

# Предварительное предотвращение газодинамических проявлений при проведении пластовых выработок узким забоем

Изложены базисные составляющие достижения высокого уровня концентрации ведения горнотехнологических работ и пути совершенствования буровзрывного способа предварительного создания в выбросоопасном массиве местных зон разгрузки для последующего безопасного проведения в них горных выработок.

**Ключевые слова:** напряженное состояние, природный массив, предварительная разгрузка, проведение выработок, газодинамические проявления.

**Контактная информация:** e-mail: nshlupkin@yahoo.com

Извлекаемый из недр Земли уголь – главный собственный энергоноситель Украины. Его объемная доля составляет 94–96 % и всего 4–6 % – это доля добычи нефти и газа. В Донбасе разрабатывают высокогазоносные пласты – в основном тонкие и примерно до 10 % средней мощности (от 1,2 до 1,8–1,9 м). Высокогазоносные пласты (50–60 %) потенциально опасны по газодинамическим проявлениям. В предстоящие годы, особенно в период длительного кризиса, генеральным направлением увеличения добычи угля и уменьшения издержек производства должно стать обеспечение высокой концентрации горных работ, базирующейся на применении комбинированной системы разработки, отработке запасов этажей или ярусов высоконагруженными лавами с подвиганием их обратным ходом (от границ шахтного поля, панелей или горизонтов).

Применяемая в настоящее время комбинированная система разработки [1, 2] включает: подготовку угольного столба одним конвейерным штреком; отработку запасов этажа или яруса высоконагруженной лавой; повторное использование конвейерного штрека; подачу свежего воздуха по двум штрекам ко входам в призабойное пространство лавы; движение струи воздуха в лаве в нисходящем порядке (по падению пласта); поддержание позади лавы только конвейерного штрека; подсвеживание исходящей из лавы струи воздуха на сопряжении с конвейерным штреком; движение загрязненного воздуха по конвейерному штреку на фланговую наклонную выработку.

В части уменьшения газодинамических проявлений комбинированная система разработки обладает рядом существенных преимуществ. Так, в 2 раза сокращается длина сооружаемых участков штреков при подготовке последующего угольного столба (нижнего по падению). Опыт работы шахт свидетельствует, что при бесцеликовой отработке запасов этажей или ярусов высоко-



**М. П. ЗБОРЩИК,**  
доктор техн. наук  
(ДонНТУ)



**С. А. КАЛЯКИН,**  
доктор техн. наук  
(ДонНТУ)

нагруженными лавами при производстве очистных работ газодинамические проявления не наблюдались. Отсутствие выбросоопасности при выемке угля обусловлено положительным влиянием комплекса применяемых технологических решений: разгрузка и дегазация угольного столба (предварительное проведение участковых штреков); уменьшение во времени скоростей оседаний пород подработанной толщи по нормали к напластованию; рассеивание дополнительного горного давления на увеличенной опорной площади [1]; повышенное истечение метана из угольного массива в призабойное пространство лавы (нет резкого пика прироста опорного давления вблизи обнаженной плоскости очистного забоя). Кроме того, есть воз-

возможность планировать запас времени для проведения работ по устранению непредвиденных трудностей. Применение трапецевидной формы площади поперечного сечения конвейерных штреков вместо сводчатой и выемка только пород почвы пласта – залог повышения устойчивости выработок при воздействии на них вредного влияния очистных работ и уменьшения опасности газодинамических проявлений.

В публикациях [1, 2] рассмотрены пути и способы повышения и сохранения устойчивости конвейерных штреков при их первичном и повторном восприятии вредного влияния очистных работ. Для этого необходимо обеспечить высокое качество сооружения конвейерных штреков, что связано с использованием собственных (внутришахтных) трудовых и творческих резервов повышения устойчивости выработок в периоды влияния двух последовательно отрабатываемых высоконагруженных лав.

Следовательно, при комбинированной системе разработки с подвиганием высоконагруженных лав обратным ходом основная опасность возможных газодинамических проявлений сохраняется при проведении конвейерных штреков в угленосном массиве вне зон влияния очистных работ.

