

## Научная статья

УДК 622.143.1

DOI: 10.26730/1999-4125-2024-1-82-91

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ ГАЗОКИНЕТИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИРОДНОГО УГЛЯ****Плаксин Максим Сергеевич<sup>1,2</sup>, Родин Роман Иванович<sup>1,2</sup>,  
Иванов Геннадий Викторович<sup>2</sup>, Шинкевич Александр Валериевич<sup>3</sup>**<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН<sup>2</sup>Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева<sup>3</sup>ООО «Шахта Спиридоновская»

\*для корреспонденции: plaksin@bk.ru

**Информация о статье**

Поступила:

01 февраля 2024 г.

Одобрена после

рецензирования:

15 февраля 2024 г.

Принята к публикации:

29 февраля 2024 г.

Опубликована:

12 марта 2024 г.

**Ключевые слова:**

отбор угольных проб,  
газокинетические и  
энергетические свойства,  
газоносность пласта,  
сорбционные и десорбционные  
исследования.

**Аннотация.**

В статье отмечается, что современные методы определения газоносности угольного пласта имеют ряд недостатков, которые снижают качество прогноза процесса метановыделения пласта, т.к. в них должным образом не учитываются его газокинетические свойства, в первую очередь в процессе разрушения угля при отборе проб. Предлагается новый подход к определению газокинетических и энергетических характеристик угольных проб с использованием возможностей инновационного метода отбора проб. Представлены результаты и этапы лабораторных исследований на примере угольной пробы S1-03.23-из,5-1, отобранной в изолированном (от атмосферы выработки) режиме при помощи устройства измерения газоносности угля. Этап насыщения метаном пробы угля в загерметизированной колбе высокого давления включает в себя алгоритм действий, необходимых для нагнетания метана с заданным значением давления, а также графический результат протекания во времени процесса сорбции метана углем. Порядок выполнения этапа ступенчатых выпусков заключается в последовательном выпуске части свободного метана из колбы высокого давления с целью снижения давления в системе «уголь-газ». Результат этапа заключается в определении газокинетических параметров, позволяющих оценить процесс десорбции в системе «уголь-газ» при частичном снятии в ней напряжений. Последний этап представляет результаты оценки газокинетических, сорбционных, десорбционных и энергетических свойств угля

**Для цитирования:** Плаксин М.С.2, Родин Р.И., Иванов Г.В., Шинкевич А.В. Разработка метода оценки газокинетических и энергетических характеристик природного угля // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2024. № 1 (161). С. 82-91. DOI: 10.26730/1999-4125-2024-1-82-91, EDN: VTVYTE

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук» проект FWEZ-2021-0001 «Создание многофункциональных систем мониторинга и прогноза газодинамических явлений, контроля напряженного состояния, разработка методов их предотвращения и оценки эффективности при подземной разработке угольных месторождений» (рег. № AAAA-A21-121012290020-4).

### Введение

При определении газосодержания угольных пластов на больших глубинах разработки современные методы определения газоносности, учитывающие при бурении пробы упущенный газ «lost gas» математическими инструментами, могут иметь погрешность конечного значения до 60% [1-7]. Косвенно данное утверждение подтверждается отсутствием внедрения новых алгоритмов в действующие руководящие документы [8,9] угольных предприятий и использования величины природного газосодержания для расчета основополагающих для угольных шахт параметров: газообильность, опасность по динамическим явлениям и дегазация.

Использование имеющихся алгоритмов определения газоносности пласта и газообильности горных выработок, основа которых заложена в 60-х годах [10], при текущем уровне механизации горных работ приводит к низкому уровню безопасности по газовому и газодинамическому фактору.

При разработке нового метода по определению газоносности угольного пласта [11] учитывалась возможность получения дополнительных знаний о газокинетических и газодинамических характеристиках угля, которые имеют большую практическую ценность, т.к. позволяют составить картину реализации газового потенциала как в процессе разрушения угля, так и в дальнейшем при его транспортировке.

Разработана система контролируемых выпусков газа из газонасыщенных проб угля. Результаты лабораторных исследований представлены на примере угольной пробы S1-03.23-г3,5-1.

Проба отобрана в изолированном (от атмосферы выработки) режиме при помощи устройства измерения газоносности угля (УИГУ) [12] с угольного пласта 23 Никитинского месторождения в забое проходческой выработки водоотлива №2 в 10 метрах от места пересечения центрального путевого уклона со сбойкой №105. Глубина залегания угольного пласта в месте отбора пробы 457 м. Средняя мощность пласта 1,59 м. Природная газоносность 21-22 м<sup>3</sup>/т. Марка угля Ж. На момент отбора пробы забой проходческой выработки стоял 2 суток без подвигания.

