

Н.Г. Матвиенко, С.А. Радченко

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОГНОЗА ЗОН ПОВЫШЕННОГО ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ ИЗ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Обоснована возможность применять в шахтах новые методы и десорбметры для быстрого прогноза геологической нарушенности угля и динамики десорбции метана из него, быстро и просто выполняя в забое 3 вида исследований: 1 – дистанционный замер температуры свежееобнаженной поверхности забоя и/или бурового штоба тепловизором или инфракрасным термометром (пирометром), чтобы сразу увидеть все зоны геологических нарушений по более низкой температуре угля в них, что является результатом быстрой десорбции метана из него; 2 – быструю визуальную оценку скорости десорбции и остаточной газоносности проб угля или бурового штоба простыми и очень дешевыми портативными десорбметрами нового принципа действия для проверки их нарушенности; 3 – быстрое получение количественных характеристик десорбции газа углем, необходимых для улучшения безопасности, прогноза дегазации пластов и вентиляции шахт. Используя эти методы и портативные приборы нового принципа действия, шахтеры будут сразу видеть все зоны геологических нарушений и быстро проверять высокую скорость десорбции метана и остаточную газоносность угля в них, что позволит быстрее, проще и эффективнее повышать безопасность по газовому фактору в шахтах на основе учета газокинетических свойств и газоносности угля в каждом месте.

Ключевые слова: безопасность, угольные пласты, метановыделение, геологическое нарушение, газодинамические явления, методы прогноза, температура угля, десорбметр.

Обеспечение безопасности в шахтах по газовому фактору является одной из самых актуальных проблем во всех угледобывающих странах, так как интенсивное метановыделение в выработки сильно снижает возможности использовать современную технику и экономическую эффективность работ. Особенно опасны внезапные выделения больших количеств ме-

тана в забои, например, при газодинамических явлениях и в нарушенных зонах пласта [1].

Многие ученые показали сильную зависимость скорости десорбции метана из угля от степени его тектонической нарушенности и предложили различные качественные и количественные показатели для ее оценки [2, 3]. Однако большинство из них предназначены лишь для оценки потенциальной выбросоопасности структуры угля и не могут использоваться для прогноза в реальных условиях метановыделения из угля и проектирования вентиляции. Более того, и для прогноза выбросоопасности большинство из указанных качественных и количественных показателей используют очень редко, так как получать результаты оценки с их помощью тектонической нарушенности угля можно слишком поздно для того, чтобы применять их для повышения безопасности работ, особенно при большой скорости подвигания забоя. Да и определять многие из них можно только в лабораторных условиях, часто по сложным методикам, что сильно снижает их ценность для практики [2, 3].

Таким образом, давно возникла парадоксальная ситуация: известно о возможности обнаружить зоны геологических нарушений в любых пластах на основе оценки нарушенности проб угля и бурового штыба, но пока нет простых надежных экспресс-методов для постоянного применения в забоях. Ведь почти все известные методы оценки нарушенности и газокинетических свойств углей использовали в основном в научных целях, а в лучшем случае — лишь для оценки потенциальной выбросоопасности структуры угля [4–6].

То есть до настоящего времени все шахтеры в забоях не могут быстро получать и использовать достоверную, наглядную и понятную информацию о газокинетических свойствах угля в каждом месте, а следовательно — и своевременно обнаружить зоны повышенной газоотдачи и принимать меры.

Поэтому исследованиями десорбции и сорбции метана образцами угля при различных давлениях и температурах в уникальном экспериментальном сорбционно-калориметрическом комплексе ИПКОН РАН и при разработке газоносных угольных пластов доказана возможность повысить безопасность работ по газовому фактору прежде всего при проходке и буровых работах на основе более быстрого, простого и надежного прогноза нарушенности угля в призабойной зоне пласта без больших затрат денег, труда и времени [2, 3].

Это может быть легко достигнуто при использовании комплексного метода, устраняющего многие недостатки традиционных методов изучения сорбции и десорбции метана углем и основанного на применении в забоях:

1 — очень быстрого и простого дистанционного измерения температуры свежееобнаженной поверхности забоя и бурового штыба тепловизорами и инфракрасными термометрами (пирометрами), чтобы сразу видеть уголь и штыб с более низкой температурой, что может быть признаком быстрой десорбции газа из него в результате геологической нарушенности [7–12];

2 — простых и дешевых портативных десорбметров нового принципа действия, которыми можно обеспечить все забои для более быстрой и точной оценки интенсивности метановыделения из угля и пород в целях улучшения прогноза выбросоопасности и метановыделения в призабойной зоне пласта;