В настоящее время широко применяют текущее прогнозирование потенциальной опасности газодинамических проявлений при разработке высокогазоносных пластов. Значимость и полезность такого прогноза достоверно подтверждена многолетним опытом работы шахт. Однако назрела необходимость в применении регионального прогнозирования выбросоопасности разрабатываемых шахтопластов в границах отработки запасов этажа или яруса, т. е. до начала проведения конвейерных штреков. Это обусловлено тем, что при отработке запасов высоконагруженными лавами длина крыла этажа или яруса нередко достигает 2–2,5 км по простиранию. На площади участков большой длины в угленосном массиве действуют неравномерные уровни составляющей тектонических напряжений. Если на площади предполагаемой подготовки угольного столба есть природные аномальные зоны, то в границах каждой зоны следует определять участки повышенной потенциальной опасности газодинамических проявлений [3–5], т. е. оконтуривать их площади.

Установлено [6], что при тектонической пликативной нарушенности угленосного массива (без разрыва его сплошности) природные аномальные зоны выпуклой (антиклинальной), вогнутой (синклинальной) и седловидной форм залегания шахтопластов с градиентами кривизны  $0,25 \text{ км}^{-1}$  и более весьма опасны по газодинамическим проявлениям. Поэтому требуется заранее определять технологические меры предотвращения или существенного уменьшения возможных газодинамических проявлений (например, уменьшение скорости проведения штреков, бурение разгрузочно-дегазационных шпуров или скважин малого диаметра).

На особо выбросоопасных участках природных аномальных зон в целях повышения безопасности работ следует применять как региональное, так и текущее прогнозирование возможных газодинамических проявлений. При относительно плоском залегании шахтопластов и градиентах кривизны примерно до  $0,2 \text{ км}^{-1}$  текущее прогнозирование выбросоопасности в пределах части или всей длины крыла отрабатываемого этажа или яруса можно не осуществлять. Это дополнительный источник уменьшения издержек производства при добыче угля. В конкретных условиях приемлемое решение утверждает главный инженер шахты (паспорт проведения горной выработки).

В условиях Донбасса хорошо освоены комбайновый и буровзрывной способы проведения участковых и подготавливающих выработок. В период кризиса неизбежно расширение области применения буровзрывного способа проведения выработок. Многие шахты не имеют финансовых средств для приобретения дорогостоящих проходческих комбайнов, с каждым годом шахтам уменьшают суммы дотаций на покрытие убытков добытого угля, нередко приходится подготавливать угольные столбы малой длины по простиранию и т. д. Известно, что технологически комбайновый способ проведения выработок лучше буровзрывного. В каждом конкретном случае на выбор способа проведения выработок влияет комплекс природных, технологических, финансовых и других факторов.

**Проведение выработок комбайнами** рассмотрим на примере сооружения конвейерных штреков. В Донбассе природные условия благоприятны для применения комбайнов. В почве

разрабатываемых шахтопластов залегают преимущественно глинистые и песчаные сланцы (до 95–96 %), коэффициенты крепости которых по Протодяконову не превышают 5–6 единиц. В сооружаемых штреках кровля остается плоской и ее породы не травмируются исполнительными органами комбайнов. Площадь поперечного сечения штрека пересекает пласт и заглубляется в подстилающие породы почвы пласта. При этом подошвой штрека обычно служит слой пород относительно повышенной прочности. Податливые трапециевидные рамы крепи из спецпрофиля плотно прилегают к контуру штрека. Возведение рамной крепи осуществляется с максимально возможным предварительным распором. Такие природные и технологические особенности направлены на увеличение остаточной прочности и устойчивости пород в окрестности сооружаемой выработки. Исследованиями ученых ИГД им. А. А. Скочинского установлено, что площадь поперечного сечения штрека в свету  $12 \text{ м}^2$  вполне достаточна для выноса и расположения в нем головки и привода лавного конвейера.

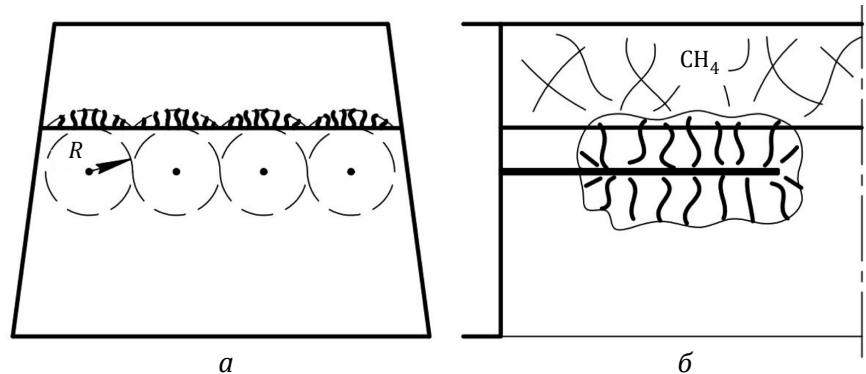
При подготовке угольного столба и проведении конвейерного штрека узким забоем вне зоны влияния очистных работ способ предварительного предотвращения газодинамических проявлений базируется на принципе локальной разгрузки, дегазации пласта и вмещающих пород. Способ достаточно простой, безопасный и малозатратный. Достоверность его подтверждена многолетним опытом работы шахт. Он включает бурение в породах почвы (по падению напластований) одного ряда разгрузочно-дегазационных скважин диаметром не более 75 мм.

