

В. Е. Забига́йло, В. В. Луки́нов**ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗА
ВЫБРОСООПАСНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД
НА УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ**

Приведено геологическое обоснование роли и значения процессов литогенеза и тектогенеза в формировании региональных и локальных закономерностей изменения выбросоопасности горных пород на шахтах. Показана актуальность и целесообразность использования показателей геологических условий и факторов при прогнозе газодинамических явлений.

Газодинамические явления, происходящие в забоях горных выработок, характеризуются быстрым разрушением призабойной части газонасыщенного массива, обладающего определенными физико-механическими свойствами, под воздействием горного давления, давления газа и сил гравитации [1], сопровождаются отбросом разрушенной породы и интенсивным газовыделением, превышающим обычное для условий данной выработки.

Характер и объемы разрушений в результате выбросов определяются сложным взаимодействием свойств и напряженного состояния газонасыщенного массива.

В явлениях «выброс угля» и «выброс породы» есть общие черты и различия. Попытаемся их конкретизировать. В угольных пластах выбросы происходят как самопроизвольно, т. е. без видимого воздействия внешних факторов, не считая внедрения выработки в горный массив, или после действия небольших внешних возбудителей — удар по забою, бурение шпура или скважины — они относятся к категории «внезапные выбросы», так и спровоцировано, в результате проведения взрывных работ, обычно в режиме сотрясательного взрывания. Такие выбросы относят к категории «выбросы при сотрясательном взрывании». Выбросы пород (на шахтах Донбасса — песчаников) происходят при ведении взрывных работ. Следовательно, взрыв как условие резкого перераспределения напряжений в призабойной части горного массива является инициатором выбросов и угля, и пород. Причем при выбросах пород он обязателен, а при выбросах угля его функцию может выполнять механическое воздействие на пласт, т. е. в этом случае достаточно и медленное перераспределение напряжений в призабойной части пласта, вызванное либо условиями проведения горной выработки (внезапный выброс без видимых внешних воздействий), либо механическим воздействием на пласт (в процессе бурения шпуров, скважин, ударов инструмента по забою и др.).

Следующей общей характеристикой является верхняя граница выбросов. Закономерное уменьшение глубины верхней границы выбросов угля и газа с увеличением степени метаморфизма углей и уменьшением глубины зоны газового выветривания [2—4] свидетельствует о геологической обусловленности создания необходимых условий для проявления выбросов.

Наличие верхней границы выбросов и для углей, и для пород характеризует глубину как фактор, определяющий напряженное состояние, а также как условие для накопления необходимого количества газа в пласте. Различие в глубинах верхних границ выбросов угля и пород можно объяснить различием их физико-механических свойств.

Выброс угля развивается в пределах пласта или отдельной его пачки, и не затрагивает породы кровли и почвы. Это подтверждает положение А. А. Скочинского о том, что выброс нельзя рассматривать как взрыв [5]. Выбросы в песчаниках также не переходят во вмещающие их алевролиты и аргиллиты. В результате выбросов образуются характерные полости, а выброшенный уголь или песчаник часто раздроблены до пыли. В случаях выбросов угля эту пыль называют «бешеной мукой». На стенках полости выброса песчаника наблюдается чешуйчатость, обусловленная наличием тонких пла-

© В. Е. Забига́йло, В. В. Луки́нов, 1993

стин и трещин, параллельных стенкам полости, которая не зависит от ориентировки слоистости и направления проведения выработки.

Уголь и песчаник характеризуются существенным различием физико-механических свойств, газоносности, газоотдачи, что, по-видимому, определяет различие как в развязывании, так и в протекании процесса выбросов в угольных пластах и пластах песчаников.

Статья академика А. А. Скочинского [5], в которой он изложил газодинамическую концепцию выбросов угля и газа и подробно рассмотрел роль отдельных факторов — давления горных пород, заключенного в угле газа, физико-механических свойств, микро- и макроструктуры угля, строения угольного пласта, определенное взаимодействие которых вызывает внезапный выброс и определяет протекание его, была написана в то время, когда сведений о выбросах пород и газа в печати еще не было. Точнее, первая публикация о выбросе пород появилась в 1957 г. в журнале «Уголь Украины» [6], в которой В. А. Шатилов описал выброс, произошедший на шахте 1-5 «Кочегарка» в Центральном геолого-промышленном районе Донбасса, при пересечении на глубине 750 м главным южным квершлагом песчаника m_8Sm_8 . Интенсивность выброса составила 300 т. По-видимому, первым в Донбассе следует считать выброс песчаника, произошедший в 1947 г. при проходке ствола на шахте «Ново-Центральная». Выброс произошел на глубине 800 м, а впервые сведения о нем были опубликованы И. В. Бобровым в 1965 г. [7]. В работах А. А. Скочинского проблема выбросов пород не рассматривается, однако, исходя из положения о том, что выброс породы и газа представляет собой газодинамическое явление, так же, как и в случае с углем, обусловленное действием трех основных факторов, попытаемся рассмотреть роль и влияние каждого из них на выбросоопасность пород с тех позиций, с которых их рассматривал А. А. Скочинский.

