

DOI: 10.25558/VOSTNII.2024.55.25.008

УДК: 622.35, 662.831.3, 622.411.33

© М. А. Таюрский, Д. А. Марцияш, Д. Г. Лузянин, 2024

### М. А. ТАЮРСКИЙ

ведущий инженер  
ИУ ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово  
e-mail: voutling@mail.ru

### Д. А. МАРЦИЯШ

ведущий инженер  
ИУ ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово  
аспирант  
КузГТУ, г. Кемерово  
e-mail: marciy.dima@yandex.ru

### Д. Г. ЛУЗЯНИН

ведущий инженер  
ИУ ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово  
e-mail: luzyanin36@yandex.ru

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ И ГАЗОСОДЕРЖАНИЯ УГЛЯ

*Обоснована необходимость изучения физико-химических свойств угольных пластов для выбора рациональных параметров и повышения эффективности дегазации. На угольной шахте в юго-западной части Томь-Усинского геолого-экономического района Кузбасса отобраны угольные керны и выполнены измерения газоносности и проницаемости угольных пластов. Представлено описание оборудования и лабораторного стенда для определения газоносности и фильтрационных свойств углей. Установлено, что средняя остаточная газоносность рассматриваемого угольного пласта на 37 % ниже природной. Показано, что абсолютная газопроницаемость образцов угля изменяет от 0,70 до 49,71 мД. Из них 72 % характеризуются как слабопроницаемые.*

Ключевые слова: ДЕГАЗАЦИЯ, ГАЗОПРоницаемость, УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ, ГАЗОНОСНОСТЬ, ДЕСОРБЦИЯ, МЕТАНОВЫДЕЛЕНИЕ, УГОЛЬНЫЙ КЕРН, КЕРНООТБОРНИК.

Дегазация угольных пластов является основным направлением снижения содержания остаточной газоносности и обеспечения безопасного ведения горных работ [1].

Общие закономерности, оказывающие влияние на изменение газоносности угля, как одного из параметров газового состояния угольного пласта, связаны с глубиной залегания пласта и возрастанием стадии метаморфизма угля. Эта зависимость обусловлена увеличением газового давления, которое может

достигать предельных значений на глубинах от 800 до 900 м [2]. При выборе рациональных параметров дегазации — глубины, шага бурения и дебита скважин — необходимо учитывать физико-химические характеристики угольных пластов — фильтрационные свойства и газоносность [3, 4, 5]. В Кузбассе коэффициент дегазации составляет 0,23–0,26 [5]. Для повышения эффективности дегазации необходимо проводить измерения газоносности до и после проведения дегазации

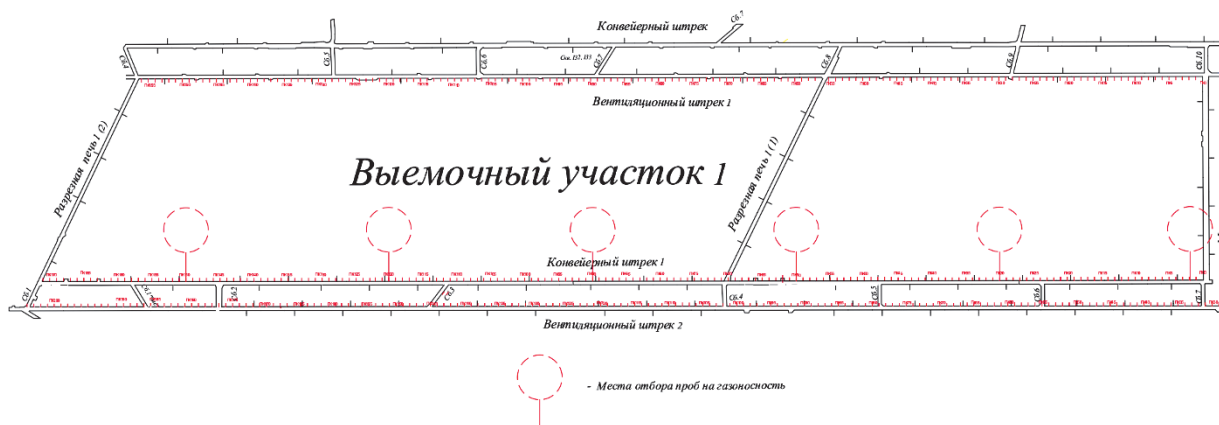


Рис. 1. Точки отбора проб, нанесенные на план горных работ



Рис. 2. Шахтный керноотборник



Рис. 3. Оборудование для проведения десорбционных тестов:  
а) Герметичный сосуд для угольных проб; б) Измерительный комплекс

на подготовленном к отработке выемочном столбе, например, на основе применения прямого метода, основанного на отборе угольных кернов, и последующем измерении содержания метана в них в десорбционных тестах,

а также определять проницаемость угольных пластов [6, 7, 8, 9].