Место расположения ряда скважин находится в границах полосы обнаженных пород: расстояние по нормали от почвы пласта до верхней границы полосы – не менее 0,2 м, до нижней границы – примерно 0,3–0,4 м. Длина скважин по простиранию не превышает 55–60 м, расстояние (по падению) между ними 0,9–1 м, в ряду примерно шесть скважин, угол наклона скважины в глубину подстилающих пород почвы не более  $10^\circ$ . При дли-

не крыла этажа или яруса 1500–2000 м период проведения конвейерного штрека будет составлять не более 6–7 мес (средние темпы его проведения примерно 300 м/мес).

Разрушение пород почвы и пласта (создание локальной зоны предварительной разгрузки пласта и вмещающих его пород) схематически показано на рис. 1. В качестве взрывчатых веществ используют предохранительные аммониты IV класса (типы Ф5, П5, ГФ5). Скважины заполняют патронами аммонита диаметром 36 мм; в полиэтиленовом рукаве с детонирующим шнуром формируют камуфлетные заряды, которые заливают водой. Устья скважин не менее чем на 1 м заполняют эластичной глиняной забойкой. Камуфлетные заряды ряда разгрузочных скважин взрывают без замедлений (мгновенно) и за один прием. После взрывания камуфлетных зарядов резко возрастает скорость истечения метана и сопутствующих газов из локальной зоны разгрузки. В итоге угольный пласт становится не опасным по газодинамическим проявлениям.

При комбайновой выемке пласта и пород почвы используют простую и удобную временную крепь – под кровлю быстро возводят прямолинейный верхняк постоянной рамной крепи и гидростойками с большим предварительным распором прижимают его к породам плоской кровли. Позади комбайна осуществляют армирование анкерами пород кровли (включая подшивку к ней верхняков) и установку податливых боковых стоек рамной крепи из спецпрофиля, а также последующий перенос гидростоек для возведения временной крепи.



**Рис. 1.** Схема предварительного создания в массиве местной (локальной) зоны разгрузки для последующего проведения в ней конвейерного штрека по комбайновой технологии: а – расположение разгрузочных скважинных зарядов; б – схема разгрузки пласта и расположение в почве пласта скважинных зарядов.

Для предотвращения или уменьшения вдавливания крепи в подстилающие породы подошвы выработки к боковым стойкам постоянной рамной крепи из спецпрофиля приварены опорные металлоплиты. Однако чаще всего они вдавливаются в слабые глинистые или песчанистые сланцы, особенно при их увлажнении (размокании). Вдавливание опор крепи – один из существенных факторов уменьшения устойчивости конвейерного штрека при его повторном использовании. Уменьшить отрицательное влияние этого фактора можно сочетанием двух технологических условий: увеличив площадь привариваемых опорных металлоплит и установив опорные плиты на гладкий слой песка. При этом площадь подстилающих пород должна быть шероховатой (гладкую опорную площадь следует превратить в шероховатую). На площадях природных аномальных зон высоких напряжений дополнительно следует устанавливать анкеры, чтобы их стержни препятствовали горизонтальным сближениям опорных плит боковых стоек рамной крепи (каждая плита испытывает отпор двух анкеров). Это обусловлено тем, что в аномальных зонах уровень напряжений в плоскости напластования значительно выше по сравнению с напряжением по нормали к напластованию.