Растрескивание и разрыхление угля вблизи кромки забоя под действием сил газового давления уменьшают его прочность и в целом готовят пласт к внезапному движению. При пересечении горной выработкой песчаника, давление горных пород не вызывает его растрескивания, разрыхления и уменьшения прочности в призабойной части. Поэтому в песчаниках отсутствуют внезапные выбросы. Давление горных пород влияет на изменение газопроницаемости углей и песчаников на различных расстояниях от груди забоя и, следовательно, на распределение давления газа, на его расход и количество энергии, которая может быть выделена в процессе выброса. Переход давления горных пород из статической в динамическую форму, вследствие разрушения призабойной части угольного пласта (или песчаника в результате взрыва), ведет к образованию новых поверхностей десорбции, каналов для сброса давления газа и освобождению энергии газа, а также к освобождению упругой энергии угля (или песчаника), усиливающей динамический эффект выброса.

А. А. Скочинский считал, что статический и динамический напоры газа неспособны возбудить выброс. Для этого необходимы: достаточная газоносность угля (породы) — быстрое растрескивание с образованием больших площадей свежееобнаженного угля, обеспечивающих многократное усиление фильтрации и десорбции, а в случае выброса породы — растрескивание песчаника и зерен кварца, обеспечивающих многократное усиление фильтрации за счет увеличения открытой пористости и обнажения закрытых пор; образование каналов, трещин в растресканном или дробленном угле (песчанике), обеспечивающих быстрое расширение и истечение газа в выработку, и образование большого перепада давления между зоной газовыделения и атмосферой выработки. Газ, за счет мгновенного перепада давления, измельчает уголь (породу) до тонкой пыли.

Поэтому, на наш взгляд, справедливо положение А. А. Скочинского о том, что давление горных пород является основным фактором развязывания выброса (при необходимом условии взрыва), а газ является основным фактором, осуществляющим выброс.

По мнению А. А. Скочинского, влияние структурного фактора на возбуждение и развитие внезапных выбросов проявляется в обеспечении

«благоприятных» условий освобождения потенциальной энергии горных пород и газа. Это же положение справедливо для песчаников. Неоднородность структуры угля, а для песчаника изменения его вещественного состава и структурно-текстурных характеристик, является причиной неравномерности протекания процессов деформации и разрушения. Пониженная прочность (для угля повышенная разрушаемость) определяет скорость и глубину процесса, количество работы, затраченной на разрушение. Мелкая трещиноватость и пористость благоприятствует выбросу.

Термины «структура угля» и «структура пород» несут различную смысловую нагрузку. А. А. Скочинский считал, что структура угля отражает комплекс физико-механических, коллекторских и сорбционных свойств, которые, в свою очередь, определяют прочность угля, устойчивость пласта в отношении опасных проявлений сил горного давления, скорость газовыделения и мощность работы, выполняемой газом при его освобождении, газоносность угля и запасы потенциальной энергии газа, которые могут быть реализованы при внезапном выбросе.

Структура пород определяет совокупность морфологических особенностей строения минеральных агрегатов, характеризующихся формой, размерами и способом сочетания минеральных ингредиентов (в большинстве случаев кристаллических зерен минералов), которые слагают породу. От структуры пород зависят физико-механические и коллекторские свойства, влияющие на устойчивость, скорость газовыделения, газоносность, а также запасы потенциальной энергии деформаций и энергии газа, которые могут быть реализованы при выбросе.

Следовательно, и для горных пород справедливо положение А. А. Скочинского о роли физико-механических свойств и структуры как одного из основных факторов выбросоопасности.

