

УДК 622.822:541.128.24

Ф.А. Гольнская

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ О ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРАХ САМОВОЗГОРАНИЯ УГЛЕЙ

Проблема самовозгорания углей до настоящего времени остается нерешенной, причем как в отношении причин, вызывающих этот феномен, так и его предотвращение. Это явление наиболее часто наблюдается в угольных пластах подземных горных выработок.

Исследования в этой области показали, что возникновение эндогенного пожара обуславливается целым рядом физико-химических свойств угля, его качеством, геологическими и горнотехническими условиями залегания и эксплуатации угольных месторождений.

В естественных условиях главную роль в процессе самовозгорания угольных пластов играет их геологическое строение и качество углей, на основании чего были выделены так называемые «геологические факторы» самовозгорания углей. Исследования в Подмосковном буроугольном бассейне, где случаи самовозгорания углей наиболее часты, показали, что это явление происходит в результате действия некоторого комплекса геологических факторов.

Выделенный комплекс геологических факторов обеспечивает наличие активных к окислению веществ, свободный доступ кислорода воздуха к этому веществу и превышение скорости накопления тепла, образовавшегося в результате процессов окисления, над скоростью его оттока, что в результате приводит к

спонтанному самовозгоранию углей. Эти выводы были сделаны на основании изучения геологического строения угольных пластов и качества углей в очагах самовозгорания подземных горных выработок и угольных пластов, не опасных по самовозгоранию различных месторождений бассейна.

В связи с этим актуальным является изучение геологических факторов самовозгорания углей бассейнов, различающихся геологическим строением и качеством углей, и разработка новой концепции по проблеме самовозгорания углей в пластах в геологическом аспекте и ее практическое обоснование. Эти исследования предполагают решение следующих задач:

1. Изучение и обзор генетических особенностей формирования угольных пластов, склонных к самовозгоранию.

2. Разработка методов исследования и прогнозирования самовозгорания углей.

3. Изучение геологического строения, качества углей и процессов самовозгорания угольных пластов в угольных бассейнах России и зарубежья.

4. Выделение оптимального комплекса геологических факторов самовозгорания углей.

5. Создание модели прогноза самовозгорания углей с использованием геоинформационных технологий.

Условно можно выделить три группы причин, вызывающих самовозгорание углей.

Первая группа - это *генетические причины*, к которым отнесены условия формирования мощных угольных пластов, повышенного содержания сульфидов железа, генетической влажности, метана в углях, образования тектонической нарушенности и др.

К *физико-химическим* причинам самовозгорания отнесены степень метаморфизма углей, химический состав органической и неорганической их частей, вмещающих пород и породных прослоев, прочностные свойства пород и угля, пористость, трещиноватость и т.д.

Третья группа - *тектонические причины* самовозгорания углей. Здесь рассматриваются виды тектонической и атектонической нарушенности угольных пластов, в результате которой происходит разрушение и измельчение угольной массы, что приводит, во-первых, к облегчению доступа кислорода воздуха внутрь угольного пласта, во-вторых - к увеличению поверхности взаимодействия активных к кислороду веществ.

В основе методики исследования самовозгорания углей — сопоставление характеристик геологического строения и качества углей различных по отношению к самовозгоранию месторождений. Следовательно, одна из составляющих этой методики — изучение и анализ геологического строения и качества углей исследуемых бассейнов и месторождений, выявление различий и на их основе — установление факторов, влияющих на самовозгорание углей. Для этого используются результаты проводимых ранее исследований, т.е. за основу взяты геологические факторы самовозгорания углей, установленные для конкретных месторождений и бассей-

нов другими исследователями и дополненные автором при изучении проблемы в Подмосковном бассейне.

Первый шаг - это группировка месторождений по принадлежности их к различным тектоническим структурам (платформам, древним и молодым, краевым прогибам, межгорным областям и т.д.) и выделение в каждой группе месторождений т.н. «опасных» по самовозгоранию, на которых часты случаи самовозгорания углей, и «неопасных» по самовозгоранию, где такие случаи редки или отсутствуют вовсе.

Следующий шаг — установление параметров геологических факторов самовозгорания углей, и соответствующих параметров для месторождений, опасных по самовозгоранию.