Основа разработанной методики комплексного исследования свойств природных углей без их контакта с воздухом заключается в последовательном выполнении трех этапов:

– этап насыщения пробы неокисленного угля метаном в колбе высокого давления (КВД);

– этап контролируемых ступенчатых выпусков метана из пробы угля;

– этап оценки газокинетических, энергетических, сорбционных и десорбционных свойств угля.

### Этап насыщения пробы неокисленного угля метаном в КВД

Для проведения серии экспериментов проба неокисленного угля помещается в колбу высокого давления (КВД) с целью насыщения ее метаном.

В ходе выполнения серии экспериментов (на примере одной пробы) постоянными являются следующие параметры: объем и масса пробы угля, объем КВД и объем свободного пространства в ней. Представленный подход облегчает проведение сравнительного анализа барометрических параметров эксперимента.

Процесс насыщения метаном угля выполняется по следующему алгоритму:

1) в течении двух минут проба угля насыщается метаном по пневматической магистрали, подключенной с одной стороны к КВД, а с другой стороны – к баллону с газом. На редукторе, установленном на баллоне с газом, заранее выставляется значение давления насыщения;

2) после насыщения КВД герметизируется и подключается к электронному датчику давления, который обеспечивает измерение значений с периодом в 5 секунд. В зависимости от величины давления газа в КВД измерения проводятся посредством одного из трех электронных датчиков давления со следующими диапазонами измерения: 0÷4 МПа, 0÷1,2 МПа, 0÷0,6 МПа. Применение трех электронных датчиков давления (в зависимости от максимального давления нагнетания и текущего значения давления в колбе) с различными диапазонами измерения продиктовано необходимостью повышения точности выполняемых измерений;

3) по окончании эксперимента через 45 часов (время окончания активного процесса газонасыщения) и при проведении анализа зафиксированных электронным датчиком фактических данных давления устанавливаются следующие параметры:  $V_{(2)}$  – объем метана, поглощенного пробой угля за 2 минуты, см<sup>3</sup>;  $V_{(45)}$  – объем метана поглощенного пробой угля за 45 часов, см<sup>3</sup>;  $\alpha$  – угол наклона кривой сорбции в точке, характеризующий начальную скорость поглощения метана углем, град.

Оценка количества поглощенного метана углем в КВД производится по следующему алгоритму.

Свободный объем колбы с пробой определяется по (1):

$$V_{св} = V_{кол} - V_y, \quad (1)$$

где  $V_{кол}$  – объем колбы, см<sup>3</sup>;  $V_y$  – объем пробы угля, см<sup>3</sup>.

Объем пробы определяется по (2):

$$V_y = \frac{M_y}{\gamma}, \quad (2)$$

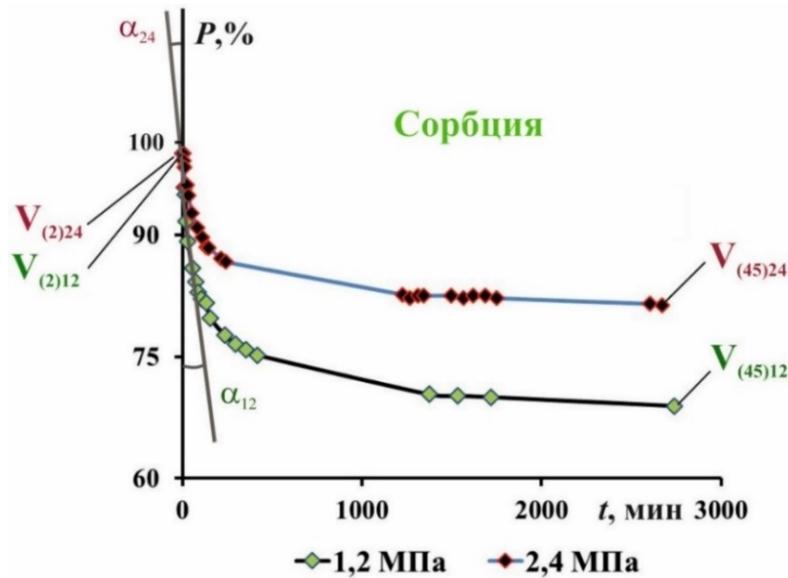


Рис. 1. Схема определения объема сорбированного метана углем в зависимости от начального значения давления насыщения пробы в КВД:  $t$  – время после насыщения колбы;  $P$  – доля снижения текущего давления в КВД от максимального давления насыщения

Fig. 1. Scheme for determining the volume of sorbed methane with coal depending on the initial value of the saturation pressure of the sample in the HPF:  $t$  – time after saturation of the flask;  $P$  – proportion of the decrease in the current pressure in the HPF from the maximum saturation pressure

