

## **ВОЗМОЖНОСТЬ ПРОГНОЗА ВЫБРОСООПАСНОСТИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ МЕТОДОМ РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА**

Виконані дослідження вугілля з місця викиду та з вибухобезпечного місця методом рентгеноструктурного аналізу. Отримано ряд результатів про руйнування мінералів, що існували та виникнення нових в процесі викиду.

## **POSSIBILITY OF FORECAST THE SURGE IN COAL LAYERS BY METHOD OF ROENTGENOSTRUCTURAL ANALYSIS**

Executed coal studies from place of surge and from sudden outburst place by method of roentgenostructural analyse. Received number of results on destroying the minerals, which were and formation new in the process of surge.

При проведении работ на больших глубинах в угольных шахтах Донбасса возрастает число угольных пластов опасных по внезапным выбросам угля и газа. Этот факт представляет собой серьезную опасность при работе в шахтах и требует разработки и использования принципиально новых методов прогнозирования выбросов. В настоящее время известно много способов прогнозирования выбросоопасных зон в угольных пластах [1]. Эти способы базируются на большом эмпирическом материале, однако, их применение часто не позволяет получить объективную и качественную оценку выбросоопасности угольных пластов.

Надежное прогнозирование позволяет повысить безопасность ведения горных работ, дает возможность более рационального применения мер борьбы с внезапными выбросами и повышения темпов угледобычи на взрывоопасных угольных пластах. Существующие способы прогноза [2] позволяют в ряде случаев достаточно правильно оценить выбросоопасное состояние угольного массива, однако, на их показатели большое влияние оказывают факторы, не имеющие прямой связи с выбросоопасностью. При прогнозировании выбросоопасных зон в угольных пластах, в основном проводят оценку таких факторов, как горное давление, энергия газа и структура угля, причем наиболее важным при дальнейшей оценке считается фактор нарушенности угля [2].

Данные параметры, характеризующие степень выбросоопасности можно отнести к прямым методам изучения напряженного состояния угольного массива. При этом часто не удается провести прямые методы изучения, так как чисто технически это трудно выполнимо.

В состав ископаемых углей, помимо органической части, входят различные минеральные вещества. Учет роли минеральных компонентов в углях необходим для изучения условий формирования угольных пластов, установления влияния состава и строения минеральных включений на свойства углей, для разработки методов прогнозирования выбросов в угольных пластах.

В связи с этим, большое значение приобретают физико-химические методы изучения структуры угля в опасных по выбросам районах, основанные на изу-

чении свойств минеральных примесей сопутствующих данным угольным пластам.

Изучение кристаллической структуры вещества методом рентгеноструктурного анализа является одним из наиболее часто используемых. Необходимо отметить, что состав минеральных веществ в угольных пробах непостоянен, что усложняет использование целого ряда методов изучения структуры вещества, основанного на сравнительном анализе чистых фаз органики и исследуемого вещества. Высокая проникающая способность рентгеновского излучения, малая длина волны излучения, соизмеримая с межатомными расстояниями, позволяет использовать это излучение для изучения структуры аморфных и кристаллических веществ [4,5].

Этот метод позволяет изучить условия формирования угольных пластов, физико-химические свойства как органической части угля, так и минеральных включений.

Каждая кристаллическая фаза минеральной примеси дает индивидуальную картину на рентгенограмме, которая определяется межплоскостными расстояниями  $d$  и интенсивностью рентгеновского излучения  $J$ , измеряемой количеством импульсов в секунду [6]. Идентификация кристаллической фазы производится путем сравнения межплоскостных расстояний и интенсивности рентгеновских дифрактограмм исследуемых веществ и данных каталога JCPDS [5]. Расчет межплоскостных расстояний проводится по формуле Вульфа-Брэгга:

$$n\lambda = 2d\sin\theta$$

где  $\lambda$  - длина волны падающего излучения;  $\theta$  - угол, образованный направлением падающего луча и отражающей плоскостью исследуемого образца;  $n$  - порядок отражения.

Использование методов рентгенофазового анализа позволяет определить не только фазовый состав углей, но и распределение минеральных веществ в них, не прибегая к предварительному озолению угольных проб.

В ряде работ указывается, что анализ минеральных включений проводится прежде всего для определения условий формирования угольного вещества и установления влияния состава и строения минеральных включений на его свойства [7]. Минеральные примеси в углях подразделяют на две группы: терригенные минеральные включения и минеральные новообразования. Кроме глинисто-сланцевых минералов, в углях обнаружены кварц, карбонаты (кальцит, доломит, сидерит), железосодержащие минералы (пирит и в малых количествах гидроксиды железа) [8].