Эти факторы условно можно объединить в две группы: а) *собственно геологические* - мощность угольного пласта, глубина его залегания и угол наклона, нарушенность, строение угольного пласта, вмещающие породы;

б) *физико-химические и вещественного состава* - степень метаморфизма, петрографический состав, зольность, влажность, выход летучих веществ, сернистость, минеральный состав, газоносность.

Исследования в разных бассейнах указывают на повышение вероятности самовозгорания углей с увеличением *мощности угольного пласта*, что связано, в первую очередь, с теплоизоляционными свойствами угля, препятствующими оттоку тепла, образовавшегося в результате реакций окисления угольного пласта. Считается также, что в мощных пластах увеличивается содержание минералов и органических микрокомпонентов, инициаторов самовозгорания углей. Самовозгорание углей под землей всегда является результатом взаимодействия между процессами теплообразования и теплопотери, которые зависят от

теплопроводимости, поэтому наличие большой толщи угля может оказать эффективное изолирующее действие.

Влияние *глубины залегания* угольного пласта (мощности перекрывающих отложений) рассматривается в двух аспектах. С одной стороны, известно, что в результате роста с глубиной температурного градиента увеличивается и температура угля, приближаясь к критической по самовозгоранию. С другой стороны, считают, что вблизи земной поверхности опасность самовозгорания увеличивается вследствие проникновения воздуха, что обусловлено повышенной трещиноватостью на глубину 50 м и более.

Угол наклона (угол падения) угольного пласта, как показывает практика, имеет значение как фактор самовозгорания, главным образом, при его разработке. Опасность самовозгорания резко увеличивается при разработке крутых пластов, что объясняется тем, что при выемке угля увеличивается зона обрушения и затрудняется изоляция выработанного пространства от вентиляционных выработок на земной поверхности. В результате этого создаются условия для притока воздуха к скоплениям угля в зонах обрушения.

Тектоническая нарушенность. Исследования показывают, что тектоническая нарушенность пласта увеличивает опасность самовозгорания вследствие того, что в результате горных работ оставляются целики угля, в которых часто развивается самовозгорание. Химическая активность в местах тектонических нарушений может быть повышенной вследствие деформации первичной структуры угольного пласта, так как при этом увеличивается трещиноватость и облегчается его дегазация. Очень опасны также скопления в выработанных пространствах измельченного угля: отбитый

уголь, оставленный в очистных забоях или оставшийся после внезапных выбросов угля и газа, разрушенные целики, если через них просачивается воздух, и т.д.

Строение угольного пласта как фактор самовозгорания рассматривается обычно для условий горных выработок. Некоторые исследователи считают, что опасны по самовозгоранию не столько сами угли, а, главным образом, межугольные прослойки. Условие строения угольного пласта, которое, как правило, сопровождается увеличением его мощности, способствует созданию пожароопасной ситуации: неустойчивости целиков и сохранению отдельных пачек в выработанном пространстве.

Степень метаморфизма. Проведенные в бурюгольных и каменноугольных бассейнах исследования показали, что химическая активность бурых углей в среднем в 3 раза превышает химическую активность каменных углей, хотя угли одной степени метаморфизма могут различаться по химической активности вследствие различных факторов: пористости, тектонической нарушенности и др. Снижение реакционной способности углей объясняют закономерным изменением их химического состава и внутреннего строения вещества в ряду углефикации.

О влиянии *петрографического состава* углей на их самовозгорание среди ученых нет единого мнения. В Донецком бассейне исследованиями установлено, что активность угля создается наименее устойчивыми к воздействию атмосферных агентов микрокомпонентами группы витринита. Причиной повышенной склонности к самовозгоранию углей с высоким содержанием витринита является, по видимому, наличие в нем активного водорода и его повышенная микро-

пористость, увеличивающая «проницаемость по отношению к окислителю». Содержащийся в углях фюзинит имеет слабую связь с самовозгоранием углей, а влияние липтинита еще меньше, чем фюзинита, поскольку липтиниты индифферентны как к окислителям, так и к микробиологическому воздействию.

Зольность в аспекте данной проблемы рассматривается как количественное выражение минеральной части угля.

Минеральное вещество, связанное с углем, действует как потребитель тепла. Следовательно, в природных условиях при окислении угля экзотермические реакции активной к кислороду части угля будут компенсироваться эндотермическими реакциями минеральных компонентов.

В то же время с увеличением минеральной части углей, а следовательно, и с повышением зольности, возрастает вероятность наличия в них активных к окислению минералов, например, сульфидов железа.

