

**И. В. Васильева**, геолог I категории (Украинский государственный геологоразведочный институт), vasilleva\_iv1982@mail.ru, ORCID-0000-0002-5487-9896

## ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ВЛИЯНИЯ НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЭНДОГЕННЫХ ПОЖАРОВ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

*Эндогенные пожары на угольных шахтах возникают в результате произвольного самовозгорания угля и горючих материалов, которое происходит вследствие окисления полезных ископаемых кислородом и повышения их температуры. Развиваются такие пожары медленно, постепенно.*

*Способность угля самопроизвольно воспламеняться в результате низкотемпературного окисления кислородом воздуха называется самовозгораемостью. Химическая активность добываемых пород и геологические особенности их залегания являются природными факторами возникновения эндогенных пожаров.*

*Ежегодно в шахтах Украины регистрируют несколько десятков эндогенных пожаров. В среднем они составляют около 30 % от общего количества пожаров в шахтах Донецкого бассейна. В статье рассмотрены основные геологические факторы влияния на возникновение эндогенных пожаров.*

**Ключевые слова:** угольная шахта, горная выработка, эндогенные пожары, самовозгорание угля, геологические особенности строения угольных пластов.

### Вступление

Явления, связанные с горением или тлением горючих веществ в подземных выработках и сопровождающиеся выделением тепла и вредных газов, называются подземными пожарами. Все подземные пожары делят на экзогенные и эндогенные. В статье проанализированы горно-геологические причины возникновения эндогенных пожаров в угольных шахтах Донбасса.

*Экзогенные пожары.* Причиной их возникновения являются внешние источники тепла – открытый огонь при неосторожном обращении с ним, перегревание электропроводки, взрывные работы и т. п. Экзогенные пожары возникают и распространяются стремительно, особенно при наличии интенсивного проветривания.

*Эндогенные пожары* возникают вследствие самовозгорания полезных ископаемых

(угля, сланцев), а также органических материалов, древесных опилок, смазочных материалов. Такие пожары развиваются медленно, постепенно. К признакам начинающегося эндогенного пожара относят повышение температуры воздуха, воды и пород, увеличение концентрации вредных газов, рост влажности воздуха. Эти признаки легко обнаруживаются задолго до интенсивной стадии пожара, поэтому тушение его должно начинаться, как правило, своевременно, пока он не достиг больших размеров. По величине наносимого ущерба (опасность для жизни, материальные затраты на прогнозирование, предотвращение и ликвидацию последствий) эндогенные пожары лидируют среди прочих аварий на угледобывающих предприятиях.

Способность угля самопроизвольно воспламеняться в результате низкотемпе-

ратурного окисления кислородом воздуха называется *самовозгораемостью*.

#### **Эндогенные пожары в шахтах Донбасса**

Ежегодно в шахтах Украины регистрируют несколько десятков эндогенных пожаров. В Донецком бассейне эндогенные пожары в среднем составляют около 30 % от общего количества пожаров в шахтах. *Шахта им. А. Ф. Засядько, им. В. М. Бажанова, им. Г. Г. Капустина, "Привольнянская"* занимают первые места в статистике возникновения очагов самовозгорания. В связи с этим растет актуальность проблемы выявления причин и необходимость разработки мероприятий по предупреждению самовозгорания угля в подземных горных выработках. Особенно эффективным моментом в этом отношении является прогноз самовозгораемости угля в период проведения геологоразведочных работ. Своевременное распознавание угольных пластов или отдельных участков пластов, на которых возможно развитие самовозгорания, позволяет на стадии проектирования новых горных выработок разработать наиболее действенный комплекс технических средств и мероприятий по его предупреждению.

Характерными местами, в которых возможно возникновение эндогенных пожаров, являются:

- 1) выработанные пространства действующих очистных забоев (25 %);
- 2) отработанные изолированные участки (30...40 %);
- 3) отработанные неизолированные участки (12...37 %);
- 4) капитальные и подготовительные выработки (30...40 %).

Частота возникновения эндогенных пожаров в различных выработках зависит от горно-геологических условий месторождения, объема и качества проводимых профилактических мероприятий.

#### **Факторы, влияющие на склонность угля к самовозгоранию**

Факторы, влияющие на склонность угля к самовозгоранию, следующие:

1. *Тектоническая нарушенность горного массива*, которая может быть разде-

лена на три категории: сильная или очень сильная, средняя и слабая. На участках пластов со средней и сильной тектонической нарушенностью вероятность возникновения эндогенных пожаров выше, чем на участках, не имеющих ее.

