

3. Николин В.И., Васильчук М.П. Прогнозирование и устранение выбросоопасности при разработке угольных месторождений - Липецк: Липецкое издательство Роскомпечати, 1997. - 496 с.
4. Техническая инструкция по проведению геофизических исследований в скважинах. - М.: Недра, 1985. - 217 с.
5. Гречухин В.В. Петрофизика угленосных формаций / НПО "Нефтегеофизика", 1990. - 472 с.
6. Очков В.Ф. Mathcad 7 для студентов и инженеров. - М.: Компьютер Пресс, 1998. - 384 с.
7. Боровиков В.П. Популярное введение в программу STATISTICA. - М.: Компьютер Пресс, 1998. - 267 с.

УДК 551.14 : 55.662.83

В.А. Баранов

(ИГТМ НАН Украины)

КВАЗИКРИСТАЛЛЫ В КВАРЦЕ ПЕСЧАНИКОВ ДОНБАССА

Встановлено утворення частин правильної геометричної форми, які названі квазікристалами. Наведені результати досліджень умов утворення вказаних частин.

Кварц, как наиболее распространенный минерал земной коры, изучен достаточно детально, тем не менее и в настоящее время невозможно говорить о том, что он исследован полностью. Свидетельством этому являются новые результаты, полученные в ИГТМ НАН Украины при изучении кварцевых зерен песчаников Донбасса, вмещающих угли среднего и верхнего карбона.

Причиной исследования кварца явилась выбросоопасность песчаников. Со дня проявления первого выброса (шахта Кочегарка, 1954 г.), до настоящего времени, в углевмещающих песчаниках 23 шахт Донбасса, на глубинах свыше 670 м произошло несколько тысяч выбросов, повлекших за собой социальные и экономиче-

ские проблемы. Характерной особенностью можно считать тот факт, что выбросы песчаников происходят только в шахтах Донбасса, несмотря на наличие газа и соответствующих глубин в угольных шахтах Кузбасса, Карагандинского, Печорского и других бассейнов.

Споставление вещественного состава песчаников показало повышенное содержание обломочных зерен кварца (до 70-80 %) в песчаниках Донецкого бассейна, в то время, как в песчаниках других угольных бассейнов содержание обломочного кварца практически не превышает 30-40 %. Этот факт позволяет утверждать, что песчаники Донбасса отличаются наличием жесткого каркаса, воспринимающего основные внешние напряжения - тектонические и геостатические и способного накапливать потенциальную энергию более значительной величины.

Последующие исследования позволили установить в кварцевых зернах углевмещающих песчаников повсеместное наличие пластических микродеформаций, явившихся следствием тектонических и геостатических напряжений. В кварце песчаников Донбасса было определено наличие всех, известных ранее по литературным источникам, видов пластических микродеформаций, как то: полосок Бема, пластинок и полос деформации, "смятого" кварца, деформационных поясов и иррационального двойникования. Наиболее распространенным видом деформаций - свыше 80 %, являются полоски Бема, хорошо идентифицируемые в шлифах методом бокового освещения при оптических исследованиях [1].

Ранее, Забигаило В.Е. и др. [2] было установлено, что керна выбросоопасных песчаников делится на выпукло-вогнутые диски независимо от текстурных особенностей и структурных различий. Плоскость деления дисков проходит как по цементу, так и по кварцевым зернам, несмотря на различие в прочности. Точно так же образуются и тонкие пластинки в полостях выбросов, получивших название "чешуя" - независимо от текстурных и структурных параметров песчаников. В этой связи, установление повсеместного наличия пластических микродеформаций в зернах кварца, объясняет полученные ранее факты. Следует указать, что количество микродеформаций, по результатам исследований, закономерно увеличивает-

ся с палеоглубиной и от периферии к центральной, тектонически наиболее сложной части Донецкого бассейна. Максимальное наличие пластических микродеформаций приурочено к выбросоопасным песчаникам.

Последующие исследования установленных микродеформаций осуществлялись с привлечением электронной микроскопии. Изучение проводилось на отечественном электронном микроскопе ЭВМ-100Л, путем изготовления двухступенчатых углеродных реплик со сколов кварцевых зерен. В качестве пленкообразователя первичной реплики применялся состав по А.С. № 819612, имеющий качественные преимущества. Препарат изучался при увеличениях от $2000\times$ до $13000\times$, наиболее информативные участки фотографировались.

В результате проведенных исследований под электронным микроскопом в кварце песчаников Донбасса установлены пластические деформации в виде систем следов плоскостей скольжения, образованных в результате микросдвигов, различных визуально и впоследствии подтвержденных анализами на микрофотометре МФ-4. В целом было определено два размерных уровня систем пластических микродеформаций.

Первый уровень представляют следы плоскостей деформаций до 200-300 мк и расстоянием между плоскостями, в среднем, 15-20 мк. Угол между системами данного уровня варьирует в пределах от 60° до 90° .

Второй уровень представляют плоскости деформаций, встречающиеся значительно реже, длиной до 50-100 мк и расстоянием между плоскостями, в среднем, 2-5 мк. Угол между системами второго уровня изменяется также в пределах от 60° до 90° .