3 — нового информативного количественного диффузионного параметра τ [2–6], который вычисляют по формулам (1) или (2) с учетом угла наклона α или β прямолинейного начального участка сорбционно-кинетической или десорбционно-кинетической кривой в координатах ($t^{0.5}$, a_t/a_0):

$$\tau = 1/\text{tg}^2\alpha \quad (1)$$

или

$$\tau = 1/\text{tg}^2\beta, \quad (2)$$

где t — время, с; a_t , a_0 — количество газа, сорбированное или десорбированное соответственно к данному моменту времени и до установления сорбционного равновесия при конечном давлении газа, м³/кг;

Диффузионный параметр τ связан с коэффициентом диффузии метана в угле D формулой $\tau = \pi r^2/(36D)$, где r — эффективный радиус нерасчлененной трещинами микропористой частицы угля, м.

Таким образом, предлагаемый метод включает три основных этапа:

- во-первых, быстрое визуальное обнаружение любым шахтером на свежееобнаженной поверхности забоя и в буровом штыбе «подозрительного» угля по его пониженной температуре, что может быть результатом быстрой десорбции из него большего количества метана из-за его нарушенности;
- во-вторых, быстрой и простой проверки в забое причин большего снижения температуры такого угля по сравнению с другим, поместив его в портативный десорбметр нового прин-

ципа действия для простой и быстрой визуальной оценки скорости десорбции метана и остаточной газоносности (если метана в пробе осталось мало, то именно его десорбция была причиной более сильного охлаждения угля, то есть этот уголь является нарушенным);

- в-третьих, быстрое и простое определение даже в забоях важных количественных характеристик десорбции метана углем (диффузионного параметра τ и коэффициента диффузии метана в угле D), необходимых для совершенствования прогноза дегазации пластов и вентиляции шахт. Это особенно важно, так как до настоящего времени величины коэффициентов диффузии метана в угле D для каждого угольного пласта были неизвестны и не могли использоваться для оптимизации дегазации и работы вентиляции, а попытки использовать при расчетах известные до сих пор характеристики десорбции метана не получили распространения из-за сложности расчетов и по ряду других объективных причин, устраняемых данным методом [2, 3].

Применение этого метода дает возможность быстро и просто повысить безопасность и экономичность работы метанообильных шахт благодаря:

- 1) предоставлению всем шахтерам в забоях постоянной возможности сразу же увидеть потенциально опасный по газовому фактору уголь на свежееобнаженной поверхности забоя и буровой штыв из зон геологических нарушений по снижению их температуры по сравнению с температурой в ненарушенных зонах пласта в аналогичных условиях, используя тепловизоры или инфракрасные термометры (пирометры), что позволит:

- уменьшить внедрение бурового инструмента и забоев в опасные зоны;

- быстро и просто визуально оценить в забоях газокинетические свойства и остаточную газоносность проб угля, отобранных прежде всего в «подозрительных» местах, где температура поверхности угля в забое или бурового штыва ниже обычной температуры в таких же условиях в ненарушенных зонах данного угольного пласта;

- убедиться в наличии опасности нормативными методами прогноза и своевременно принять необходимые меры для повышения безопасности;

- сразу обнаруживать геологические нарушения в призабойной зоне;

- 2) проверке потенциально опасных мест, в которых температура угля или бурового штыва ниже обычной, нормативны-

ми методами прогноза выбросоопасности, что должно повысить эффективность их применения;

3) определению и использованию диффузионного параметра τ , значение которого численно совпадает с временем десорбции постоянной доли газа от общего его количества, десорбированного до равновесия углем или горной породой с угольными включениями. Такой параметр τ хорошо согласуется с данными о тектонической нарушенности проб угля и о динамике газовой выделения из них, получаемыми другими методами, и имеет по сравнению с известными в мире критериями ряд преимуществ [2–6]:

- очень быстрое и простое получение количественных характеристик десорбции (времени десорбции 63% от всего десорбированного до равновесия газа, и коэффициента диффузии метана в угле D);

- возможность применять диффузионный параметр τ для описания десорбции метана, этана и других газов из угля и горных пород с угольными включениями, упрощения интерпретации этих экспериментальных данных и расширения области их использования в горном деле;

- возможность экспериментального определения для каждого участка шахтопласта коэффициента диффузии метана в угле по разработанной в ИПКОН РАН методике [2], что особенно важно в связи с экспериментально доказанным постоянством величины D для участка шахтного поля в зонах любой геологической нарушенности;