Применение комбайнов – наиболее прогрессивное направление сооружения конвейерных штреков. Однако комбайновая технология, особенно в условиях Донбасса, имеет существенный недостаток – погрузка смеси угля и пород на ленточный конвейер и транспортировка ее конвейерами вплоть до угольного бункера околоствольного двора шахты. В итоге возрастает зольность угля, а следовательно, издержки его производства. Например, при проведении 1 м штрека площадью сечения  $12 \text{ м}^2$  по пласту мощностью 1 м примерно 7 т угля засоряется 20–22 т породы (в 3 раза больше). Поэтому при проведении участков и подготавливающих выработок выемку и погрузку на конвейер угля и породы желательно осуществлять отдельно. Шахтную конвейерную сеть следует модернизировать, чтобы породу аккумулировать отдельно от угля, оставлять ее в подземных выработках шахты или выдавать на поверхность и складировать в отвалах. В прошлые годы отраслевой институт ДонУГИ проводил исследования по уменьшению засорения породой смеси при перегрузке ее с участкового конвейера на

сборный, расположенный в подготавливающей наклонной выработке. Возобновление таких исследований – неотложная задача совершенствования технологии проведения выработок комбайнами и уменьшения себестоимости добытого угля.

**Буровзрывной способ** создания локальных зон предварительной разгрузки пласта аналогичен комбайновому. Различие лишь в том, что в породах почвы пласта вместо скважин диаметром до 75 мм бурят ряд разгрузочных шпуров длиной 4,1 м. На выбросоопасных пластах Правилами безопасности ограничена длина заходки по углю – не более 2 м. Поэтому длина предварительной разгрузки пласта в 2 раза больше по сравнению с длиной отбойки угля от массива. В практике работы шахт наблюдается многообразие условий разработки пластов и факторов, которые следует учитывать при разработке паспорта буровзрывных работ. Все должно соответствовать требованиям Правил безопасности и оптимальным параметрам проведения горной выработки. Например, количество рядов шпуров по углю и расстояние между шпурами в ряду, количество рядов шпуров в породах почвы пласта и расстояния между шпурами в каждом ряду, расстояние по нормали между рядами шпуров в породах почвы. Решающее значение имеет опыт работы и творческая деятельность инженерно-технических работников шахты.

При погрузке смеси угля и породы на конвейер за один прием взрывают все ряды шпуровых зарядов с интервалом замедления между ними 15–20 мс, а между смежными рядами шпуров – до 30 мс (рис. 2).

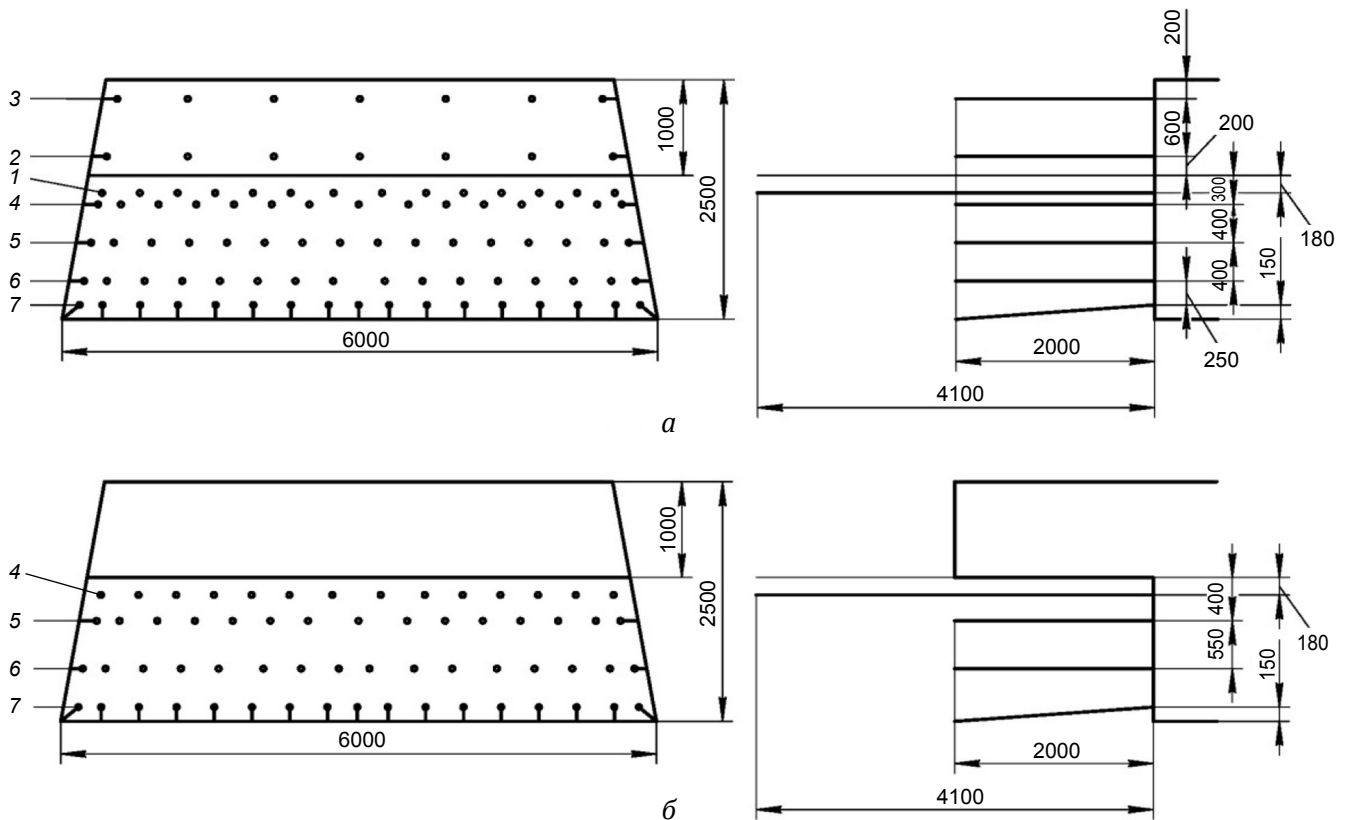
При раздельной погрузке угля и породы на участковый конвейер, их транспортировке и аккумулировании технологические процессы выполняют в следующем порядке: длину разгрузочных шпуров увеличивают на 2 м (до 4–4,1 м); бурят по пласту и породам почвы все ряды шпуров (их длина 2–2,1 м); устья шпуров, пробуренных в породах почвы, закрывают глиняной забойкой. За один прием первоначально взрывают три ряда шпуровых зарядов (1-, 2- и 3-й ряды). Длина камуфлетного заряда 1-го ряда (разгрузочная) составляет примерно 2 м, вторая часть шпура (тоже 2 м) заполняется глиняной забойкой. Камуфлетные заряды 1-го ряда взрывают мгновенно, т. е. при нулевом замедлении электродетонаторов. Между смежными