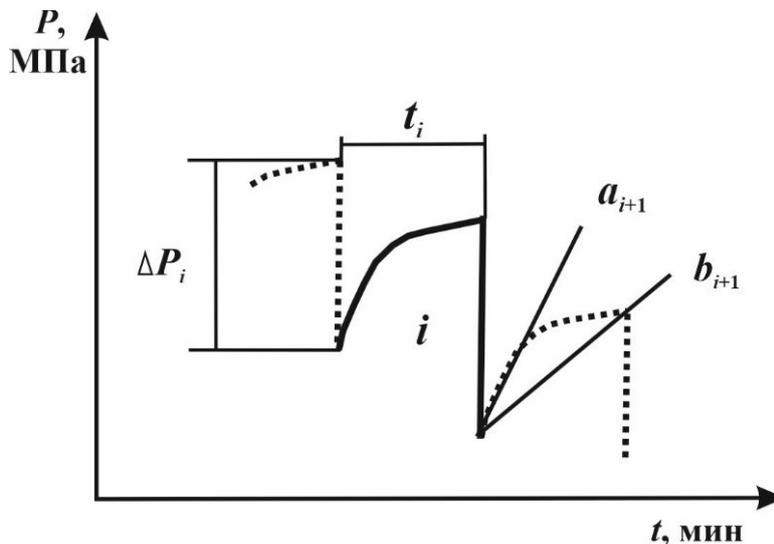


Рис. 2. Схематичное представление участка графика контролируемых выпусков метана из пробы угля

Fig. 2. Schematic representation of a plot of a schedule of controlled methane releases from a coal sample

где  $M_y$  – масса пробы угля, г;  $\gamma$  – плотность угля, г/см<sup>3</sup>.

Объем метана, сорбированного пробой угля через 2 минуты и 45 часов, рассчитывается по (3):

$$S = \left( \frac{P_{\text{нас}} - P_3}{P_{\text{атм}}} \right) V_{\text{св}}, \quad (3)$$

где  $P_{\text{нас}}$  – давление насыщения угля метаном, МПа;  $P_3$  – давление метана в колбе в момент замера (через 2 минуты и 45 часов), МПа;  $P_{\text{атм}}$  – атмосферное давление, МПа.

На Рис. 1 представлены кривые сорбции и их параметры, характеризующие изменение объема сорбированного метана углем в зависимости от начального значения давления насыщения пробы 1,2 МПа и 2,4 МПа в КВД. Индексы искомых параметров, представленных на Рис. 1, обозначают: 12 – насыщение пробы до 1,2 МПа (12 атм); 24 – насыщение пробы до 2,4 МПа (24 атм).

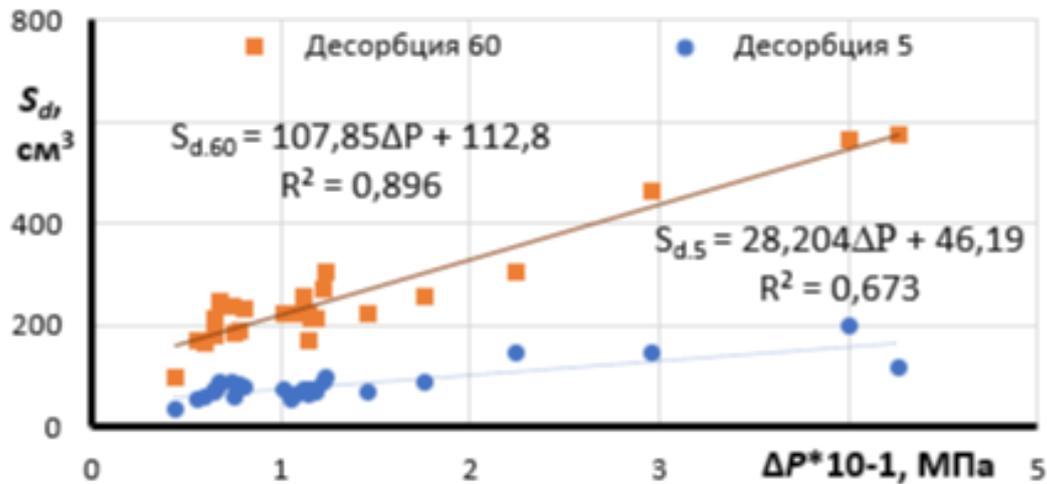


Рис. 3. Изменение объемов десорбированного газа  $S_d$  за 5 и 60 минут между  $S_{d,5}$  и  $S_{d,60}$

Fig. 3. Change in the volume of desorbed  $S_d$  gas in 5 and 60 minutes between  $S_{d,5}$  and  $S_{d,60}$