4) возможности легко и просто прогнозировать газовыделение из каждой дегазационной скважины в процессе ее бурения за счет определения газокинетических свойств угля по ее длине (это важно, так как в зависимости от концентрации метана в откачиваемой из скважин метановоздушной смеси ее направляют для сжигания или выбрасывают в атмосферу);

5) улучшению условий для постоянного массового сбора при проходческих, буровых и очистных работах комплекса достоверной информации о свойствах угля и пород с угольными включениями, ее анализа и более эффективного использования шахтами, научными организациями и вузами для повышения точности прогноза опасности по газовому фактору, что позволит значительно повысить безопасность работ в шахтах.

Это можно обеспечить, отбирая угольную мелочь и буровой штыб в десорбометры нового принципа действия [2], которые позволяют уже в забое:

- оценить их газокинетические свойства и остаточную газоносность за счет нового способа быстрой оценки потенциальной выбросоопасности и газоносности угля в призабойной зоне с учетом ноу-хау;

- постоянно видеть и измерять объем газа, выделившегося из проб.

К важнейшим преимуществам нового вида десорбметров относятся:

- простота их устройства, а также использования в забоях шахтерами;

- изучение во много раз меньших проб, чем в известных десорбметрах (может быть достаточно даже горсти угольной мелочи или бурового штыба), что упрощает их герметизацию, транспортирование и хранение;

- давление и температура при десорбции такие же, как в выработке;

- малая стоимость, что позволит массово применять их в шахтах;

- новый способ герметизации проб и визуализации результатов, который делает их понятными и полезными для всех работающих в забое;

- возможность рассева проб на фракции в десорбметре при переноске;

- особенности конструкции десорбметров, позволяющие быстро и просто организовать серийное производство любого их количества без больших финансовых затрат;

- малый размер и особенности конструкции, позволяющие переносить в небольшом чемоданчике десятки таких десорбметров вместе со средствами для их размещения в забое в определенном порядке для визуальной оценки и измерения газовыделения из многих проб, которые обеспечат максимальную быстроту, наглядность и практическую ценность результатов опытов.

Например, установка таких десорбметров в специальную подставку в порядке отбора проб угольной мелочи или бурового штыба позволит шахтерам сразу увидеть изменения газокинетических свойств угля при подвигании забоя выработки или скважины и за счет этого быстрее обнаружить зоны повышенной газоотдачи.

Используя комплект из многих таких десорбметров [2, 3], шахтеры смогут за 3 минуты визуально оценить в забоях динамику метановыделения из проб штыба, собираемых, прежде

всего, с интервалов бурения, где температура што́мба ниже нормы, а остаточную газоносность этих проб в два этапа – за 15 минут и до сорбционного равновесия. Новый способ герметизации проб, визуализации и замера объема выделяющегося газа позволяет доставлять в лабораторию лишь контрольные пробы бурового што́мба и угольной мелочи, а большинство проб быстро изучать в забоях.

За 3 минуты можно оценить количество десорбированного што́бмом газа (по величине его охлаждения в результате десорбции газа и по определенному визуально количеству газа, десорбированного што́бмом после герметизации) и, зная количество загерметизированного што́мба, получить в любой выработке значения описанного в [1–7] нового более информативного количественного диффузионного параметра τ .

Таким образом, использование разработанного комплексного метода и портативных дешевых десорбметров нового принципа действия позволит:

- сразу обнаруживать даже мелкие геологические нарушения в пласте;
- улучшить прогноз газодинамических явлений и выделения метана;
- повысить безопасность в шахтах по газовому фактору за счет учета газокинетических свойств угля при прогнозе выбросоопасности и десорбции.

Следовательно, безопасность в шахтах по газовому фактору можно быстро и значительно повысить на основе использования новых методов и десорбметров нового принципа действия, позволяющих быстрее и надежнее обнаруживать геологические нарушения в угольных пластах, сразу получать количественные газокинетические характеристики угля перед забоем и легче использовать их для улучшения прогноза выбросоопасности и повышенного метановыделения, проектирования вентиляции и управления ее работой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мальшев Ю. Н., Трубецкой К. Н., Айруни А. Т.* Фундаментально прикладные методы решения проблемы метана угольных пластов. – М.: Изд-во Академии горных наук, 2000. – 519 с.
2. *Радченко С. А.* Развитие методов и разработка устройств для оценки метаноотдачи углей в шахтах на основе газокинетических и тепловых эффектов десорбции метана: дис... д-ра техн. наук. – М.: УРАН ИПКОН РАН, 2008. – 369 с.

