

УДК 553.981.2: 550.4

Антипович Я.В., аспирант
(ИГТМ НАН Украины)

**ВЛИЯНИЕ ПАЛЕОГЛУБИНЫ НА ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ГАЗОВЫХ
ВКЛЮЧЕНИЙ В КВАРЦЕ КАРБОНОВЫХ ПЕСЧАНИКОВ ДОНБАССА**

Антипович Я.В., магістр, аспірант
(ИГТМ НАН України)

**ВПЛИВ ПАЛЕОГЛУБИНИ НА ПЕРЕТВОРЕННЯ ГАЗОВИХ
ВКЛЮЧЕНЬ У КВАРЦІ КАРБОНОВИХ ПІСКОВИКІВ ДОНБАСУ**

Antipovich Y.V., Doctoral student
(IGTM NAS of Ukraine)

**IMPACT OF PALEODEPTH ON TRANSFORMATION OF GAS
INCLUSIONS IN QUARTZ OF DONBASS CARBONATE SANDSTONES**

Аннотация. Представлены результаты исследования газовых включений в кварцевых зернах песчаников. С целью изучения влияния палеоглубины на преобразование данных включений использовались шлифы представленные песчаниками карбонового возраста, отобранными в районах распространения углей марок Д, Г, Ж и А. Шлифы исследовались под оптическим микроскопом при увеличении от 100 до 1200 крат.

В ходе исследования газовых включений кварцевых зерен песчаников особое внимание уделялось ранней и поздней стадии их преобразования (песчаники, вмещающие угли марок Д и А), что позволяет дополнить существующие данные и дать полную характеристику влияния палеоглубины на преобразование данных включений.

В результате сделаны выводы, что с палеоглубиной песчаников трансформируется форма включений, уменьшается их размер, стабилизируется давление во включениях, отвечающее тем условиям, в которых находится исследуемая порода в данный момент преобразований.

Данные исследования имеют определенный практический интерес, поскольку газовые включения могут служить индикатором степени преобразования пород и частично ответить на вопрос об изменении газовой составляющей закрытой пористости песчаников с увеличением температуры и давления в угленосном массиве.

Ключевые слова: палеоглубина, газовые включения, микротрещины, полосы Бёма.

Перспективным районом добычи угольного газа как попутного энергетического сырья является Донецкий бассейн. По разным оценкам общие ресурсы метана в угленосной толще Донбасса (на глубинах от 500 до 1800 м) составляют от 12 до 25 трлн. м³. По мнению ученых, объем и качество углеводородных газов в угленосной толще Донбасса позволяют рассматривать его в качестве газугольного месторождения, эксплуатация которого должна быть комплексной с целью снижения газовыделений в горные выработки шахт, а так же получения в промышленных масштабах нетрадиционного вида газового сырья [1, 2].

Для решения проблемы поисков и добычи угольного метана необходимы многогранные исследования условий образования и преобразования метановых

скоплений, формы нахождения метана в породах, качественный и количественный анализ пористости и проницаемости газосодержащих пород и ряд других задач.

В Донбассе основными коллекторами свободного газа являются песчаники. В отличие от коллекторов классических газовых месторождений они обладают повышенной плотностью и невысокими значениями пористости и проницаемости. Газ в песчаниках находится как в свободной фазе, в сообщающихся порах и трещинах, так и в замкнутых (закрытых) порах. Одной из форм нахождения газа в песчаниках являются включения в породообразующих зернах кварца. Включения представлены метаном (~ 60 %), углекислым газом (~ 30 %) и азотом (~ 10 %) [3].

Цель данной работы, заключается в исследовании влияния палеоглубины на преобразование газовых включений в кварцевых зернах пород посредством изучения шлифов песчаников, вмещающих угли различных марок.

Под палеоглубиной понимается максимальная глубина, которую достигла порода в процессе формирования осадочного бассейна, когда испытывала максимальные давления и температуру. Условно палеоглубина пород определяется по марке близлежащего угля и так же характеризует степень преобразования породы.