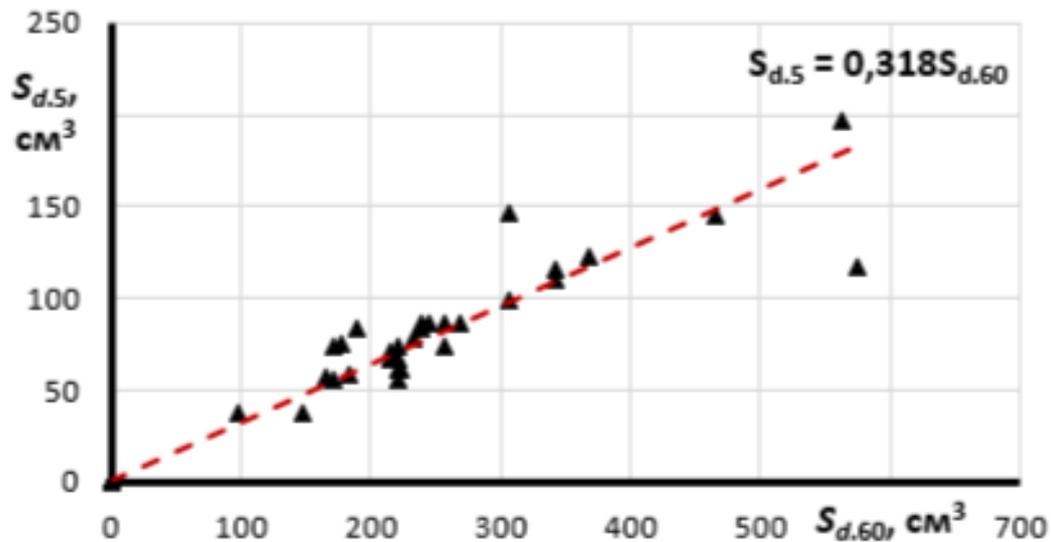


Рис. 4. Зависимость объема десорбированного газа за 5 минут и за 60 минут в замкнутой системе

Fig. 4. Dependence of the volume of desorbed gas in 5 minutes and in 60 minutes in a closed system

**Этап контролируемых ступенчатых выпусков метана из пробы угля**

Данный этап подразумевает последовательные контролируемые ступенчатые выпуски метана из пробы угля после ее насыщения. Порядок выполнения ступенчатых выпусков заключается в последовательном выпуске части свободного метана из КВД с целью снижения давления в системе «уголь-газ». Вследствие снижения давления активизируется процесс перехода сорбированного метана в угле в свободную фазу, что сразу же фиксируется датчиками давления и выражается виде роста давления в КВД после ее герметизации.

Объем метана, десорбированного из пробы угля через 5 и 60 минут после  $i$ -го выпуска метана, рассчитывается по (4):

$$S_d = \left( \frac{P_3 - P_{m,i}}{P_{атм}} \right) V_{св}, \text{ см}^3 \quad (4)$$

где  $P_{m,i}$  – давление метана в колбе сразу после  $i$ -го выпуска метана, МПа;  $P_3$  – давление метана в колбе в момент замера (через 5 и 60 минут), МПа.

Газоносность пробы на момент  $i$ -го выпуска:

$$X_{m,c,i} = \frac{V_{общ} - V_{вып,i} - S_d}{M_y}, \quad (5)$$

где  $V_{общ}$  – общий объем выделившегося метана после всех ступеней выпуска,  $\text{см}^3$ ;  $\sum V_{вып,i}$  – сумма объемов выпущенного метана из КВД

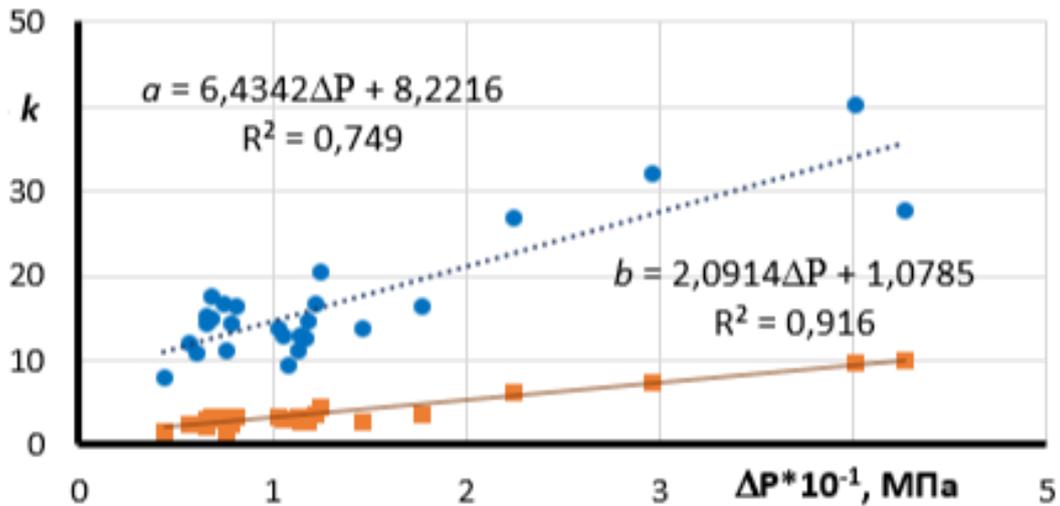


Рис. 5. Изменение углового коэффициента функций линейной аппроксимации объемов десорбированного метана за 5 и 60 минут