3. Радченко С. А., Матвиенко Н. Г. Методы быстрой оценки в забоях интенсивности метановыделения из угля и пород для повышения безопасности // Безопасность труда в промышленности. — 2014. — № 4. — С. 34–39.

4. Barker-Read G. R., Radchenko S. A. Methane emission from coal and associated strata samples // International Journal of Mining and Geological Engineering. — 1989. — № 7. — P. 101–121.

5. Barker-Read G. R., Radchenko S. A. The relationship between pore structure of coal and gas-dynamic behaviour of coal seams // Mining Science and Technology. — 1989. № 8. — P. 109–131.

6. Barker-Read G. R., Radchenko S. A. Gas emission from coal and associated strata: interpretation of quantity sorption-kinetic characteristics // Mining Science and Technology. — 1989. № 8. — P. 263–284.

7. Радченко С. А., Матвиенко Н. Г. Патент России № 2019706. Способ определения выбросоопасных зон и газоносности угольных пластов в призабойной зоне. МКИ E 21 F 5/00. — 1994. — Бюл. № 17.

8. Эттингер И. Л., Шульман Н. В., Ковалева И. Б. и др. О теплотах сорбции метана ископаемыми углями при давлениях до 8,0 МПа // Химия твердого топлива. — 1981. — № 5. — С. 121–124.

9. Кобылкин А. С., Кобылкин С. С. Зависимость скорости движения воздуха в примыкающей тупиковой горной выработки от расположения генератора импульсов давления по сечению в сквозной выработке // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2012. — № 12. — С. 225–230.

10. Эттингер И. Л., Радченко С. А., Горбунов И. А. и др. Повышенное метановыделение в выбросоопасных зонах пласта — причина снижения его температуры в процессе разработки // Уголь Украины. — 1981. — № 10. — С. 39–40.

11. Эттингер И. Л., Маевский В. С., Радченко С. А. Контроль газодинамического состояния призабойной зоны пласта // Уголь. — 1983. — № 5. — С. 8–9.

12. Эттингер И. Л., Лидин Г. Д., Шульман Н. В. и др. Изменение температуры угольного пласта как показатель происходящих в нем механических и физико-химических процессов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. — 1984. — № 5. — С. 65–69. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Матвиенко Николай Григорьевич — доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник,
e-mail: elena-sol@mail.ru,

ИПКОН РАН,

Радченко Сергей Анатольевич — доктор технических наук, доцент, профессор,

e-mail: radchenko.s.a.tula@mail.ru,

Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого.

UDC 622.33:
622.41:
533.17

N.G. Matvienko, S.A. Radchenko

NEW OPPORTUNITIES FOR IMPROVING THE FORECAST OF AREAS OF HIGH GAS EMISSION FROM COAL SEAMS

Studies of methane desorption and sorption of coal samples at different pressures and temperatures in a unique experimental sorption calorimetric complex at IPKON of Russian Academy of Sciences and in gas-bearing coal seams proved an opportunity to improve safety of works on the gas factor first of all when driving and drilling operations on the basis of a faster, simpler and reliable forecast of geological disturbance of coal in the near-face zone of each seam even without big spending of money, labor and time.

Scientifically proved opportunity to use in mines, especially when driving and drilling, new methods and desorbometers for quick prediction of geological disturbance of coal and dynamics of methane desorption from it, quickly and easily performing in mines of 3 types of research: 1 – remote measurement of the surface temperature of the face and / or of drilling culm using thermal imager or an infrared thermometer (pyrometer), in order to see at a glance all the zones of geological disturbances at a lower temperature of coal in them, which is the result of rapid methane desorption from it; 2 – quick visual assessment of the desorption rate and residual gas content of coal samples or drill culm by simple and very cheap portable devices of a new principle of action to verify their disturbances; 3 – quick receiving quantitative characteristics of methane desorption from coal needed to improve security, forecast of seam degassing and mine ventilation.

Using these new very cheap and simple methods and portable devices of a new principle of action, the miners will immediately see all areas of geological faults and quickly check the speed of methane desorption and residual gas-bearing of coal in them, which will allow to improve faster, easier and more efficient the safety on the gas factor in mines by taking into account the gas-kinetic properties and the gas content of coal in each location.

Key words: security, coal beds, methane emission, geological disturbance, gas-dynamic phenomena, forecasting methods, the temperature of coal, desorbometer.