По мнению А. А. Скочинского, концепция остаточных тектонических напряжений не имеет какого-либо практического значения, а влияние геологических условий угольных месторождений состоит в том, что они определяют структуру и механические свойства пластов угля, газоносность, газоотдачу, угол падения пластов. В этом аспекте основная задача геологического прогноза выбросоопасности состоит в определении методов выделения в песчаниках геологических тел (слоев), характеризующихся комплексом свойств, сформировавшихся в определенных геологических условиях и способствующих проявлению выбросов. В зависимости от масштабов обобщения, решения этой задачи можно использовать для региональной оценки выбросоопасности, локального или текущего прогноза. Основными геологическими факторами, которые анализировались при систематизации сведений о самом явлении выбросов, о их количестве, вещественном составе, свойствах, газоносности выбросоопасных и выбросонеопасных песчаников, были следующие: современная глубина залегания, литологический тип породы (условия седиментации), степень катагенетических преобразований (степень метаморфизма или, для клареновых углей Донбасса, марка угля).

Одним из главных природных факторов, определяющих выбросоопасность горных пород, является глубина залегания (разработки), с увеличением которой возрастает горное давление. Этот факт отражается на определенной (не менее 650 м) глубине, с которой начинают происходить выбросы при проведении выработок буровзрывным способом, т. е. при соблюдении условий мгновенного перераспределения напряжений в призабойной части выработки. Кроме того, глубина влияет на изменение физико-механических свойств, влажности, давления газа и газонасыщенности горных пород, что позволило рассматривать ее как комплексный критерий регионального районирования выбросоопасности.

Влияние условий образования пород на выбросоопасность состоит в том, что они определяют структуру, физико-механические свойства, газоносность и газоемкость.

Выбросы породы и газа происходят в песчаниках определенного литогенетического типа — русловых, подводных выносов рек, прибрежно-морских и не происходят в песчаниках пойм, озер, мелководных лагун, заболачиваю-

щихся водоемов. Выбросонеопасные песчаники перечисленных выше литогенетических типов отличаются от выбросоопасных меньшими значениями открытой пористости, содержанием обломочного и регенерационного кварца, протяженностью контактов, диаметром зерен, большими значениями содержания глинисто-слюдистых минералов, а также влажностью. Еще более контрастны эти различия между песчаниками и алевролитами с аргиллитами, что обусловило отсутствие выбросов в последних. В геологическом разрезе песчаники представляют полигенетические комплексы, поэтому выделение и обобщение отдельных свойств литогенетических типов должно проводиться не по толще песчаника, а по отдельным слоям. При систематизации геологических данных о выбросах в качестве основного критерия разделения пород на стадии и этапы постдиагенеза, в частности этапы начального и глубинного катагенеза, начального метагенеза, принимается марка угля, а обобщения характеристик минерального состава и структурно-текстурных особенностей песчаников проводятся как по стадиям их постдиагенетического преобразования, так и по литогенетическому типу.

У песчаников, ранжированных по увеличению степени метаморфизма вмещаемых углей, наблюдаются направленные изменения свойств (пористости, предела прочности на разрыв, динамического модуля Юнга) и структурно-текстурных характеристик (протяженности контактов между породобразующими зернами минералов, трещиноватости). Наибольшее изменение показателей свойств происходит при переходе от песчаников зоны распространения углей марки Д к песчаникам зоны распространения углей марок Г и Ж, а при более высоких степенях метаморфизма такое изменение незначительно. Метаморфизм углей способствует образованию и накоплению метана в песчаниках из рассеянных органических включений. Однако не менее важным является влияние процессов катагенеза на изменение коллекторских свойств песчаников.

Рассматривая катагенез пород (метаморфизм углей) как результат действия факторов давления и температуры на горные породы, необходимо помнить, что формирование указанных выше свойств (пористости, влажности) происходило в литифицированных осадках, в частности в песчаниках, отличающихся по свойствам, и потому процессы катагенеза протекали по-разному в песчаниках, отличающихся по генетическим признакам. Поэтому, не отрицая значения, которое принадлежит процессам катагенеза в изменении (ухудшении) коллекторских свойств пород, следует учитывать и генетическую принадлежность, так как это может внести коррективы при определении локальных границ выбросоопасности. Весьма спорным и противоречивым является вопрос о значении тектоники в проявлении выбросов. Тектоника рассматривается нами не как фактор, определяющий существование остаточных тектонических напряжений, или формирующий напряжения под действием современных тектонических движений, а с позиций ее влияния на формирование структурно-текстурных особенностей, физико-механических и коллекторских свойств песчаников.

Процессы осадконакопления и постдиагенетического преобразования песчаников, на которые определенное влияние оказал тектогенез, обусловили вещественный состав, структуру, текстуру, физико-механические свойства, газоносность, изменчивость строения песчаных толщ по площади и в разрезе. Изучение закономерностей протекания перечисленных выше процессов литогенеза песчаников и сопоставление их с региональными и локальными особенностями изменения выбросоопасности горных пород является геологической основой решения задач прогноза газодинамических явлений в угольных шахтах.

