

ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОГО ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, ОПАСНЫХ ПО ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ ЯВЛЕНИЯМ

Е.Н. Есина

Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, д. 6, Москва, Россия, 117198

Получили развитие методы геомеханического обеспечения освоения месторождений, опасных по газодинамическим явлениям. Установлены условия образования сквозных газопроводящих и замкнутых локальных каналов, что дает возможность рационально располагать дегазационные скважины, находить и применять их оптимальные параметры. Выявлена взаимосвязь остаточного давления метана после проведения дегазационных мероприятий с горизонтальными деформациями опасного пласта. Использование результатов исследований позволит предотвратить аварийные ситуации или снизить их негативные последствия, а также повысить эффективность утилизации метана.

Ключевые слова: газодинамические явления, предварительная дегазация, горное давление

В последние десятилетия наблюдается усложнение горнотехнических и гидрогеологических условий освоения месторождений твердых полезных ископаемых вследствие перехода горных работ на более глубокие горизонты, недостатка инвестиционных ресурсов, внедрения высокопроизводительного технологического оборудования, интенсификации процесса добычи полезных ископаемых и возрастания опасности динамических проявлений — внезапных выбросов породы, газа и горных ударов [1]. Отработка угольных пластов сопровождается значительными деформациями и сдвигами массива горных пород, вызывая перераспределение напряжений в нем, что провоцирует проявление одновременно геомеханических, гео- и газодинамических явлений, способствующих возникновению катастрофических аварийных ситуаций. Произошедшие на угольных шахтах взрывы метана повлекли гибель большого числа людей и значительные материальные убытки.

Наиболее эффективными методами предотвращения опасных газодинамических явлений являются опережающая отработка защитных пластов, позволяющая в широком диапазоне управлять проявлениями горного давления, и предварительная дегазация угольных пластов.

Увеличение газопроницаемости определяется степенью разгрузки от горного давления. Данные об изменениях давления газа и режима его фильтрации важны для предупреждения внезапных выбросов и осуществления эффективной дегазации метанонасыщенных угольных пластов.

Степень дегазации подрабатываемых и надрабатываемых выбросоопасных пластов зависит от интенсивности образования системы газопроводящих трещин, их размеров и местоположения, которые, в свою очередь, определяются величинами деформаций горных пород [2].

Сдвигение горных пород в подработанном массиве выше зоны обрушения происходит в форме последовательного прогиба слоев с разрывом и без разрыва сплошности. При изгибе подрабатываемого породного слоя в нем образуются зоны растяжения и сжатия [3]. При определенных условиях в зонах растяжения породных слоев появляются трещины разрыва, которые, как правило, между собой не соединяются, т.е. не являются газоводопроводящими каналами. Однако трещины могут стать сквозными — выше зоны обрушения, если слой в результате изгиба в одном направлении получает положительную кривизну, а в другом — отрицательную кривизну. Две взаимно перпендикулярные трещины на сторонах слоя с противоположными по знаку выпуклостями, пересекаясь, образуют сквозной газоводопроводящий канал.

Наибольшее раскрытие имеют трещины на верхней и нижней поверхностях породного слоя. По мере удаления от этих поверхностей трещины уменьшаются и на определенной глубине полностью закрываются. На участках, где кривизна во всех направлениях имеет одинаковый знак, в результате пересечения трещин образуется несквозная воронка, глубина которой равна глубине трещины. На участках, где кривизна в одном направлении имеет положительную кривизну, в другом — отрицательную (слой приобретает форму седла), в результате пересечения трещин образуется сквозная воронка (одна трещина пересекает верхнюю часть слоя, другая — нижнюю).

По мере продвижения забоя лавы перемещаются и образующиеся воронки, при этом за счет перемещения сквозных воронок слой пород рассекается нормальными сечениями на балки, параллельные линии движения забоя.

Интенсивность падения давления газа характеризует увеличение разгрузки защищаемого пласта и величину расслаивания пород междупластья, сопровождающееся раскрытием сообщающихся с выработками систем трещин.

Анализ экспериментальных данных проведения дегазационных мероприятий показывает, что при подработке зона разгрузки в опасном по выбросам пласте велика и прямо пропорциональна мощности обрабатываемого пласта. При надработке она существенно меньше и от мощности пласта практически не зависит. Разуплотнение на контактах слоев определяет возможность притока газа даже к редким поперечным трещинам из удаленных от них участков разгруженных пластов. Поэтому радиусы дегазации значительно повышают размеры областей интенсивного трещинообразования [4].