Как известно, с увеличением палеоглубины (степени преобразования) породы уплотняются, уменьшается их пористость и проницаемость. При этом, в работе [4] доказано, что часть газа, находящаяся в порах песчаников, в результате их уплотнения, под большим давлением, диффузионным путем проникает в зоны развития пластических деформаций, формируя полосы Бёма (бёмовскую штриховку).

Впервые эти полосы были описаны немецким петрографом Августом Бёмом [5]. При описании альбитового и хлоритового гнейса, слюдистого и кварцитового сланца он указывает на присутствие многочисленных цепочек газовых включений. Эти цепочки были выявлены им в различных минералах, слагающих указанные породы: в кварце, мусковите, полево шпате. Он отмечает, что во многих шлифах кварц пронизан трещинами и микропорами, в которых находится много включений и эти полосы расположены рядами, местами пересекающимися. Так же он отмечает хаотически рассеянные включения, в некоторых из них наблюдаются движущиеся пузырьки.

В конце XX в этот вопрос рассматривался в ИГТМ НАН Украины при изучении микроструктурных деформаций породообразующего кварца песчаников нижнего и среднего карбона Донецкого бассейна. В результате исследований кварцевых зерен песчаников отобранных в пределах развития углей марки Г, Ж, К, ОС, полосы Бёма были выделены как отдельный тип микроструктурной деформации, представляющий собой выходы плоскостей скольжения, декорированные газовыми и газожидкими включениями, на поверхность среза или скола зерна. Преобладающее развитие полосок Бёма в кварцевых зернах песчаников Донбасса объяснялось повышенным содержанием газов, которые образуются в процессе углефикации из углей и

рассеянной органики в углевмещающих отложениях. Указанные полосы повсеместно отмечаются в зернах кварца песчаников, отобранных в пределах развития угля марок Г, Ж, К, ОС. С увеличением степени преобразования пород, в кварцевых зернах песчаников вмещающих угли марок К, ОС, Т, параллельно происходит деление газовых включений из крупных в более мелкие, термодинамические более устойчивые [4].

Несмотря на уже полученные результаты исследований природы газовых включений и их связи с преобразованием пористости пород [6], данная проблема требует более детального изучения. Особое внимание необходимо уделить ранним (угли марки Д) и поздним (угли марки А) стадиям преобразований пород, поскольку данный вопрос в предыдущих исследованиях рассматривался недостаточно.

Чтобы правильно описать процесс преобразования газовых включений, под действием изменяющихся условий, была сформулирована задача детального исследования включений в кварцевых зернах песчаников вмещающих угли различных марок. Для решения данной задачи исследовались шлифы песчаников, отобранные в районах распространения углей марок Д, Г (песчаник l_1Sl_2 , глубина отбора 450 м, ш. Кураховская, Красноармейский район), Ж (песчаник $l_3^1Sl_5$, глубина отбора 1139 м, ш. им. А.Г. Стаханова, Красноармейский район) и А (песчаник $h_7^6Sh_8^6$, глубина отбора 480 м, ш. Ровеньковская, Должанско-Ровенецкий район).

Шлифы исследовались с использованием микроскопа ПОЛАМ – Р111 при увеличении от 100 до 1200 крат с применением иммерсионной жидкости. Включения и микродеформации учитывались в кварцевых зернах при их размере не менее 0,05 мм, который соответствует минимальному размеру зерен песчаной фракции. Поскольку, увеличение 100 крат не позволяет детально рассмотреть включения и микродеформации в кварцевых зернах, последующие исследования проводились при увеличении 1200 крат с иммерсией.

Для зерен кварца песчаников, отобранных в районах распространения углей марок Д, Г характерно наличие как микротрещин, так и образованных по ним полосок Бёма. На рисунке 1а, представлена микротрещина в зерне кварца еще не залеченная поровыми растворами, что указывает на начальную стадию процесса, представлена изогнутой полосой, длина которой составляет около 80 мкм.