Fig. 5. Change in the angular coefficient of the linear approximation functions of the volumes of desorbed methane in 5 and 60 minutes

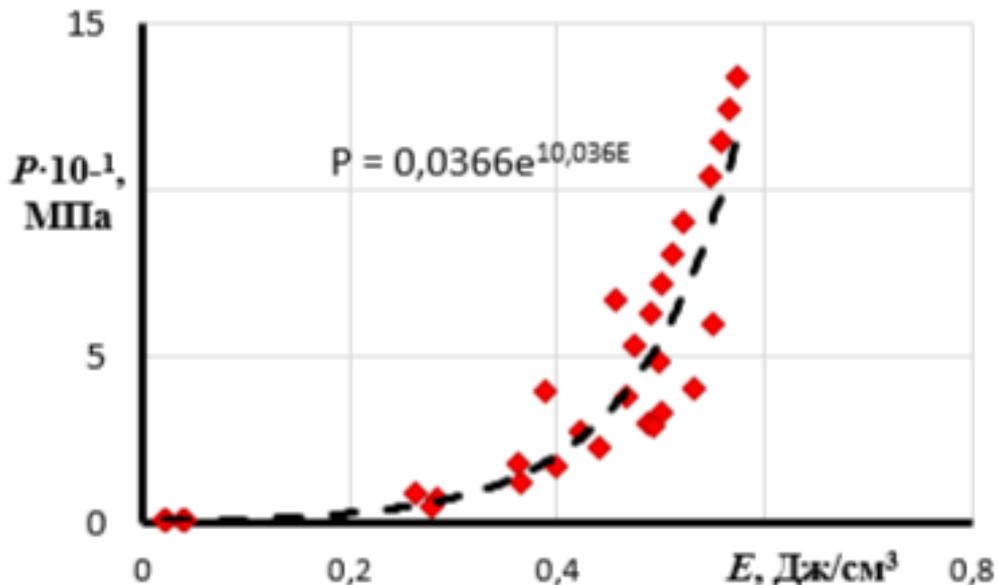


Рис. 6. Изменение энергии, затраченной на сжатие единицы объема десорбированного газа от созданного в замкнутой системе «уголь-газ» давления

Fig. 6. The change in the energy spent on compressing a unit volume of desorbed gas from the pressure created in the closed system "coal-gas"

вместе с  $i$ -ой ступенью выпуска,  $\text{см}^3$ ;  $i$  – номер выпуска газа из колбы.

На данном этапе регулируемые и регистрируемые параметрами (Рис. 2) являются:  $P_{д,i}$  – давление в колбе до  $i$ -го выпуска, МПа;  $P_{п,i}$  – давление в колбе после  $i$ -го выпуска, МПа;  $\Delta P_i = P_{д,i} - P_{п,i}$  – разница давлений, МПа;  $t_i$  – время цикла десорбции метана, мин;  $n$  – количество циклов десорбции;  $a_i$ ,  $b_i$  – градиенты скорости десорбции газа из пробы  $i$ -го цикла за время 5 минут и 60 минут соответственно.

Программа лабораторных исследований десорбционных свойств угля, реализующихся в результате снижения давления в закрытой

системе «уголь-газ», определяется поставленными задачами и целью исследования и регулируется параметрами:

$$(a; b; S; S_d; E; X) = f(\Delta P) \quad (6)$$

где  $a$ ,  $b$  – градиенты скорости десорбции газа;  $S$  – объем сорбированного газа,  $\text{см}^3$ ;  $S_d$  – объем десорбированного газа,  $\text{см}^3$ ;  $E$  – энергия, затраченная на сжатие единицы объема десорбированного газа в процессе газоистощения пробы,  $\text{Дж/см}^3$ ;  $\Delta P$  – разность давления газа (при выпуске), МПа.

Этап оценки газокинетических, сорбционных, десорбционных и энергетических свойств угля

Для оценки газокинетических свойств угля процесса десорбции метана при снижении давления в закрытой системе «уголь-газ» определяется зависимость объема выделяющегося газа от соответствующей разницы начального и конечного давления в КВД. На Рис. 3 отражено изменение объемов десорбированного газа за 5 ( $S_{d,5}$ ) и 60 ( $S_{d,60}$ ) минут по результатам серии экспериментов.