По масштабам своего воздействия на изменение свойств и состояния породного массива геологические условия и факторы делятся на региональные и локальные. Четкую границу между этими факторами провести трудно, однако каждый из них может занять приоритетное положение при разработке региональных или локальных методов прогноза. Такой подход был положен в основу разработанных методов прогноза выбросоопасности горных пород по геолого-разведочным данным [8] и локального прогноза на шахтах [9], эффек-

тивность внедрения которых подтверждается практикой ведения работ на угольных месторождениях.

1. *Прогноз и предотвращение выбросов пород и газа* / В. Н. Потураев, А. Н. Зорин, В. Е. Забигаило и др. — Киев : Наук. думка, 1986. — 160 с.
2. *Лукинов В. В.* О связи верхней границы зоны метановых газов и первого появления выбросов // *Выбросы угля, породы и газа*. — Киев : Наук. думка, 1976. — С. 73—74.
3. *Геологические условия выбросоопасности угольных пластов Донбасса* / Под ред. В. Е. Забигаило. — Киев : Наук. думка, 1980. — 189 с.
4. *Забигаило В. Е., Лукинов В. В., Зражевская Н. Г.* О минимальной глубине выбросов угля и газа на шахтах // *Уголь Украины*. — 1985. — № 5. — С. 41.
5. *Скочинский А. А.* Современные представления о природе внезапных выбросов угля и газа в шахтах и меры борьбы с ними // *Уголь*. — 1954. — № 7. — С. 4—10.
6. *Шатилов В. А.* Внезапный выброс породы // *Уголь Украины*. — 1987. — № 7. — С. 29—30.
7. *Бобров И. В.* Выбросы породы при проведении горных выработок в Донецком бассейне // *Вопросы безопасности в угольных шахтах*. — М. : Недра, 1965. — Вып. 17. — С. 143—164.
8. *Выбросоопасность горных пород Донбасса* / В. Е. Забигаило, В. В. Лукинов, А. З. Широков. — Киев : Наук. думка, 1983. — С. 279.
9. *Лукинов В. В.* Литогенез песчаников Донбасса и локальный прогноз их выбросоопасности на шахтах : Автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук. — Новочеркасск, 1990. — 36 с.

Ин-т геотехн. механики АН Украины,
Днепропетровск

Получено 22.01.92

УДК 622.413.4:621.57

Ю. А. Цейтлин

РАЦИОНАЛЬНЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ НОРМАЛИЗАЦИИ ТЕПЛОВЫХ УСЛОВИЙ В ГЛУБОКИХ ШАХТАХ ДОНБАССА

Рассмотрены основные задачи, решение которых необходимо для обеспечения нормализации тепловых условий в глубоких шахтах. Показано, что прогноз тепловых условий в горных выработках — задача с неопределенными исходными данными, которую можно решить лишь в вероятностной, а не детерминированной постановке. Изложены требования к методам проектирования систем кондиционирования воздуха в шахтах и управления этими системами, обеспечивающие необходимую надежность нормализации тепловых условий в горных выработках.

Нормализация тепловых условий в горных выработках глубоких шахт Донбасса является одной из важнейших проблем, без решения которой невозможно дальнейшее развитие этого бассейна. Непрерывное углубление горных работ приводит к тому, что все больше шахт Донбасса нуждаются в искусственном охлаждении воздуха. Характерны в этом отношении следующие данные: в 1965 г. температура вентиляционного воздуха превышала допустимую величину на 35 шахтах Донбасса, причем в неблагоприятных тепловых условиях работало 9 тыс. шахтеров; в 1975 г. эти цифры были соответственно равны 65 шахтам и 21 тыс.; в 1985 г. — 80 и 33 тыс. и, наконец, в текущем году — 88 шахтам и 62 тыс. шахтеров.

Несмотря на то что на 49 шахтах бассейна применяется искусственное охлаждение воздуха, в том числе с помощью 34 мощных стационарных и полустационарных холодильных установок, проблема не становится менее острой, тем более что во многих случаях наличие системы кондиционирования воздуха в шахте (СКВШ) еще не является гарантией нормализации тепловых условий на рабочих местах.

Проблема нормализации тепловых условий в горных выработках глубоких шахт включает четыре основные задачи: разработка научно обоснованных нормативных значений параметров воздуха, обеспечивающих в условиях

© Ю. А. Цейтлин, 1993