2. *Мощность и условия залегания угольных пластов*. Необходимо учитывать данные о строении пластов, т. к. на участках пластов сложного строения вероятность самовозгорания выше, чем на участках простого строения.

3. *Влажность*. Исследование влажности в очагах самовозгорания позволило определить интервал значений, при которых уголь наиболее склонен к самовозгоранию. Этот интервал соответствует 10–15 % и установлен в 90 % точек наблюдения. Эти данные свидетельствуют о влиянии  $W_a$  на процесс окисления угольного вещества.

4. *Зольность*. В результате проведенных исследований было установлено, что наиболее распространен в очагах самовозгорания среднезольный уголь (Ad от 25 до 35 %), но более всего склонен к самовозгоранию уголь многозольный (Ad от 35 до 45 %).

5. *Крутое залегание пластов* (более 45°) является провоцирующим фактором возникновения эндогенных пожаров.

6. *Петрографический состав угля*. Есть предположения, что уголь, содержащий больше компонентов группы фузунита, обладает повышенной склонностью к самовозгоранию.

7. *Содержание тонкодисперсного пирита и марказита* в угольной массе также является дополнительным фактором, увеличивающим склонность к самовозгоранию.

8. *Степень метаморфизма угля*. Установлено, что максимальное количество самовозгорающегося угля приходится на длиннопламенные разности, несколько меньше – на жирные, коксовые, отощено-спекающиеся, тощие и минимальное количество – в газовом и газовой-жирном угле. Эта закономерность была установлена в результате анализа данных по са-

мовозгоранию угля и показателей метаморфизма: показателя отражения витринита  $R^0$  и выхода летучих веществ  $V^{daf}$ .

*Повышенной вероятностью возникновения эндогенных пожаров* обладают угольные пласты мощностью более 2 м, высокосернистые, марок Д, Ж, ОС, Т, с количеством свободной серной кислоты свыше (КСК) 3 %. При наличии всех названных факторов и отсутствии профилактических мероприятий по предупреждению самовозгорания угля пожары возникают независимо от углов падения пород, тектонической нарушенности и строения горного массива.

*Средней вероятностью возникновения эндогенных пожаров* обладают:

1. Пласты угля большой и средней мощности, пологого и наклонного залегания, разной тектонической нарушенности и строения, марок Д, Ж, К, ОС, Т и с низким значением КСК (менее 3 %).

2. Пласты угля средней и повышенной мощности с крутыми углами падения, сильной тектонической нарушенностью, марок Г, частично Ж и с КСК более 3 %.

3. Пласты средней мощности, крутого залегания, средней тектонической нарушенности, сернистые, марок Д, Ж, К, ОС, Т.

*Безопасными в отношении возникновения эндогенных пожаров* считаются пласты:

1. Средней и повышенной мощности, пологого залегания, сернистые, марки Г, частично Ж, со значением КСК менее 3 %.

2. Малой и средней мощности, пологого залегания и простого строения, сернистые и малосернистые ( $S < 2\%$ ), марок Д, Ж, К, ОС, Т.

3. Малой и средней мощности, сернистые и малосернистые, марок Г, частично Ж, а также участки маломощных малосернистых пластов угля марок Ж, К, ОС, Т.

Оценив угольный пласт на склонность к возникновению эндогенных пожаров, необходимо учитывать тот факт, что смена горно-геологических условий и качественных характеристик угля в пределах даже небольшой площади ведет к измене-

нию вероятности самовозгорания угольного пласта в недрах шахты. В качестве примеров можно привести следующие случаи из практики.

### **Примеры**

#### *Шахта "Путиловская", г. Донецк*

Поле шахты расположено в юго-западной части Донецкого бассейна, в восточной части южного крыла Кальмиус-Торецкой котловины. Участок заключен между двумя большими флексурами – Ветковской и Чайкинской.

Крутым неразрывным нарушением на западном крыле шахты, проходящим с юго-запада на северо-восток, является Ветковская флексура, амплитуда которой достигает 350–400 м. Западное крыло Ветковской флексуры проявляется особенно четко резким изменением простирания с северо-запада на юго-запад и увеличением углов падения пласта от 45 до 60°. Встречаются углы падения 75–85°. Восточное крыло Ветковской флексуры, где в основном были развиты горные работы, имеет угол падения 8–15°. В северной части шахтного поля проходит Пантелеймоновский надвиг. Надвиг установлен по данным геологической съемки и вскрыт разведочными скважинами № 3187 и № 3825 в полосе Ветковской флексуры.