В условиях угольной шахты юго-западной части Томь-Усинского геолого-экономического района Кузбасса выполнены

измерения газоносности и проницаемости угольных пластов. Для этого из 6 скважин, пробуренных из горных выработок на глубину 30 м в угольный пласт на выемочном участке, были отобраны по 3 угольных керна из каждой скважины (рис. 1). Для отбора угольных проб в горных выработках применялся керноотборник (рис. 2), герметичные сосуды для размещения в них угольных проб, отобранных в шахтных условиях (рис. 3а), и измерительный комплекс для определения объема выделившегося из угля газа (рис. 3б).

Для оценки газоносности угля использован метод оценки скорости десорбции метана (объемный метод) с учетом фильтрации и диффузии метана. Дегазация угольных проб выполнялась в трех режимах десорбции метана до полного газоистощения. Первым режимом являлось вакуумирование при температуре 20 °С, на втором режиме проводилось термовакуумирование в среде с температурой 70 °С, на третьем режиме пробы подвергались дроблению на шаровой мельнице с одновременным вакуумированием при стандартных условиях окружающей среды. Газовый анализ выполнялся с помощью газоанализатора, предназначенного для измерения концентрации диоксида углерода  $\text{CO}_2$ , и газового хроматографа для определения содержания метана  $\text{CH}_4$ , водорода  $\text{H}_2$ , кислорода  $\text{O}_2$  и азота  $\text{N}_2$ . На основе анализа результатов лабораторных исследований выполнена оценка технических характеристик и газоносности угольного пласта. Установлено, что зольность отобранных проб изменяется в пределах  $1,20 \div 13,83\%$ , влажность  $0,17 \div 8,35\%$ , остаточная газоносность  $15,12 \div 17,8 \text{ м}^3/\text{т с.б.м.}$  При этом установлено, что усредненная остаточная газоносность  $16,4 \text{ м}^3/\text{т с.б.м.}$  рассматриваемого угольного пласта меньше природной  $22,5 \text{ м}^3/\text{т с.б.м.}$  на 37%.

Для определения фильтрационных свойств угольного пласта [10, 11] выполнены исследования его газопроницаемости на лабораторной установке, вид которой представлен на рис. 4. В установке сжатый воздух, нагнетаемый компрессором 1, подавался

в кернодержатель 3, в котором размещался образец угля 4. Давление воздуха в контурах кернодержателя обжатия манжеты на образце, регистрации утечки, поступающего давления на образец, регистрировалось пружинными манометрами 2. Объем воздуха, прошедшего через испытываемый образец, контролировался с помощью измерительного сосуда 5. В режиме стационарной фильтрации проведены исследования образцов угля, отобранных в шести точках выемочного столба шахты. Из угля были изготовлены угольные цилиндры диаметром и высотой 31 мм, по три образца для каждой точки. Результаты выполненных измерений проницаемости для 18 угольных цилиндров представлены в табл. 1.

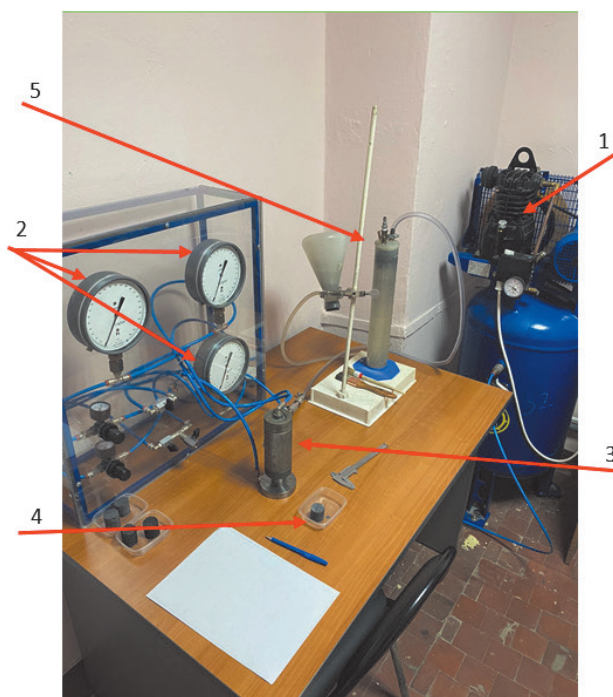


Рис. 4. Установка для определения коэффициента абсолютной газопроницаемости: 1 — источник сжатого воздуха (компрессор); 2 — манометры; 3 — кернодержатель; 4 — образец угля; 5 — измерительный сосуд

Установлено, что абсолютная газопроницаемость образцов угля изменяется от 0,7 до 49,7 мД. При этом тринадцать образцов (№№ 2–11, 13, 15, 16) характеризуются как слабопроницаемые, четыре (№№ 12, 14, 17, 18) — среднепроницаемые и один (№ 1) — непроницаемый.