Влажность - один из важнейших параметров, влияющих на нормальное течение реакции окисления углей с образованием комплексных соединений. Установлено, что в сухих образцах угля тепловой обмен, вызываемый окислителем, имеет одинаковый характер как в угле, так и в пирите. Однако если уголь увлажнить, то реакционная способность его удвоится, а реакционная способность тонкодисперсного пирита возрастет в 10 раз.

Выход летучих веществ в некоторых случаях рассматривается как параметр, входящий в расчеты каких-либо параметров процесса самовозгорания углей. Например, в Донецком бассейне он используется как показатель степени метаморфизма углей при расчетах вероятности возникно-

вания эндогенных пожаров (Лапин А.А., Васякова А.В., 1975).

Особенно эффективно выход летучих применяется при определении склонности к самовозгоранию каменных углей разной степени углефикации.

Сернистость влияет на самовозгорание углей в том случае, если она связана с содержанием сульфидов железа (пирита и марказита), которое бывает в углях достаточно высоко.

Еще в начале XVIII века Юстусом Либихом была обнаружена способность сульфидов железа активно взаимодействовать с кислородом с выделением тепла и тем самым способствовать самонагреванию и самовозгоранию углей. Однако последующие исследования показали, что, во-первых, соотношение скорости накопления тепла при окислении пирита и скорости оттока тепла таково, что не позволяет достичь самовоспламенения угля. Во-вторых, исследования в различных бассейнах показали, что самовозгорание может происходить и в низко-сернистых (S_t^d менее 1,5 %) углях, например, в Кузнецком (S_t^d 0,4 - 0,6 %), Канско-Ачинском (S_t^d 0,45 %) бассейнах.

В настоящее время последователи «пиритной» теории отводят сульфидам железа роль химического инициатора реакций окисления и самовозгорания, которая состоит в химическом воздействии на уголь продуктов окисления пирита, например, свободной серной кислоты, в результате чего образуются «активные сульфопроизводные» угля, обладающие повышенной активностью по сравнению с исходным углем.

Газоносность. На развитие процесса самовозгорания оказывает влияние содержание метана в угле, а также характер и скорость дегазации его из угольных скоплений. Содержа-

ние метана в угле зависит от природной метаноносности, угла падения и мощности пласта, гранулометрического состава, тектонических нарушений, структуры угля, устойчивости горного массива и горнотехнических факторов.

Присутствие метана препятствует окислению угля и понижает его химическую активность. Механизм этого явления заключается в следующем. Из отбитого угля происходит струйное выделение метана, которое препятствует поступлению кислорода в поры. Со временем струйное выделение метана ослабевает и его заменяет диффузионное. Устанавливается стационарный процесс: навстречу друг другу диффундируют метан и кислород. Тормозящее действие метана проявляется еще и в том, что он, разбавляя кислород в порах угольного зерна, уменьшает его концентрацию.

Таким образом, при повышении остаточной метаноносности угля и концентрации метана в газовой среде процесс самовозгорания угля замедляется, уменьшая пожароопасность.

Изучение самовозгорания углей угольных бассейнов России и зарубежья позволяет выявить общие закономерности в причинах и механизме процесса самовозгорания углей, и, наряду с этим, показать разнообразие предпосылок к возникновению самовозгорания углей в угольных бассейнах с различными тектоническим

строением, степенью преобразованности и вещественным составом углей.

Создание моделей прогнозирования самовозгорания углей является логическим продолжением установления многофакторности этого явления.

Накопленный к настоящему времени теоретический и фактический материал позволяет использовать для изучения и прогнозирования самовозгорания углей геоинформационные технологии. Изучаемый процесс протекает в постоянно меняющейся геодинамической обстановке, элементы которой (тектонические условия, геологическое строение, климат, характер обводненности недр и др.) можно представить как подсистемы геоинформационной системы процесса самовозгорания углей, между которыми существуют природой обусловленные связи. Угольный пласт, в котором происходят процессы окисления, саморазогревания и самовозгорания угля, можно рассматривать как объект, на который воздействует данная геоинформационная система, или как составную часть этой системы.

Геоинформационная система самовозгорания углей может быть использована для исследования самовозгорания углей в угольных бассейнах различных тектонических типов и с углями различной степени метаморфизма. **ГИАБ**

Коротко об авторе

Голынская Ф.А. – кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Московский государственный горный университет.