При использовании метода рентгеноструктурного анализа для исследования молекулярной и надмолекулярной структуры, основное внимание уделялось прежде всего горно-геологическим условиям преобразования угля. Методически данный метод было решено использовать для изучения структуры минеральных включений с позиции формирования выбросоопасных и выбросо-неопасных угольных пластов. При формировании угольных пластов, на стадии

диагенеза происходит одновременное зарождение сингенетических видов минеральных включений. Эти включения образуются при определенных термодинамических условиях и могут служить своего рода характеристиками конкретных угольных пластов.

В зависимости от условий формирования угольного массива, определяемых горным давлением, температурой среды, кислотностью и другими физико-химическими параметрами, происходит формирование угольного вещества с определенным видом структурированности (кларен, дюрен, витрен, фюзен), а для минеральных примесей это определяется видом симметрии решетки. Рентгенофазовый анализ позволяет определять прежде всего кристаллическую структуру минеральных включений в угле. Если структура меняется, то по этим изменениям возможно воссоздание тех термодинамических условий, в которых происходит как процесс углефикации, так и преобразование присутствующих минеральных веществ. Это значит, что между степенью структурированности угольного вещества и видом кристаллической решетки минеральных включений может существовать связь, определяемая теми термодинамическими условиями, при которых происходят указанные процессы.

При проведении исследований методом рентгенофазового анализа были взяты образцы угольного пласта  $l_1$ , марки “Ж”, 10-го западного конвейерного штрека с глубины залегания 1040 м на шахте им. А.Ф. Засядько. При этом один образец был взят с места выброса, происшедшего 17.10.2002г. (образец №1), второй образец для сравнения был взят с невыбросоопасного места (образец №2) - в той же выработке. Геостатическое давление в месте отбора проб, примерно 100 МПа, пластовое давление флюидов (расчетное) около 80 МПа, температура пород и угля в данной выработке около 43<sup>0</sup>С, мощность угля, состоящего из трех пачек, примерно 1,7 м, влажность изменяется в пределах 86 – 89 %.

Рентгеноструктурный анализ данных образцов проводился на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3 в комплексе с ЭВМ типа IBM. Съёмка дифрактограмм выполнялась в монохроматизированном  $\text{Co-K}\alpha$  излучении при напряжении на аноде 30 kV и токе трубки 20 мА.

В результате расшифровки дифрактограмм было установлено, что в образце угля №1 (рис. 1) кроме аморфного угля (два широких аморфных гало: углы 15-40<sup>0</sup> и 40-75<sup>0</sup>) присутствует минерал ларнит ( $\square$ - $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ ), которому соответствуют линии с межплоскостным расстоянием: 3.02, 2.89, 2.69 и 2.05.

Для образца №2 (рис. 2) аморфный уголь дает слабое отражение в виде аморфного гало (углы 10-40<sup>0</sup>) и мощные отражения  $\square$ -кварца (линии с межплоскостным расстоянием: 4.25, 3.34, 2.45, 2.12, 1.98, 1.67, 1.54, 1,37), каолинита  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$  (линии с межплоскостным расстоянием: 7.17, 3.57, 2.56, 2,38) и, возможно, присутствие минерала монтмориллонита:  $(\text{Ca}_{0,94}\text{Na}_{0,01}\text{Mg}_{0,36}\text{Fe}_{0,02}\text{Al}_{1,75}\text{Si}_{3,87}\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 1,078\text{H}_2\text{O})$ .