AUTHORS

Matvienko N.G., Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher, e-mail: elena-sol@mail.ru, Institute of Problems of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of Russian Academy of Sciences, 111020, Moscow, Russia, *Radchenko S.A.*, Doctor of Technical Sciences, Assistant Professor, Professor, e-mail: radchenko.s.a.tula@mail.ru, Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University, Tula, Russia.

REFERENCES

1. Malyshev Yu. N., Trubetskoy K. N., Ayruni A. T. *Fundamental'no prikladnye metody resheniya problemy metana ugol'nykh plastov* (Fundamentally applied methods for solving problems of coalbed methane), Moscow, Izd-vo Akademii gornykh nauk, 2000, 519 p.
2. Radchenko S. A. *Razvitie metodov i razrabotka ustroystv dlya otsenki metanoodachi ugley v shakhtakh na osnove gazokineticheskikh i teplovykh effektiv desorbtsii metana* (Development of methods and design of devices for evaluation of methane emission from coal in mines on the basis of gas-kinetic and thermal effects of methane desorption), Doctor's thesis, Moscow, URAN IPKON RAN, 2008, 369 p.

3. Radchenko S. A., Matvienko N. G. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2014, no 4, pp. 34–39.
4. Barker-Read G. R., Radchenko S. A. Methane emission from coal and associated strata samples. *International Journal of Mining and Geological Engineering*. 1989, no 7, pp. 101–121.
5. Barker-Read G. R., Radchenko S. A. The relationship between pore structure of coal and gas-dynamic behaviour of coal seams. *Mining Science and Technology*. 1989, no 8, pp. 109–131.
6. Barker-Read G. R., Radchenko S. A. Gas emission from coal and associated strata: interpretation of quantity sorption-kinetic characteristics. *Mining Science and Technology*. 1989, no 8, pp. 263–284.
7. Radchenko S. A., Matvienko N. G. *Patent RU 2019706. MKI E 21 F 5/00*, 1994.
8. Ettinger I. L., Shul'man N. V., Kovaleva I. B. *Khimiya tverdogo topliva*. 1981, no 5, pp. 121–124.
9. Kobylkin A. S., Kobylkin S. S. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2012, no 12, pp. 225–230.
10. Ettinger I. L., Radchenko S. A., Gorbunov I. A. *Ugol' Ukrainy*. 1981, no 10, pp. 39–40.
11. Ettinger I. L., Maevskiy V. S., Radchenko S. A. *Ugol'*. 1983, no 5, pp. 8–9.
12. Ettinger I. L., Lidin G. D., Shul'man N. V. *Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh*. 1984, no 5, pp. 65–69.



**РУКОПИСИ,
ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»**

**ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОТСЫПКИ ОТВАЛОВ СУХИХ ПОРОД
НА ГИДРООТВАЛЕ «ЕЛАННЫЙ НАРЫК» В КУЗБАССЕ**

(№1069/6-16 от 14.03.2016, 6 с.)

Фоменко Николай Гаврилович – аспирант, МГИ НИТУ «МИСиС»,
e-mail: potenchikov@tld.kru.ru.

Рассмотрена проблема размещения отвалов сухих пород на гидроотвалах Кузбасса, в том числе, на разрезе «Талдинский», где завершена эксплуатация гидроотвала на реке Еланный Нарык. Приведена специфика геодинамических и гидрогеомеханических процессов при ведении отвальных работ на намывных отложениях. Обоснованы исследования намывных массивов, принципы обоснования оптимальных параметров сооружений и технология ведения отвальных работ на гидроотвале.

Ключевые слова: отвалы сухих пород, гидроотвалы, устойчивость откосов, инженерно-геологические условия, геодинамические процессы, отвальные работы, оптимальные параметры.

**GEOLOGICAL SUPPORT TO THE DUMPING OF DRY PILES OF ROCKS
ON THE HYDRAULIC MINE DUMP «LANNY NARIC» IN KUZBASS**

Fomenko N.G., Graduate Student, e-mail: potenchikov@tld.kru.ru,
National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia.

The problem of waste disposal of dry sludge pond on the rocks of the Kuznetsk basin, including the cut "Taldinsky", where completed operation of the hydraulic mine dump on the river Elanny Naric. Given the specifics of geodynamic and hydro-geo-mechanical processes in conducting dumping operations on the alluvial deposits. It justifies the study of alluvial tracts, the principles of justification of optimal parameters of structures and technology of conducting dumping operations on the hydraulic mine dump.

Key words: dry piles of rocks, sludge pond, stability of slopes, geotechnical conditions, geodynamic processes, reversible work, optimum parameters.