Таблица 1

Результаты оценки остаточной газоносности угольного пласта выемочного участка.

Точка отбора пробы угля	№ образца	Вес пробы, кг	Зольность, %	Влажность, %	Газоносность угля, м <sup>3</sup> /т с.б.м.	Коэффициент абсолютной газопроницаемости, мД
1	1	0,349	9,33	8,35	16,80	0,70
	2	0,501	1,20	1,06	16,30	1,17
	3	0,480	2,30	8,33	15,95	1,65
2	4	0,627	6,21	0,32	17,20	2,23
	5	0,423	2,45	0,23	16,59	2,77
	6	0,364	5,22	0,17	16,41	3,25
3	7	0,680	7,32	1,06	17,80	3,62
	8	0,733	7,05	0,87	17,50	4,18
	9	0,603	7,38	0,93	17,12	4,73
4	10	0,450	6,43	1,49	16,36	5,30
	11	0,340	1,80	1,06	16,10	5,92
	12	0,371	13,83	0,33	15,12	12,00
5	13	0,681	4,17	0,31	17,00	1,73
	14	0,580	11,07	0,96	15,30	12,4
	15	0,582	9,91	1,22	16,94	7,22
6	16	0,757	8,10	0,54	15,79	3,54
	17	0,718	9,42	0,47	15,65	49,71
	18	0,696	8,37	0,64	15,40	20,35

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты могут быть использованы для оценивания эффективности дегазации угольных пластов. При этом необходимо учитывать, что природная газоносность, определяемая на этапе геологоразведочных работах, может отличаться существенным образом от остаточной газоносности, полученной на основе анализ данных десорбционных тестов, которые проводятся с использованием отобранных в шахтных условиях угольных кернов. Фильтрационные свойства угольного пласта могут обладать пространственной анизотропией, что предопределяет необходимость применения методов стимуляции газоотдачи углепородного массива при его дегазации, например, на основе технологий гидроразрыва или дополнительного механического воздействия на

прискважинную область. В дальнейшем планируется продолжить комплексные измерения метаносодержания и фильтрационных свойств угольных пластов в Кузбассе с последующей разработкой рекомендаций по применению современных технологий и оборудования дегазации угольных шахт.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук» проект FWEZ-2024-0013 «Создание многофункциональных систем мониторинга и прогноза газодинамических явлений, контроля напряженного состояния, разработка методов их предотвращения и оценки эффективности при подземной разработке угольных месторождений. 2024–2025 гг.» (рег. № 124041100071–9).*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малашкина В. А. Мониторинг эффективности системы дегазации угольной шахты-основа безопасного труда горнорабочих // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2020. № 6-1. С. 38–45.
2. Тханг Ф. Д., Ань Ф. Т., Коликов К. С. Зависимость метаноносности и относительной метанообильности угольных пластов на шахте Мао Хе от глубины их залегания // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2020. № 6-1. С. 26–37.
3. Плаксин М. С. Подход к описанию погрешности замеров газоносности угольного пласта прямым методом // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2021. № 2. С. 48–55.
4. Суксова С. А., Тимофеева Ю. В., Усольцева Л. А. Способы разработки метана угольных пластов с помощью дегазации // Вестник евразийской науки. 2020. Т. 12. № 4. С. 17.
5. Разумов Е. А. Программа и методика проведения исследований дегазации угольного пласта с применением подземного гидроразрыва в условиях шахты «Чертинская-Коксовая» // Техника и технология горного дела. 2020. № 1. С. 32–44.
6. Никитенко С. М., Глухих С. А. Дегазация угольных пластов: состояние и перспективы // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2020. № 6. С. 370–373.
7. Ширяев С. Н. и др. Исследование остаточной газоносности угольных пластов Ерунаковского месторождения Кузбасса // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2020. № 2(138). С. 5–11.
8. Рябцев А. А., Козырева Е. Н. Оценка природной газоносности угольных пластов // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2020. № 6. С. 355–358.
9. Баймухаметов С. К. и др. Проблемы отработки газоносных и опасных по внезапным выбросам угольных пластов с низкой проницаемостью в карагандинском угольном бассейне // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 10-1. С. 124–136.
10. Тайлаков О. В. и др. Экспериментальный стенд для исследования в лабораторных условиях коллекторских свойств горных пород // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2021. № 7. С. 311–314.
11. Тайлаков О. В. и др. Определение участков трещиноватых пород с измененными фильтрационными свойствами в кровле выемочного столба на основе сейсморазведки // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2021. № 7. С. 329–332.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2024.55.25.008