На рис. 1б видна система субпараллельно расположенных микротрещин, которые декорируются микроскопическими газовыми включениями, точный размер которых определить достаточно трудно. Данные микротрещины находятся на этапе залечивания вторичным кварцем с формированием газовых включений, результатом чего является появление закрытых пор, совокупность которых представляют собой полоски Бёма.

Таким образом, для карбоновых песчаников Донбасса, отобранных в пределах развития углей марок Д, Г, характерен начальный этап преобразования газовых включений, поскольку на этой стадии кварцевые зерна начинают деформироваться, с появлением в них микротрещин. Часть газа,

содержащегося в поровом пространстве, переходит в микронарушения, которые при увеличении степени преобразования пород залечиваются поровыми растворами и образуют полосы Бёма.

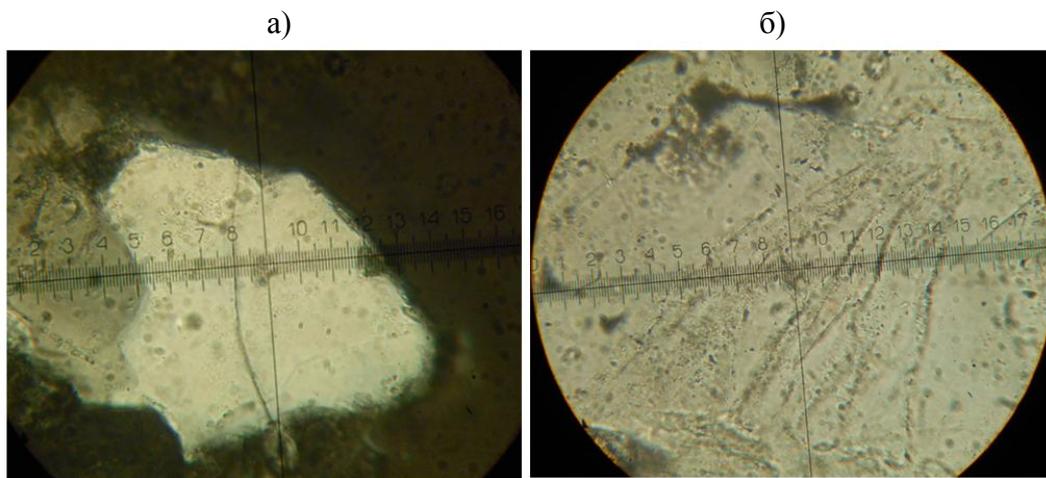


Рисунок 1 - Шлиф песчаника: а) – шлиф песчаника, микротрещина в кварцевом зерне, ув. 1200^x ; б) - система полосок Бёма в кварцевом зерне, ув. 1200^x

Для зерен кварца песчаников, отобранных в пределах развития углей марок Ж, количество полосок Бёма значительно увеличивается. Слагающие их газовые включения размером от 1 до 2 мкм четко выражены, имеют изометричную форму. В одном кварцевом зерне встречается до 3 систем полосок Бёма, представленных субпараллельными полосами, длина которых достигает 120 мкм (рис. 2а).

