипович Я.В.;

власник Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України. - № 11 2018 07537; заявл. 05.07.2018; опубл. 25.02.2019, Бюл. № 4.

Наукові праці, які додатково відображають результати дисертації:

18. Antipovich Y. Influence of catagenesis on the transformation of sandstone porosity of the Donetsk Basin / Y. Antipovich // Modern Science. – 2018. – Vol. 5, p.112-117.

АНОТАЦІЯ

Антипович Я.В. Особливості трансформації закритої пористості пісковиків Донбасу. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 04.00.01 – загальна та регіональна геологія (103 Науки про Землю). – Інститут геологічних наук НАН України, Київ, 2019.

Дисертаційну роботу присвячено встановленню закономірностей трансформації закритої пористості карбонів пісковиків Донбасу в залежності від катагенетичних перетворень порід.

За результатами виконаних досліджень вперше виділено новий підтип закритої пористості – зерновий, на підставі чого запропоновано поділяти закриту пористість порід на цементну (ізольовані пори в цементуючій речовині породи) та зернову (газові включення в породоутворюючих зернах породи).

За допомогою оптичних досліджень встановлено, що розмір газових включень у кварцових зернах пісковиків Донбасу зменшується за лінійною залежністю при зростанні ступеня катагенезу порід. Середній розмір вторинних газових включень у кварцових зернах пісковиків Донбасу змінюється від 1,5 до 0,75 мкм.

За допомогою розробленої автором методики встановлено об'єми газових включень в уламкових зернах пісковиків Донбасу, максимальні значення яких сягають 3,5-4 % на середній підстадії катагенезу порід.

Обґрунтовано необхідність брати до уваги показники зернової закритої пористості при прогнозуванні газодинамічних явищ у вугільних шахтах, враховуючі, що максимальні показники зернової закритої пористості встановлені для пісковиків середньої підстадії катагенезу та те, що саме для цього інтервалу порід характерна найбільша кількість газодинамічних явищ.

Ключові слова: газові включення, кварцові зерна, пісковики, катагенез, Донбас.

АННОТАЦИЯ

Антипович Я.В. Особенности трансформации закрытой пористости песчаников Донбасса. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата геологических наук (доктора философии) по специальности 04.00.01 – общая и региональная

геология (103 Науки о Земле). – Институт геологических наук НАН Украины, Киев, 2019.

Диссертационная работа посвящена установлению закономерностей трансформации закрытой пористости карбоновых песчаников Донбасса в зависимости от катагенетических преобразований пород.

По результатам выполненных исследований впервые выделен новый подтип закрытой пористости – зерновой, на основании чего предложено разделять закрытую пористость пород на цементную (изолированные поры в цементирующем веществе породы) и зерновую (газовые включения в породообразующих зернах породы).

С помощью оптических исследований установлено, что размер газовых включений в кварцевых зернах песчаников Донбасса уменьшается по линейной зависимости при увеличении степени катагенеза пород. Средний размер вторичных газовых включений в кварцевых зернах песчаников Донбасса изменяется от 1,5 до 0,75 мкм.

С помощью разработанной автором методики установлены объемы газовых включений в обломочных зернах песчаников Донбасса, максимальные значения которых достигают 3,5-4% на средней подстадии катагенеза пород.

Обоснована необходимость учитывать показатели зерновой закрытой пористости при прогнозировании газодинамических явлений в угольных шахтах, поскольку ее максимальные показатели установлены для песчаников средней подстадии катагенеза, для которой характерно наибольшее количество газодинамических явлений.

Ключевые слова: газовые включения, кварцевые зерна, песчаники, катагенез, Донбасс.

ABSTRACT

Antipovich Ya.V. Features of the sandstones closed porosity transformation of the Donbas. – Manuscript.

Thesis for the degree of a Candidate of Geological Sciences (Ph.D.) in specialism area 04.00.01 – General and Regional Geology (103 - Earth Sciences). – Institute of Geological Sciences of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2019.

The thesis is devoted to establishing the regularities the transformation of the closed porosity of the carbonic sandstones of the Donbas, depending on the catagenetic changes of the rocks.

Based on the results of the studies, a new subtype of closed porosity – grain one, was first identified, based on which it was proposed to divide closed porosity of rocks into cement one (isolated pores in the cementing material of the rock) and grain one (gas inclusions in rock-forming grains).

Grain closed porosity is formed with numerical inclusions in the fragments of sandstones. Inclusions are mainly gas, less gas-liquid. Most of the gas inclusions were formed directly in the Donetsk Basin, during catagenetic processes. The

peculiarity of gas inclusions of quartz grains of Donbas sandstones is their small size. On average, they are 1.5-2 microns.

Electronic and optical microscopy methods were used to study the grain porosity. The most informative method was optical microscopy, at magnification 1200 times with the using of an immersion liquid.

The preparations used were thin section of carbon sandstones of the Donbas, which were made from samples taken in areas of distribution of various coal grades. Due to this it was possible to determine the size of micropores, their number, shape, volume, patterns of changes, depending on the degree of conversion of rocks in conditions of catagenesis. Inclusions and microdeformations were taken into account in quartz grains with a size of at least 0.05 mm, which corresponds to the minimum grain size of the sand fraction.

Using optical studies, it was found that the size of gas inclusions in quartz grains of sandstones of the Donbas decreases linearly with increasing degree of rock catagenesis.

Using the developed technique, the volumes of gas inclusions in clastic grains of sandstones of the Donbas have been established, the maximum values of which reach 3-4% at the middle stage of rock catagenesis.

It was established that the volumes of grain closed porosity in average 1.5-2 times exceed the indicators of cement closed porosity. If the indicator of closed porosity, which is calculated for the difference between total and open porosity, for sandstones in the Donbas is on average 1-2%, then depending on the grain porosity, it can reach 4% or more.

The obtained results are important for the study of porosity of rocks. It is known that porosity is one of the indicators that are taken into account when forecasting gas-dynamic phenomena and prediction of reservoir properties of rocks. When establishing the absolute porosity index, it is important to take into account the volume of closed pores, which is found in the grains of rocks, in the form of gas inclusions. This will allow getting more accurate data of the indicators.

The necessity of taking into account the parameters of closed grain porosity when predicting gas-dynamic phenomena in coal mines is substantiated, since its maximum values are established for sandstones of the middle stage of catagenesis, which is characterized by the greatest number of gas-dynamic phenomena.

Key words: gas inclusions, quartz grains, sandstones, catagenesis, Donbas.