На основе анализа результатов данных натуральных наблюдений за давлением газа до и после проведения дегазационных мероприятий установлена взаимосвязь остаточного давления метана после проведения дегазационных мероприятий с горизонтальными деформациями опасного пласта ε :

$$P_0 = 3,6 \cdot 10^{-3} \frac{P_{\text{пр}}}{\varepsilon}, \quad (1)$$

где $P_{\text{пр}}$ — природное давление метана до дегазационных мероприятий, ата; P_0 — остаточное давление метана после применения дегазационных мероприятий, ата; ε — горизонтальные деформации опасного пласта.

Для определения возможности возникновения газо- и водопроводящих каналов в подработанной толще пород достаточно знать величину относительных деформаций растяжения ϵ на границах изгибающегося породного слоя и критическую величину относительной деформации растяжения $\epsilon_{кр}$ при которой происходит разрыв сплошности горных пород.

Зависимость горизонтальных деформаций, при которых образуется сплошной газопроводящий канал, от кратности подработки M/m , установленная по результатам данных натуральных наблюдений, представлена на рисунке.

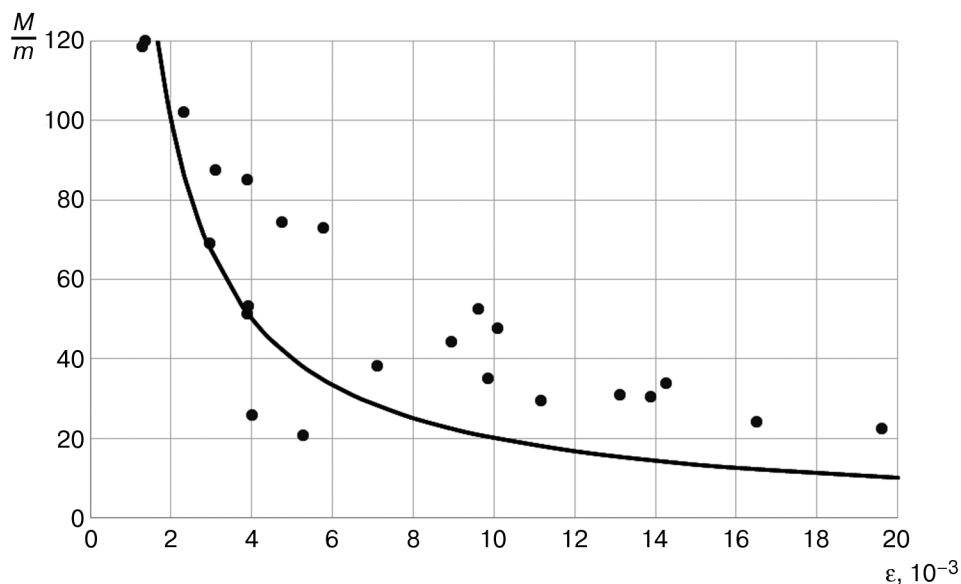


Рис. Зависимость горизонтальных деформаций, при которых образуется сплошной газопроводящий канал, от кратности подработки: • — данные натуральных наблюдений
 [The horizontal deformations dependence, which forms a continuous gaz channel, from a multiplicity mining: • — the data of field observations]

Предельные деформации растяжения $\epsilon_{кр}$, при которых осадочные породы теряют сплошность, сквозные трещины будут иметь место при изменении отношения M/m в диапазоне $40 \div 25$, что соответствует $\epsilon_{кр} = 0,006 \div 0,1$ [5].

В условиях горизонтального залегания пластов при $M/m > 125$ (что соответствует $\epsilon_{кр} = 0,002$) секущие трещины в осадочных породах, включая угольные пласты, для которых $\epsilon_{кр} \geq 0,002$, не образуются.

При $25 < M/m < 125$ секущие трещины в массиве горных пород ($0,010 > \epsilon_{кр} \geq 0,002$) не создают единую газоводопроводящую систему, вследствие чего на пути движения воды или газа появляется дополнительное сопротивление. При определенном отношении M/m это сопротивление становится непреодолимым для газа и воды. Такое положение может наступить при $M/m \geq 80$, когда сквозные секущие трещины не возникают даже в песчаниках ($\epsilon_{кр} \geq 0,003$). В этих условиях сквозные трещины образуются только в угольных пластах, но их доля в общей толще пород не превышает, как правило, 1—2%. Поэтому в условиях $M/m \geq 80$ уменьшение давления газа в газоносном подработанном угольном пласте происходит за счет миграции его во вмещающие пласт породы, расширивши-

еса в вертикальном направлении вследствие упругого восстановления и расслоения пород.