Восточное крыло шахты более спокойное, угол падения – 5–10°. Крупных тектонических разрывов на поле шахты не обнаружено, зато широко развита мелкая сеть тектонических нарушений – пережимы, трещины, пересекающие кровлю и угольный пласт.

Угольный пласт, отрабатываемый шахтой,  $n_1$  – марка Г, пологого залегания, мощностью 1,2 м, общая сера = 1,8 %. С абсолютной отметки –700 м пласт меняет свои свойства из-за наличия тектонического нарушения (Ветковская флексура). Мощность его увеличивается до 2,38 м, угол падения до 40–55°, содержание серы также местами возрастает. С этой отметки пласт считается склонным к самовозгоранию (по данным химических исследований проб угля). Кроме того, были зафиксированы три случая самовозгорания

угольного пласта ниже названной отметки в период с 2005 по 2012 гг.

*Шахта “Комсомолец Донбасса”,  
Донецкая область*

В тектоническом отношении площадь участка занимает замковую часть Чистяковской синклинали, которая на западе переходит в обширную Кальмиус-Торецкую котловину. Углы падения пород изменяются от 11–17° на южном крыле до 15–32° на северном крыле. В замковой части углы падения пород составляют 6–10°, а по мере приближения к оси – 2–5°. Горно-геологические условия отработки пластов благоприятные, только в зоне влияния Юнкомовского надвига и связанного с ним флексурного перегиба условия усложняются.

Угольный пласт  $l_3$  – марка Т, мощность до 1,8 м, сложного строения, общая сера = 2,0 %. Пласт относится к несклонным к самовозгоранию угля, однако несколько зафиксированных случаев эндогенных пожаров в период с 1985 по 2004 гг. предполагают проведение дополнительных анализов геологических и физико-химических данных, а также постоянный контроль и мероприятия по предупреждению возникновения очагов нагревания и самовозгорания угля.

*Шахта “Пионер”, Донецкая область,  
Добропольский район*

Угольный пласт  $m_4^2$ . Пласт простого, однопачечного, реже двухпачечного строения, угол падения – до 14°. Марка угля ДГ, Г. Залегание пласта осложнено наличием Новоиверского надвига и Диагонального сброса, которые сопровождаются зонами повышенной трещиноватости.

Общая мощность – 0,82–1,99 м (средняя 1,06 м). Объемный вес – 1,28 т/м<sup>3</sup>, влажность – до 11,5 %, зольность чистых угольных пачек – 2,4–20,7 % (средняя 9,0 %), с учетом засорения – 11,5–38,7 %, общая сера – 2,3 %, выход летучих веществ – 40,6–41,3 %.

Предварительное заключение свидетельствует о том, что угольный пласт  $m_4^2$  по всему полю шахты “Пионер” был отнесен к несклонным к самовозгора-

нию. Однако в зоне расщепления пласта верхняя угольная пачка отнесена к углю, склонному к самовозгоранию.

*Шахта “Надежда”, Львовская область,  
Сокальский район*

Горно-эксплуатационными и геологоразведочными работами установлено интенсивное развитие разрывных нарушений, особенно с амплитудами до 5–6 м. Морфология угольных пластов изменчивая, наблюдаются утонения до нерабочей мощности и размывы пластов и вмещающих пород.

Угольный пласт  $p_7$  – марка Г-кокс, мощность 0,99 м, сложного строения, среднесернистый. В зонах геологических нарушений пласт  $p_7$  считается склонным к самовозгоранию. В марте 1988 года было зафиксировано самовозгорание угольного пласта.

#### **Заключение**

Склонность к самовозгоранию угольных пластов подлежит постоянному контролю и регулярно корректируется [2]. Заданием геологической службы на угольных шахтах является предоставление геологической характеристики участков с обязательным указанием всех факторов, которые способствуют самовозгоранию угля [1].

В настоящее время склонность угля к самовозгоранию определяется по методике, разработанной Научно-исследовательским институтом горноспасательного дела (НИИГД) и учитывающей четыре фактора: константу скорости окисления, дробимость, критическую температуру самовозгорания и теплоту поглощения кислорода. Но, как показывает практика, эта методика не идеальна, поскольку не учитывает таких факторов, как наличие зон геологических нарушений, влажность угля, газоносность пласта и др.

Статистика возникновения пожаров в угольных шахтах свидетельствует о том, что работы по исследованию склонности к самовозгоранию угля, защите шахт от эндогенных пожаров не теряют своей значимости в настоящее время. Более того, нет ни единой общепризнанной теории самовозгорания угля.