На графиках приведены численные значения искомых параметров, полученные при исследовании угольной пробы S1-03.23-13,5-1. Следует отметить, что с одного газонасыщенного колбы получаем 10-12 контролируемых выпусков (объемом газа до  $500 \text{ см}^3$ ) при  $\Delta P < 1,25 \text{ МПа}$  и всего 2-3 выпуска при  $\Delta P > 1,25 \text{ МПа}$ . Этим объясняется разное количество точек в левой и правой части графика.

Установленная на Рис. 4 зависимость позволяет по объему газа, выделившегося за 5 минут, прогнозировать объем десорбированного газа за 60 минут в изолированном объеме. При должной доработке данной зависимости можно на практике прогнозировать процесс реализации газового потенциала после снятия части геостатической нагрузки в призабойной части пласта. Представленные исследования являются продолжением исследований 70-80-х годов [13-15], указывающих на то, что опасные по газодинамическим явлениям участки пласта в сравнении с неопасными имеют существенное отличие в газокинетических свойствах угля, особенно в начальный момент времени после снятия напряжения (при разрушении) [16].

Далее посредством функции линейной аппроксимации определяются величины углового коэффициента  $k$  для 5 минут ( $a$ ) и 60 минут ( $b$ ) в процессе десорбции при снижении давления в замкнутой системе «уголь-газ» (Рис. 5).

Планируется установить количественную взаимосвязь данного коэффициента с газодинамическими и газокинетическими процессами, протекающими в месте отбора проб. Для контроля газодинамического состояния угольного пласта предлагается использовать в качестве критерия изменение углового коэффициента функции линейной аппроксимации  $a$ .

Для контроля газокинетического состояния угольного пласта предлагается использовать в качестве критерия изменение углового коэффициента функции линейной аппроксимации  $b$ .

Чем больше значение коэффициента при одинаковой разгрузке в замкнутой системе «уголь-газ», тем выше уровень газодинамической опасности и интенсивнее реализация газового потенциала.

В практической плоскости результаты исследования газокинетических свойств пласта позволят в дальнейшем совершенствовать методы оценки реализации газового потенциала пласта при ведении горных работ [17-19], а также рассчитывать технологические параметры мероприятий по интенсификации процесса газоотдачи пласта [20].

#### **Оценка энергетического показателя процесс газовыделения в замкнутой системе «уголь-газ»**

Показатель удельной энергии сжатой смеси  $E_{уд}$  определяется из уравнения (7):

$$E_{уд} = \frac{(V_{кол} - V_y) P_3}{M_y}, \text{ Дж/г.} \quad (7)$$

Энергия, затраченная на сжатие единицы объема десорбированного газа в процессе газоистощения пробы угля в ограниченном объеме емкости, рассчитывается по формуле:

$$E = \frac{E_{уд}}{X_{м.с.и}}, \text{ Дж/см}^3. \quad (8)$$

Установлено (Рис. 6), что давление свободного газа в замкнутой системе «уголь-газ» в процессе газоистощения возрастает по экспоненциальной зависимости с ростом энергии, затраченной на сжатие единицы объема десорбированного газа.

#### **Вывод:**

Разработана методика лабораторных исследований свойств углей с использованием инновационного метода отбора проб без их контакта с воздухом. Методика основана на алгоритме контролируемых ступенчатых выпусков газа из проб природного угля, уникальность которого заключается в возможности широкомасштабных исследований кинетических, энергетических и сорбционных свойств угля, и на системе критериев (6), состоящей из: градиентов скорости десорбции газа из пробы за время ( $t$ ), равное 5 и 60 минутам ( $a$  и  $b$ ), количества газа, поглощенного пробой за 2 минуты и 45 часов ( $S_2$  и  $S_{45}$ ), объема выделившегося газа из пробы за 60 минут ( $S_{d,60}$ ) и за 5 минут ( $S_{d,5}$ ) в зависимости от разности давления газа ( $\Delta P$ ) и энергии ( $E$ ), затраченной на сжатие единицы объема десорбированного газа при газоистощении пробы в замкнутой системе «уголь-газ».