рядами шпуров замедления взрывания зарядов не менее двух интервалов электродетонаторов (примерно 60 мс). Чем больше интервал замедления взрывания групп шпуровых зарядов, тем быстрее и лучше происходит истечение метана и сопутствующих газов из локальной зоны разгрузки выбросоопасного пласта.

После проветривания тупикового забоя и погрузки угля на конвейер все ряды зарядов в породной подрывке (шпуры пробурены ранее в породах почвы пласта) взрывают за один прием. При этом также выдерживают оптимальный интервал замедления взрывания групп зарядов в смежных рядах шпуров (не более 30 мс). Разрушение и отделение пород почвы облегчает и то, что имеется две плоскости обнажения породного массива. Раздельная погрузка угля и породы несколько уменьшает темпы проведения конвейерных штреков, однако она всегда остается экономически выгоднее в силу дополнительной добычи угля и меньшей его зольности.

Если обнаженные породы непосредственной кровли пласта мелкослоистые, малой прочности и склонны к быстрому расслоению, то после выемки угля требуется быстро возвести под кровлю прямолинейные верхняки постоянной рамной крепи из спецпрофиля, плотно прижать их к плоской кровле гидростойками с большим предварительным распором и пришить верхняки к породам кровли двумя или тремя комплектами анкеров (комплект – изогнутый хомут и два анкера). Гидростойки извлекают до взрывания зарядов в породах почвы пласта. По мере погрузки пород почвы возводят временную крепь: под ранее установленные верхняки постоянной крепи устанавливают гидростойки, высоту которых увеличивают, применяя четырехдюймовые трубчатые насадки [7].

Рамная временная крепь конструктивно простая – сочетание прямолинейного верхняка из спецпрофиля и двух боковых гидростоек. Возведение рам временной крепи достаточ-



**Рис. 2.** Схема предварительного создания в массиве местной (локальной) зоны разгрузки при применении буровзрывной технологии проведения конвейерного штрека при раздельной погрузке угля и пород: а – первый прием взрывания – заряды рядов 1, 2 и 3; б – второй прием взрывания – заряды рядов 4, 5, 6 и 7; при слабых породах – рядов 5, 6 и 7.