Высокий уровень пожароопасности в шахтах создает угрозу здоровью и жизни горнорабочих, влечет за собой значительные материальные затраты и приводит к снижению темпов угледобычи. Современные мероприятия по предупреждению самовозгорания угля не обеспечивают существенное снижение риска возникновения эндогенных пожаров в выработках добычных участков. Поэтому разработка новых или усовершенствование старых методов оценки склонности к самовозгоранию и мероприятий по его предупреждению является актуальной и своевременной.

Используя совокупность физико-химических свойств угля, данные о природных и горнотехнических условиях можно установить в ходе ведения горных работ потенциально опасные в отношении самовозгорания угля зоны в пределах выемочных участков и реализовать в этих зонах научно обоснованные технические решения по предупреждению эндогенных

пожаров. Это позволит обеспечить более эффективное и безопасное ведение горных работ в будущем.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Геологические работы на угледобывающих предприятиях Украины. – КД 12.06.204-99.
2. Правила пожежної безпеки для підприємств вугільної промисловості України. – НАПБ Б.01.009-2004.
3. Прогноз самовозгораемости углей в шахтах Донецкого бассейна по материалам геологоразведочных работ. – Ростов-на-Дону, 1971. – 14 с.

#### REFERENCES

1. Geologic work at coal mines in Ukraine. The instruction. – KD 12.06204-99. (In Russian).
2. The rules of fire safety for the coal industry of Ukraine. – NAPB B.01.009-2004. (In Ukrainian).
3. Forecast of Self ignition in the coal exploration work on the materials of the Donets Basin mines. – Rostov-na-Donu, 1971. – 14 p. (In Russian).

Рукопис отримано 26.09.2016.

**I. В. Васильєва**, геолог I категорії (Український державний геологорозвідувальний інститут), [vasileva\\_iv1982@mail.ru](mailto:vasileva_iv1982@mail.ru), ORCID-0000-0002-5487-9896

#### **ГЕОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ ВПЛИВУ НА ВИНИКНЕННЯ ЕНДОГЕННИХ ПОЖЕЖ У ВУГІЛЬНИХ ШАХТАХ**

*Ендогенні пожежі у вугільних шахтах виникають унаслідок довільного самозаймання вугілля й горючих матеріалів, спричиненого окисненням корисних копалин киснем і підвищенням їхньої температури. Розвиваються такі пожежі повільно, поступово.*

*Здатність вугілля довільно спалахувати внаслідок низькотемпературного окиснення киснем повітря називають самозайманням. Хімічна активність добувних порід і геологічні особливості їхнього залягання є природними чинниками виникнення ендогенних пожеж.*

*Щорічно в шахтах України реєструють кілька десятків ендогенних пожеж, які в середньому становлять близько 30 % від загальної кількості пожеж у шахтах Донецького басейну. У статті розглянуто головні геологічні чинники впливу на виникнення ендогенних пожеж.*

**Ключові слова:** вугільна шахта, ендогенні пожежі, самозаймання вугілля, геологічні особливості будови вугільних пластів.

**I. V. Vasileva**, geologist I category (Ukrainian State Geological Research Institute), [vasileva\\_iv1982@mail.ru](mailto:vasileva_iv1982@mail.ru), ORCID-0000-0002-5487-9896

#### **GEOLOGICAL FACTORS INFLUENCED THE EMERGENCE OF ENDOGENOUS FIRES IN COAL MINES**

*All underground fires are divided into endogenous and exogenous.*

*The cause of exogenous fires – are external heat sources e.g. open flame, heating wiring, blasting and so on. Exogenous fires occur and spread rapidly, especially in the presence of intense ventilation.*

*Endogenous fires in coal mines are the result of a random spontaneous combustion of coal and combustible materials. They arise and develop slowly, gradually. Signs of incipient endogenous fire are increase in temperature, water and rocks, humidity rise, increasing the concentration of harmful gases.*

*Combustible materials or minerals are oxidized with oxygen, their temperature rises, and then a fire is appearing. Spontaneous combustion of coal is the ability to spontaneously ignite as a result of low-temperature oxidation with oxygen. Factors of endogenous fires are the reactivity extracted rocks and geological features of their occurrence.*

*Every year in the mines of Ukraine recorded a few dozen endogenous fires. Endogenous fires, on average about 30 % of the total number of fires in the mines of the Donets Basin. Endogenous fires lead among the other accidents at coalmines. The article describes the main geological factors influence the emergence of endogenous fires.*

**Keywords:** *coal mine, endogenous fires, excavation, spontaneous combustion of coal, geological features of the structure of coal seams.*