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Liu Y. [et al.] A rapid and accurate direct measurement method of underground coal seam gas content based on dynamic diffusion theory // International journal of mining science and technology. 2020. 30(6). Pp. 799–810. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2020.07.004>
2. Li Junqian [et al.] Estimation of gas-in-place content in coal and shale reservoirs: A process analysis method and its preliminary application // Fuel. 2020. Vol. 259. 116266. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116266>

3. Ван Л. [и др.] Влияние локальных напряжений и трещин на проницаемость угольного пласта в блоке Линьфэнь (юго-восточная часть бассейна Ордос, Китай) // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. № 3. С. 372–385. DOI: 10.15372/GiG20180308
4. Плаксин М. С., Родин Р. И. Влияние растворенного метана на погрешность измерений при определении газоносности угольного пласта прямыми методами // Кокс и химия. – 2022. №3. С. 16–20. DOI: 10.52351/00232815\_2022\_03\_16
5. Рекомендации по определению газоносности угольных пластов. М. : Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2017. 44 с.
6. Инструкция по определению и прогнозу метаноносности угольных пластов и вмещающих пород при геологоразведочных работах. М. : Недра, 1977. 96 с
7. Газоносность угольных бассейнов и месторождений СССР // в 3 т. М. : Недра, 1979. Т.2. 456 с.
8. Инструкция по дегазации угольных шахт. М. : Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2012. 250 с.
9. Руководство по безопасности «Рекомендации по безопасному ведению горных работ на склонных к динамическим явлениям угольных пластах», утвержденное приказом Ростехнадзора № 327 от 21 августа 2017 г. Серия 05. Выпуск 53. М. : ЗАО НТЦ ПБ, 2017. 176 с.
10. Каталог метаноемкости углей Кузбасса. Кемерово : ВостНИИ, 1968. 32 с.
11. Плаксин М.С., Родин Р. И., Радиковский И. В., Шинкевич А. В. Результаты измерения газоносности в призабойной части угольного пласта // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2021. № 4. С. 80–86.
12. Плаксин М. С., Альков В. И., Родин Р. И., Рябцев А. А., Козырева Е. Н., Худынцев Е. А. Патент №2021100534 на изобретение Российская Федерация. Устройство для определения газоносности угольного пласта / Заявл. 14.01.2021, патентообладатель ИУ СО РАН; опубл. 23.03.2022, бюл. № 9. 4 с.
13. Мурашев В. И. Разработка научных основ безопасного ведения горных работ в угольных шахтах на основе исследования геомеханических процессов: автореф. дис. на сосиск. учен. степ. докт. наук. М., 1980. 35 с.
14. Чернов О. И., Пузырев В. Н. Прогноз внезапных выбросов угля и газа. М. : Недра, 1979. 296 с.
15. Фейт Г. Н. Геомеханические основы прогноза и снижения выбросоопасности угольных пластов на больших глубинах // Дисс. на соиск. ученой степени д.т.н. 1994. 53 с.
16. Зыков В. С. Внезапные выбросы угля и газа и другие газодинамические явления в шахтах. Кемерово : Институт угля и углехимии СО РАН, 2010. 333 с.
17. Kozyreva E. N., Shinkevich M. V. Evaluation of safe (by gas criterion) process parameters for longwalls and gateways based on operational gas content measurement in coal seams // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Scientific and Research Conference on Knowledge-Based Technologies in Development and Utilization of Mineral Resources 2019, KTDUMR 2019. 2019. P. 012054. DOI: 10.1088/1755-1315/377/1/012054.
18. Козырева Е. Н., Шинкевич М. В., Назаров Н. Ю. Некоторые особенности управления метанообильностью высокопроизводительного выемочного участка // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. № 9. С. 322–325.
19. Полевщиков Г. Я., Козырева Е. Н., Шинкевич М. В. Обоснование технологических решений по управлению метанообильностью выемочного участка с учетом геомеханических процессов // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. Научно-технический журнал. 2014. №1. С.37–43.
20. Клишин В. Н., Кокоулин Д. И., Кубанычбек Б., Дурнин К. М. Разупрочнение угольного пласта, в качестве метода интенсификации выделения метана // Уголь. 2010. №4. С. 40–42.

© 2024 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

**Плаксин Максим Сергеевич**, к.т.н., старший научный сотрудник, доцент, Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, (650000, Кемерово, пр. Ленинградский, 10), Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), e-mail: plaksin@bk.ru

**Родин Роман Иванович**, научный сотрудник, ассистент, Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, (650000, Кемерово, пр. Ленинградский, 10), Кузбасский государственный

технический университет имени Т. Ф. Горбачева, (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), e-mail: rodinri@mail.ru

**Иванов Геннадий Викторович**, д.т.н., профессор, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), e-mail: igv@kuzstu.ru

**Шинкевич Александр Валериевич**, начальника участка аэрологической безопасности, ООО «Шахта Спиридоновская», (652729, Кемеровская область - Кузбасс, г. Киселевск, поселок Карагайлинский, улица Прогрессивная, 1А), e-mail: Shinkevich@mail.ru

*Заявленный вклад авторов:*

Плаксин Максим Сергеевич – обработка и интерпретация данных лабораторных и натуральных исследований, научный менеджмент.