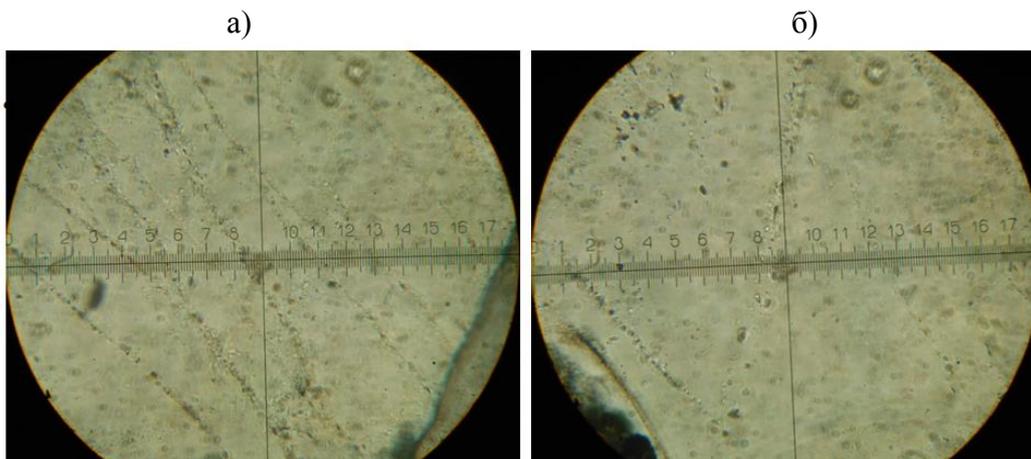


Рисунок 2 - Полоски Бёма в кварцевом зерне песчаника: а) - отобранного в пределах развития углей марок Ж ув. 1200^x ; б) - отобранного в пределах развития углей марки А, ув. 1200^x

На поздних стадиях преобразования пород (угли марки А) в кварцевых зернах песчаников, газовые включения имеют неправильную, местами вытянутую форму. Количество полосок Бёма в кварцевых зернах значительно меньше и представляют собой включения размером около 1 мкм. Длина полосок достигает 60 мкм (рис. 2б). Исследование кварцевых зерен песчаников отобранных в пределах развития углей марки А показало, что деление газовых

включений на мелкие, более устойчивые включения, происходит на поздних стадиях преобразования пород. Объемы данных включений будут уточнены в последующих исследованиях.

Проанализировав существующие данные о природе газовых включений и полосок Бёма кварцевых зерен песчаников Донбасса, и дополнив их новыми исследованиями, можно сделать следующие выводы. Газовые включения и полоски Бёма повсеместно отмечаются в зернах кварца песчаников ранних и средних стадий преобразования пород, в пределах развития углей марок Д, Г, Ж, К. С увеличением степени преобразования пород (угли марок ОС, Т, А) параллельно происходит деление включений до мельчайших размеров. С увеличением палеоглубины песчаников трансформируется форма включений, уменьшается их размер, стабилизируется давление во включениях, отвечающее тем условиям, в которых находится исследуемая порода в данный момент преобразований.

Изучение газовых включений в кварцевых зернах песчаников может дополнять классические методы определения коллекторских свойств пород и представляет определенный научный интерес. Поскольку для каждой стадии преобразования песчаника характерны определенные изменения данных включений то они могут служить индикатором степени преобразования пород и частично ответить на вопрос об изменении газовой составляющей закрытой пористости пород с увеличением температуры и давления в углепородном массиве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Газообильность каменноугольных шахт СССР. Комплексное освоение газоносных угольных месторождений / А.Т. Айруни, Р.А. Галазов, И.В. Сергеев [и др.]. – М.: Наука, 1990. – 216 с.
2. Жикаляк, М. В. Метан вугільних родовищ у локальній енергетиці Донбасу / М.В. Жикаляк // Геотехнічна механіка. – Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины. – 2002. – Вып.32.-С.74-76.
3. Баранов, В.А. Микронарушеність кварца песчаников Донбасса в зв'язі з їх вибросоопасністю / В.А. Баранов: Автореф. дис. канд. геол.-минерал. наук. – Днепропетровск, 1989. - 17 с.
4. Баранов В.А. Пластичні деформації кварцу пісковиків Донбасу / В.А. Баранов // Геол. і геох. горючих копалин, 1995.- №1-2(90-91).- С. 33-45.
5. BÖhm August. Tschennaks mineralogische und petrographische Mitteilungen / August Böhm // Wien. - 1883. - V. 5, 204. - S. 127-214.
6. Антипович, Я.В. Особенности преобразования коллекторских свойств песчаников в условиях раннего катагенеза / Я.В. Антипович // Форум Горняков – 2013: міжнар. конф., 2-5 жовт. 2013 р.: матеріали / Національний гірничий університет. - Дніпропетровск, 2013. - С. 69-71.