Практически на всех репликах полученных со сколов кварцевых зерен в зонах развития указанных выше пластических микродеформаций, в большом количестве были обнаружены микрочастицы кварцевой пыли с правильной геометрической огранкой. Форма частиц имеет вид ромбов, параллелограммов, прямоугольников, квадратов. Размер их, как среднеарифметическое двух сторон, совпадает, в сред-

нем, с расстоянием между плоскостями деформаций и изменяется от 1-2 до 5-6 мк для второго уровня и от 10-15 до 25-30 мк для первого уровня.

Следует обратить внимание на повышенное содержание мелкой фракции частиц на сколах кварцевых зерен песчаников с мест выбросов. Пробы для этих исследований были отобраны на шахтах имени А.Г. Стаханова и "Самсоновская-Западная". Острые углы между гранями описываемых частиц изменяются от 60° до 90° .

Наличие нескольких размерных уровней проявления пластической деформации в породообразующем кварце песчаников свидетельствует о различии термобарических условий. Здесь уместно вспомнить о существующей зависимости между толщиной выпукло-вогнутых дисков, образующихся в керне выбросоопасных песчаников и величиной напряженного состояния, полученной в лабораторных условиях [2].

Обнаруженные частицы кварца имеют параллелепипедную форму и углы при вершинах этих частиц часто отличны от прямого. При увеличениях до $4000\times$, хорошо видна спайность по граням ромбоэдра, образующая внутренние и внешние углы в пределах $>90^{\circ}$ и $<115^{\circ}$, с максимумом в районе 110° .

Интересно, что спайность по ромбоэдру была известна еще в прошлом веке. Появление ее связывали с быстрым охлаждением нагретых кварцев или с особенно сильными давлениями в породах [3].

Авторы работы [4] считают, что кварц обладает заметной спайностью по граням обоих ромбоэдров R и r. Для обнаружения ее ученые воздействовали на тонкую кварцевую пластинку, вырезанную параллельно грани призмы m и n, электрической искрой или нажатием на пластинку иглой. В результате этих операций авторы получали прямолинейные или зигзагообразные трещины, параллельные указанным граням.

Нельзя однозначно утверждать, что установленные частицы имеют спайность вызванную только генетическими причинами, так как песчаники Донбасса претерпели существенные тектонические напряжения, а, с другой стороны, обломоч-

ные зерна кварца исследуемых песчаников являются гетерогенными и соответственно имеют различную генетическую предрасположенность к внешним воздействиям. Но повсеместное наличие пластических микродеформаций в кварце указанных песчаников вне зависимости от их генезиса, и кристалломорфологических характеристик однозначно указывает на основную причину структурных изменений.

Это подтверждается количественными данными полученными в результате статистической обработки. Если коэффициент формы частиц кварцевой пыли (a/b) остается практически постоянным - 1,6-1,8, для районов различной тектонической дислоцированности, то средний размер частиц $(a+b)/2$ уменьшается от тектонически слабо нарушенной периферийной части бассейна, к наиболее сильно нарушенной центральной части Донецкого бассейна и изменяется от 4,9 мк до 3,3 мк. Увеличение количества частиц мелкой фракции в выбросоопасных песчаниках, характеризующихся повышенными напряжениями, также свидетельствует в пользу внешних факторов, ответственных за образование пластических деформаций и, как следствие, частиц кварцевой пыли правильной геометрической формы.

В Минералогической энциклопедии [5] также указывается на зависимость ориентировок плоскостей микродеформаций от направлений приложенных напряжений, несмотря на различие в структуре. Там же приведено одиннадцать плоскостей и направлений скольжения установленных с помощью оптической и электронной микроскопии. Иными словами спайность кварца и соответственное образование правильных микрочастиц может быть вызвано не только генетической предрасположенностью по ромбоэдру, но и в других направлениях, вызванных термобарическими условиями.

На основе выполненных исследований можно сформулировать следующие выводы:

- приложенная термобарическая энергия в осадочных породах реализуется в виде образования геометрически правильных частиц кварцевой пыли на сколах кварцевых зерен углевмещающих песчаников Донбасса;

- увеличение напряжений в горных породах, в данном случае от периферии Донбасса к его центральной части, ведет к уменьшению средних размеров указанных частиц при относительно неизменном коэффициенте формы;
- ограниченные частицы кварцевой пыли имеют при электронномикроскопических исследованиях два размерных уровня: 2-3 мк - один уровень и 17-20 мк - второй уровень;
- в выбросоопасных песчаниках количество частиц мелкой фракции существенно больше, чем в выбросоопасных;
- острые углы между гранями описываемых частиц изменяются от 60° до 90° ;
- формирование частиц правильных геометрических форм, названных квазикристаллами, является свойством вещества, реализующимся при внешних энергетических воздействиях в определенных временных интервалах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов В.А. Микронарушенность кварца песчаников Донбасса в связи с их выбросоопасностью. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Днепропетровск, 1989. - 17 с.
2. Забигайло В.Е., Белый И.С. Геологические факторы разрушения керна при бурении напряженных горных пород Донбасса. - Киев. Наук. думка, 1987. - 179 с.
3. Вернадский В.И. Кристаллография. Избранные труды. - М.: Наука, 1988. - 344 с.
4. Шубников А.В., Цинзерлинг Е.В. О фигурах удара и давления и о механических двойниках кварца. - Тр. Ломоносовского ин-та геохим., кристаллогр. и минералогии, 1933, № 3, С. 5-23.
5. Минералогическая энциклопедия. - Л.: Недра, 1985. - 512 с.