но быстрое по мере подвигания проходческого забоя, отставание крепи от забоя не более 1–1,5 м. При этом исключается разрушение (выбивка) рам временной крепи взрывной волной, поскольку гидростойки устанавливаются с большим предварительным распором. Остается опасность повреждения гидростоек разлетающимися кусками пород и угля. Наиболее простой и удобный способ предотвращения повреждения гидростоек – использование отрезков дегазационных труб. По длине отрезков трубы разрезается на две одинаковые части. Со стороны проходческого забоя отрезками дегазационных труб защищают гидростойки. Вертикальное или несколько наклонное положение отрезков труб сохраняется путем их привязки к гидростойкам (лучше использовать гибкую металлическую проволоку).

**Выводы.** Генеральное направление сохранения угольных шахт Донбасса в предстоящие годы – увеличение добычи угля и снижение его себестоимости. Исходный базис такого направления – достижение высокой концентрации ведения горнотехнических работ и использование опыта работы шахт (проверенного практически), включающего: обеспечение высокого качества выполнения работ на всех этапах производственной деятельности; применение комбинированной системы разработки с подвиганием высоконагруженных лав обратным ходом; повторное использование горных выработок, особенно конвейерных штреков; использование повышенной остаточной прочности и устойчивости пород, окружающих выработку; применение прямоточного проветривания выемочных участков.

Установлено, что при бесцеликовой отработке запасов ранее подготовленных угольных столбов высоконагруженными лавами и повторном использовании конвейерных штреков газодинамические проявления при производстве очистных работ отсутствуют. Основная опасность газодинамических проявлений связана с периодом проведения конвейерных штреков вне зон воздействия очистных работ.

Наиболее эффективное направление предотвращения газодинамических проявлений при проведении пластовых выработок узким забоем – создание в природном массиве местных зон предварительной разгрузки пласта и вмещающих его пород. При локальной разгрузке увели-

чивается уровень трещиноватости угля, возрастает скорость и уменьшается период времени интенсивного истечения метана и сопутствующих газов в полость сооружаемой выработки. До начала проведения конвейерного штрека на площади последующей отработки запасов крыла этажа или яруса следует определять наличие или отсутствие природных аномальных зон высоких напряжений. Если такие зоны есть, то в их границах необходимо выявлять и оконтуривать площади повышенной выбросоопасности с градиентами кривизны  $0,2 \text{ км}^{-1}$  и более. При проведении любых выработок на площадях повышенной (природной) опасности следует осуществлять предварительную разгрузку пласта и вмещающих его пород. Только в локальной зоне разгрузки и дегазации выбросоопасного пласта безопасно сооружение участков и подготавливающих выработок.

В настоящее время в силу финансовых трудностей неизбежно расширение области применения буровзрывного способа проведения участков конвейерных штреков и других шахтных выработок.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Зборщик М. П.* Повторное использование выработок высоконагруженных лав – крупный резерв снижения производственных затрат / М. П. Зборщик, И. Г. Сахно // Уголь Украины. – 2013. – № 8. – С. 7–11.
2. *Зборщик М. П.* Снижение затрат на проведение и поддержание горных выработок – важная задача угольных шахт // Уголь Украины. – 2015. – № 10. – С. 11–14.
3. *Пилюгин В. И.* Прогнозирование геомеханических условий разработки пологих угольных пластов / В. И. Пилюгин, Н. Н. Гавриш, А. Е. Кочин, В. В. Ремизов. – Донецк: ДонНТУ, 2004. – 145 с.
4. *Зборщик М. П.* Особенности зональности газодинамических проявлений при разработке одиночных пологих пластов / М. П. Зборщик, М. А. Ильяшов, В. И. Пилюгин // Уголь Украины. – 2007. – № 8. – С. 17–20.
5. *Пат. 2005/29527* Российская Федерация, МПКЕ 21 F 5/00. Способ прогноза выбросоопасности угольных пластов / В. И. Пилюгин, М. П. Зборщик, А. Ф. Син, В. Л. Радионовский, О. И. Иванов; заявитель и патентообладатель В. И. Пилюгин, М. П. Зборщик, А. Ф. Син, В. Л. Радионовский, О. И. Иванов. – № 2310757; заявл. 17.03.05; опубл. 20.05.07, Бюл. № 5.
6. *Зборщик М. П.* Тектонофизическая природа газодинамических проявлений // Уголь Украины. – 2015. – № 7–8. – С. 22–25.
7. *Волобуев Н. А.* Рамное крепление на гидростойках / Н. А. Волобуев, М. П. Зборщик // Безопасность труда в промышленности. – 1961. – № 8. – С. 31–32.