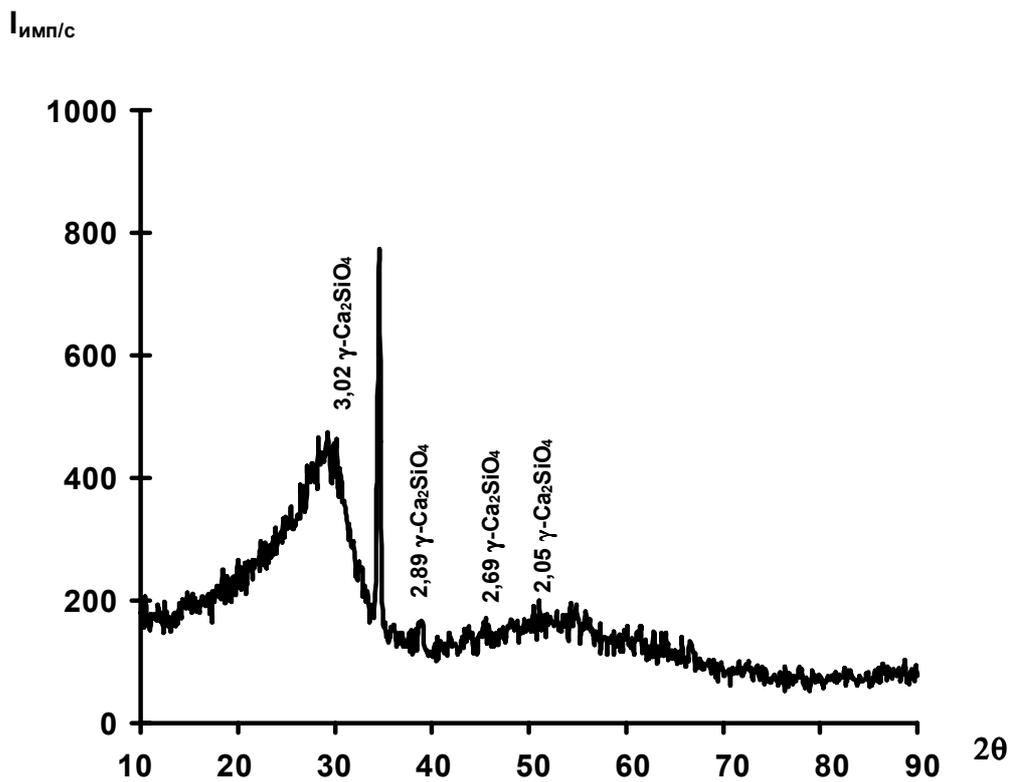


Рис. 1 - Рентгеновская дифрактограмма образца угля №1, с места выброса

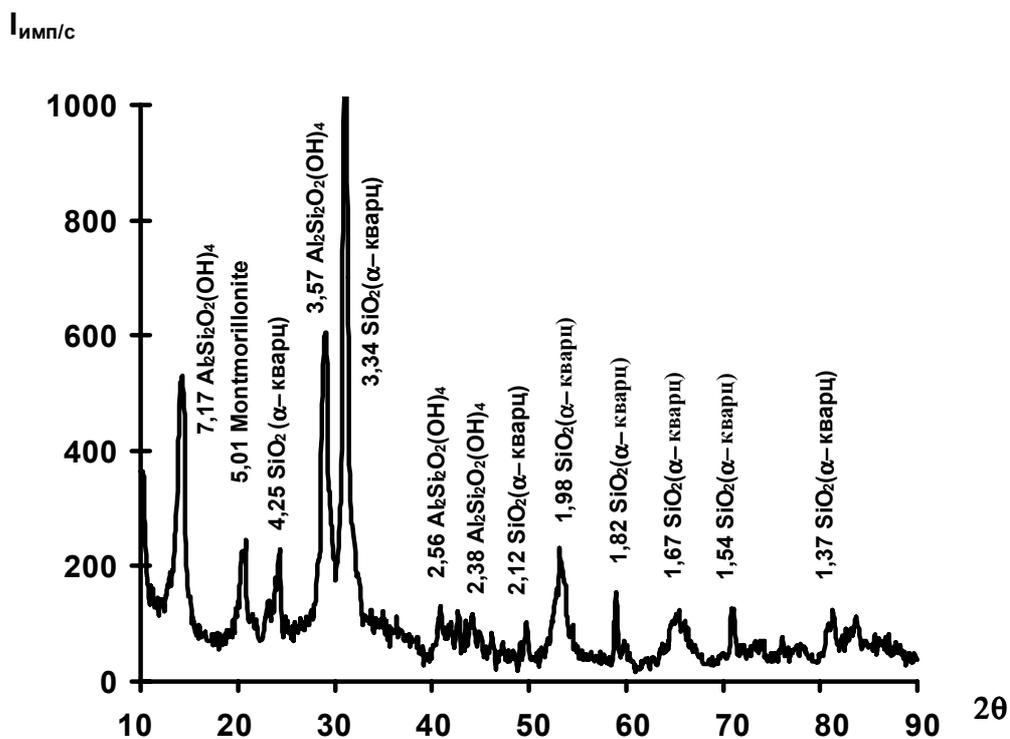


Рис. 2 - Рентгеновская дифрактограмма образца угля №2, выброснеопасного

При этом в образце №1 обнаружена метастабильная  $\square$ -фаза минерала ларнита, которая может возникать при неравновесных термодинамических условиях. При незначительном изменении температуры и давления, возможен переход  $\square$ -фазы ларнита в другие кристаллические формы: волластонит, спиррит, которым соответствуют другие виды симметрии и соответственно другие термодинамические условия образования минеральной структуры.

Таким образом, выполненные рентгенофазовые исследования позволяют сделать следующие выводы:

- угольное вещество как до, так и после выброса характеризуется хорошо выраженной аморфной структурой;
- рентгеновские дифрактограммы четко фиксируют структурные минеральные примеси;
- в процессе выброса угля структура существующих в угле минеральных примесей нарушается, переходя в аморфное состояние;
- в процессе выброса угля формируется новая структура кристаллического вещества, в данном случае образовался минерал ларнит.