Таким образом, защитные функции подработки породного массива обусловлены интенсивностью трещинообразования в нем в результате деформирования (прогиба) породных слоев; в зависимости от интенсивности и размеров зоны трещинообразования происходит полная или частичная дегазация газоносного подработанного угольного пласта. Установленные условия образования сквозных газопроводящих и замкнутых локальных каналов дают возможность рационально располагать дегазационные скважины, находить и применять их оптимальные параметры. Выявленная взаимосвязь остаточного давления метана с горизонтальными деформациями опасного пласта позволяет управлять интенсивностью дегазационных мероприятий процессов.

Использование результатов проведенных исследований позволит предотвратить аварийные ситуации или снизить их негативные последствия, а также повысить эффективность утилизации метана.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Иофис М.А.* Научные основы управления деформационными и дегазационными процессами при разработке полезных ископаемых. М.: ИПКОН РАН, 1984. 230 с.
- [2] *Иофис М.А., Гришин А.В., Есина Е.Н.* Сдвигание горных пород и земной поверхности при разработке месторождений полезных ископаемых: учеб. пособие. М.: РУДН. 2011. 103 с.
- [3] *Петухов И.М., Линьков А.М., Сидоров В.С., Фельдман И.А.* Теория защитных пластов. М.: Недра, 1976. 224 с.
- [4] *Иофис М.А., Шмелев А.И.* Инженерная геомеханика при подземных разработках. М.: Недра, 1985. 248 с.
- [5] *Трубецкой К.Н., Иофис М.А., Есина Е.Н.* Особенности геомеханического обеспечения освоения месторождений, склонных к газодинамическим явлениям // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2015. № 3. С. 64—71.

FEATURES OF SAFE DEVELOPMENT ENSURE OF HAZARDOUS GAS-DYNAMIC PHENOMENA DEPOSITS

E.N. Esina

Peoples' Friendship University of Russia
Miklukho-Maklaya str., 6, Moscow, Russia, 117198

Geomechanical methods to control the deposits of dangerous gases are developed. Conditions for the formation of through and closed local gas channels are established. It allows choosing efficient positioning of degasification wells, to find and apply the optimal settings. A correlation between residual pressure of methane after degassing events and horizontal deformations of the dangerous layer is holding. Using the results of researches will allow to prevent accidents or to reduce their negative impacts and to increase the efficiency of methane utilization.

Key words: gas-dynamic phenomena, preliminary degassing, rock pressure

REFERENCES

- [1] *Iofis M.A.* Nauchnye osnovy upravlenija deformacionnymi i degazacionnymi processami pri razrabotke poleznyh iskopaemyh. M.: IPKON RAN, 1984. 230 s. [Iofis M.A. Scientific basis for the control of deformation and degassing processes in the development of mineral resources. M.: IPKON Russian Academy of Sciences, 1984. 230 p.]
- [2] *Iofis M.A., Grishin A.V., Esina E.N.* Sdvizhenie gornyh porod i zemnoj poverhnosti pri razrabotke mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh: ucheb. posobie. M.: RUDN, 2011. 103 s. [Iofis M.A., Grishin A.V., Esina E.N. the Displacement of rocks and the earth surface in the development of mineral deposits: proc. Handbook. M.: PFUR, 2011. 103 p.]
- [3] *Petuhov I.M., Lin'kov A.M., Sidorov V.S., Fel'dman I.A.* Teorija zashhitnyh plastov. M.: Nedra, 1976. 224 s. [Petukhov I.M., Linkov A.M., Sidorov V.S., Feldman I.A. The Theory of protective layers. M.: Nedra, 1976. 224 p.]
- [4] *Iofis M.A., Shmelev A.I.* Inzhenernaja geomehanika pri podzemnyh razrabotkah. M.: Nedra, 1985. 248 s. [Iofis M.A., Shmelev A.I. Engineering geomechanics in underground mines. M.: Nedra, 1985. 248 p.]
- [5] *Trubetskoy K.N., Iofis M.A., Esina E.N.* Geomechanical Service in Mining under Gas-and-Dynamic Phenomena. Journal of Mining Sciences. 2015. № 63. P. 506—512.