REFERENCES

1. Airuni, A.T., Galazov, R.A., Sergeyev, I.V., and at (1990), *Gazoobilnost kamenyogolnykh shakht SSSR. Kompleksnoe osvoenie gazonosnykh ugolnykh mestorozhdeniy* [Gas content of coal mines of the USSR. Comprehensive development of gas-bearing coal deposits], Nedra, Moscow, Russia.
2. Zhikalyak, M.V. (2002), “Coalbed methane in the local energy of the Donbas”, *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics], no.32, p.74-76.
3. Baranov, V.A. (1989), “Micro disturbance of quartz sandstones of Donbass in connection with their outburst”, Abstract of Ph.D.(Geol.-Min), Dnepropetrovsk, Ukraine.
4. Baranov, V.A. (1995), “Plasticdeformation of quartz sanstones of Donbass”, *Geologiya i geokhimiya goryuchikh kopalyn*, no.1-2 (90-91), p. 33-45.
5. BÖhm August (1883), “Tschennaks mineralogische und petrographische Mitteilungen“, *Wien*, vol. 5, 204, pp. 127-214.

6. Antipovich, Ya.V. (2013), "Features of reservoir properties transformations of sandstones under early katagenesis", *Miners Forum, Intern. conference, 2-5 october 2013, National mining university, Dnipropetrovsk*, pp. 69-71.

Об авторе

Антипович Яна Валентиновна, магистр, аспирант, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, Yana_Antipovich@ukr.net.

About the author

Antipovich Yana Valentinovna, master of Science, Doctoral student, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, Yana_Antipovich@ukr.net.

Анотація. У даній статті представлені результати дослідження газових включень в кварцових зернах пісковиків. З метою вивчення впливу палеоглибини на перетворення даних включень використовувалися шліфи представлені пісковиками карбонового віку, відібраними в районах поширення вугілля марок Д, Г, Ж і А. Шліфи досліджувалися з використанням оптичного мікроскопу при збільшенні від 100 до 1200 крат.

У ході дослідження газових включень кварцових зерен пісковиків особлива увага приділялася ранній та пізній стадіям їх перетворення (пісковики, що вміщують вугілля марок Д і А), що дозволяє доповнити існуючі дані і дати повну характеристику впливу палеоглибини на перетворення даних включень.

В результаті зроблені висновки, що з палеоглибиною пісковиків трансформується форма включень, зменшується їх розмір, стабілізується тиск у включеннях, що відповідає тим умовам, в яких знаходиться досліджувана порода в даний момент перетворень.

Данні включення мають певний практичний інтерес, оскільки газові включення можуть виступати індикатором ступеня перетворення порід та частково відповісти на питання про зміну газової складової закритої пористості пісковиків зі збільшенням температури та тиску в углепородному масиві.

Ключові слова: палеоглибина, газові включення, мікротріщини, смужки Бьома.

Abstract. The article presents results of the study of gas inclusions in the quartz sandstone grains. In order to study the paleodepth effecting the inclusion conversion, the microsections were used which were represented by sandstones of Carboniferous age selected in the areas of the D, G, F and A coal grade extent. The microsections were examined by an optical microscope at a magnification by 100 - 1200 times.

The study of gas inclusions in the quartz grains of the sandstones was focused on the early and late stages of their conversion (sandstones, which enclosed coals of the D and A grades). It makes possible to add the existing data and give a complete characterization of the paleodepth impacting on the inclusion conversion.

As a result, a conclusion has been made that, with the sandstones being at the paleodepth, a form of inclusions is transformed, their size is reduced, and pressure in the inclusions is stabilized to the level which corresponds to the conditions in which the rocks are at the moment of the inclusion transformations.

The study presents practical interest because the gas inclusions may be an indicator of the rock transformation and can partially give an answer on changed gas content in the sandstone close porosity in case of increasing temperature and pressure in the rock mass.

Key words: paleodepth, gas inclusions, microfractures, strips of Boehm.

Статья поступила в редакцию 11.09.2015.

Рекомендовано к печати д-ром геол.-минерал. наук В.А. Барановым