UDC 622.35, 662.831.3, 622.411.33

© М. А. Tayurskiy, D. A. Marciyash, D. G. Luzyanin, 2023

### M. A. TAYURSKIY

Lead engineer

Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry, Kemerovo

e-mail: voutling@mail.ru

### D. A. MARCIYASH

Lead Engineer

Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry, Kemerovo

Graduate Student

KuzSTU, Kemerovo

e-mail: marciy.dima@yandex.ru

### D. G. LUZYANIN

Lead Engineer

Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry, Kemerovo

e-mail: luzyanin36@yandex.ru

## DETERMINATION OF RESERVOIR PROPERTIES AND GAS CONTENT OF COAL

*The necessity of studying the physico-chemical properties of coal seams to select rational parameters and increase the efficiency of degassing is substantiated. Coal cores were selected at a coal mine in the southwestern part of the Tom-Usinsk geological and economic region of Kuzbass and measurements of the gas content and permeability of coal seams were performed. The description of the equipment and laboratory stand for determining the gas content and filtration properties of coals is presented. It has been established that the average residual gas content of the coal seam under consideration is 37 % lower than the natural one. It is shown that the absolute gas permeability of coal samples varies from 0.70 to 49.71 mD. Of these, 72 % are characterized as weakly permeable.*

Keywords: DEGASSING, GAS PERMEABILITY, COAL SEAM, GAS CONTENT, DESORPTION, METHANE RELEASE, COAL CORE, CORE COLLECTOR.

## REFERENCES

1. Malashkina V. A. Monitoring the effectiveness of the coal mine degassing system-the basis for safe work of miners // Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal) [Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal)]. 2020. No. 6-1. P. 38–45. [In Russ.].
2. Thang F. D., An F. T., Kolikov K. S. Dependence of methane content and relative methane abundance of coal seams at the Mao He mine on the depth of their occurrence // Mining information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal) [Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal)]. 2020. No. 6-1. P. 26–37. [In Russ.].
3. Plaksin M. S. An approach to describing the error of measuring the gas content of a coal seam by a direct method // Bulletin of the VostNII Scientific Center for Industrial and Environmental Safety [Vestnik Nauchnogo tsentra VostNII po promyshlennoy i ekologicheskoy bezopasnosti]. 2021. No. 2. P. 48–55. [In Russ.].
4. Susova S. A., Timofeeva Yu. V., Usoltseva L. A. Methods of coalbed methane development using degassing // Bulletin of Eurasian Science [Vestnik yevraziyskoy nauki]. 2020. Vol. 12. No. 4. P. 17. [In Russ.].
5. Razumov E. A. Program and methodology for conducting research on coal seam degassing using underground hydraulic fracturing in the conditions of the Chertinskaya-Koksovaya mine // Technique and technology of mining [Tekhnika i tekhnologiya gornogo dela]. 2020. No. 1. P. 32–44. [In Russ.].
6. Nikitenko S. M., Glukhikh S. A. Degassing of coal seams: state and prospects // High-tech technologies for the development and use of mineral resources [Naukoyemkiye tekhnologii razrabotki i ispolzovaniya mineralnykh resursov]. 2020. No. 6. P. 370–373. [In Russ.].
7. Shiryaev S. N. et al. Investigation of the residual gas content of coal seams of the Yerunakovsky field of Kuzbass // Bulletin of the Kuzbass State Technical University [Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta]. 2020. No. 2(138). P. 5–11. [In Russ.].
8. Ryabtsev A. A., Kozyreva E. N. Assessment of the natural gas content of coal seams // High-tech technologies for the development and use of mineral resources [Naukoyemkiye tekhnologii razrabotki i ispolzovaniya mineralnykh resursov]. 2020. No. 6. P. 355–358. [In Russ.].
9. Baymukhametov S. K. et al. Problems of mining of gas-bearing and hazardous coal seams with low permeability due to sudden emissions in the Karaganda coal basin // Mining information and Analytical bulletin (scientific and technical journal) [Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal)]. 2021. No. 10-1. P. 124–136. [In Russ.].
10. Tailakov O. V. et al. Experimental stand for the study of reservoir properties of rocks in laboratory conditions // High-tech technologies for the development and use of mineral resources [Naukoyemkiye tekhnologii razrabotki i ispolzovaniya mineralnykh resursov]. 2021. No. 7. P. 311–314. [In Russ.].
11. Tailakov O. V. et al. Determination of sites of fractured rocks with altered filtration properties in the roof of the excavation column based on seismic exploration // High-tech technologies for the development and use of mineral resources [Naukoyemkiye tekhnologii razrabotki i ispolzovaniya mineralnykh resursov]. 2021. No. 7. P. 329–332. [In Russ.].