Основываясь на полученных результатах, можно констатировать факт разрушения структуры существующих минеральных примесей в процессе выброса угля и зарождения новых минеральных примесей, не существовавших ранее в данном угле в виде структурных индивидов. Достаточно примечательным является наличие порога устойчивости новообразованного вещества, которое могло иметь другую структуру, если бы термодинамические условия были иными.

Отсюда вытекает важный вывод - в процессе выброса в угольном веществе могут формироваться структуры новых минеральных веществ, являющихся, по сути, индикаторами условий, в которых этот процесс произошел. Вероятнее всего, существует ряд таких минералов - индикаторов, которые ранее не исследовались. Поэтому данные об их наличии в угольном веществе, об их фазовом состоянии в стационарных условиях и после выброса, могут дать новый качественный толчок к пониманию процесса выброса угольного вещества, для использования этих данных в разработках новых методов прогнозирования выбросоопасности угольного вещества.

Выполненные рентгенофазовые исследования показали, что минеральный состав образцов угольного вещества с мест выброса имеет четко выраженную аморфную структуру с включениями поликристаллической фазы. Это означает, что данный метод позволяет проследивать изменение кристаллической структуры минеральных включений и, возможно, связывать эти изменения с механизмом развития выбросоопасных зон.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эттингер И.Л. Свойства углей, влияющих на безопасность труда в шахтах. М. : Госгортехиздат, 1961. - 96с.
2. Забигаило В.Е., Лукинов В.В., Широков А.З. Выбросоопасность горных пород Донбасса. – Киев: Наукова думка, 1983. - 285с.
3. Бокый Г.Б., Порай-Кошиц М.А. Практический курс рентгеноструктурного анализа. – М.: МГУ, 1951. - 252с.
4. Горелик С.С., Расторгуев Л.Н., Скаков Ю.А. Рентгеноструктурный и электроннооптический анализ. Приложения. - М. : Металлургия, 1970. - 108с.

5. Joint Committee on Powder diffraction standards / A Pennsylvania Non-profit Corporation 1601. Park lane. Swarthmore, Pa. 19081. Printed in Philadelphia. 1975.
6. Руководство по рентгеновскому исследованию минералов / В.Н. Герасимов, Е.М. Боливо-Добровольская, Н.Е. Каменцев и др. // Л.: Недра, 1975. - 399с.
7. Михеев В.И. Рентгенометрический определитель минералов. - М.: Гостехиздат, 1957. - Т.1. - 867с.
8. Михеев В.И., Сальдау Э.П. Рентгенометрический определитель минералов. -Л.: Недра, 1965. - Т.2. - 362с.

**УДК 622.817.47**

Е.Л. Звягильский, А.Ф. Булат, В.В. Лукинов  
И.А. Ефремов, В.Г. Ильюшенко, И.И. Пожитько,  
В.В. Бобрышев, Вас.В. Бобрышев

### **ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОЖИДАЕМОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕГАЗАЦИОННЫХ СКВАЖИН**

Освітлено питання комплексної оцінки очікуємої ефективності поверхневих дегазаційних свердловин з урахуванням впливу геологічних та гірничотехнічних факторів

### **THE MINING-GEOLOGICAL ESTIMATION WAITING EFFECTIVITY WORK OF SUPERFICIAL DEGASSING CHINKS**

The question of complex estimation waiting affectivity of superficial degassing chinks with calculation of influence geological and mine-technical factors.

В условиях шахты им. А.Ф. Засядько, достаточно детально освещенных в работах [1, 2], бурение и обеспечение эффективной работы поверхностных дегазационных скважин (ПДС), является важной составной частью проекта ее комплексной дегазации. Разнообразные сочетания геологических и горнотехнических условий разрабатываемых угольных пластов и отдельных частей шахтного поля обуславливает широкий диапазон особенностей, проявляющихся в процессе эксплуатации ПДС: от многолетней и интенсивной работы с суммарным дебитом газа, превышающем 2–4 млн. м<sup>3</sup>, до краткосрочной и весьма неэффективной ((с дебитом 50–150 тыс. м<sup>3</sup> (в течение всего эксплуатационного периода или даже с нулевым, как до, так и после их подработки лавами)) [3, 4].

В настоящее время практически все ПДС задаются в расчете на включение в работу лишь после подработки их стволов дегазируемыми лавами. В перспективе планируется организовать работу ПДС в два этапа.

На первом этапе организуется заблаговременная дегазация локальных газоносных структур шахтного поля с отбором свободного газа из трещинно-порового коллектора или газа, выделяющегося в результате инициирующего этот процесс гидроразрыва газоносных горизонтов или гидроимпульсного воздействия на них. На втором этапе – текущая дегазация угленосной толщи (УТ) после подработки ПДС лавой. Поэтому возникает актуальная задача прогнозной оценки эффективности работы ПДС на каждом из этих этапов: в условиях естественного и подработанного массивов горных пород.