Родин Роман Иванович – проведение лабораторных и натуральных исследований

Иванов Геннадий Викторович – постановка исследовательских задач, научный менеджмент

Шинкевич Александр Валериевич – организация и обеспечение проведения натурального эксперимента

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

## Original article

### DEVELOPMENT OF A METHOD FOR EVALUATING THE GAS KINETIC AND ENERGY CHARACTERISTICS OF NATURAL COAL

Plaksin Maxim S.<sup>1,2</sup>, Rodin Roman I.<sup>1,2</sup>,  
Ivanov Gennady V.<sup>2</sup>, Shinkevich Alexander V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry SB RAS

<sup>2</sup>T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

<sup>3</sup>LLC "Spiridonovskaya mine"

\*for correspondence: plaksin@bk.ru



#### Article info

Received:

01 February 2024

Accepted for publication:

15 February 2024

Accepted:

29 February 2024

Published:

12 March 2024

**Keywords:** coal sampling, gas kinetic and energy properties, reservoir gas content, sorption and desorption studies

#### Abstract.

The article notes that modern methods for determining the gas content of a coal seam have a number of disadvantages that reduce the quality of forecasting the process of methane formation, because they do not properly take into account its gas kinetic properties, primarily in the process of coal destruction during sampling. A new approach is proposed to determine the gas kinetic and energy characteristics of coal samples using the capabilities of an innovative sampling method. The results and stages of laboratory studies are presented on the example of a coal sample S1-03.23-i3,5-1, taken in an isolated (from the atmosphere of the production) mode using a coal gas content measurement device. The stage of methane saturation of a coal sample in a sealed high-pressure flask includes an algorithm of actions necessary to inject methane with a given pressure value, as well as a graphical result of the passage of time in the process of methane sorption by coal. The procedure for performing the stepwise release stage consists in the sequential release of a portion of free methane from a high-pressure flask in order to reduce pressure in the coal-gas system. The result of the stage is to determine the gas kinetic parameters that allow us to evaluate the desorption process in the coal-gas system with partial stress relief in it. The last stage presents the results of an assessment of the gas kinetic, sorption, desorption and energy properties of coal.

**For citation:** Plaksin M.S., Rodin R.I., Ivanov G.V., Shinkevich A.V. Development of a method for evaluating the gas kinetic and energy characteristics of natural coal. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2024; 1(161):82-91. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2024-1-82-91, EDN: VTVYTE

## REFERENCES

1. Liu Y. [et al.] A rapid and accurate direct measurement method of underground coal seam gas content based on dynamic diffusion theory. *International journal of mining science and technology*. 2020; 30(6):799–810. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2020.07.004>
2. Li Junqian [et al.] Estimation of gas-in-place content in coal and shale reservoirs: A process analysis method and its preliminary application. *Fuel*. 2020; 259:116266. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116266>
3. Wang L. [et al.] The influence of local stresses and cracks on the permeability of a coal seam in the Linfen block (southeastern part of the Ordos basin, China). *Geology and Geophysics*. 2018; 59(3):372–385. DOI: 10.15372/GiG20180308
4. Plaksin M.S., Rodin R.I. The influence of dissolved methane on the measurement error in determining the gas content of a coal seam by direct methods. *Coke and Chemistry*. 2022; 3:16–20. DOI: 10.52351/00232815\_2022\_03\_16
5. Recommendations for determining the gas content of coal seams. M.: Closed Joint Stock Company "Scientific and Technical Center for Industrial Safety Research"; 2017. 44 p.
6. Instructions for determining and predicting the methane content of coal seams and host rocks during geological exploration. M.: Nedra; 1977. 96 p.
7. Gas content of coal basins and deposits of the USSR (in 3 volumes). M.: Nedra; 1979. Vol.2. 456 p.
8. Instructions for degassing coal mines. M.: Closed Joint Stock Company "Scientific and Technical Center for Industrial Safety Research"; 2012. 250 p.
9. Safety Guide "Recommendations for the safe conduct of mining operations on coal seams prone to dynamic phenomena", approved by Rostekhnadzor Order No. 327 dated August 21, 2017. Episode 05. Issue 53. Moscow: CJSC STC PB; 2017. 176 p.
10. Catalog of methane capacity of Kuzbass coals. Kemerovo: VostNII; 1968. 32 p.
11. Plaksin M.S., Rodin R.I., Radikovskiy I.V., Shinkevich A.V. Results of measuring gas content in the bottom-hole part of a coal seam. *Bulletin of the scientific center for safety of work in the coal industry*. 2021; 4:80–86.
12. Plaksin M.S., Alkov V.I., Rodin R.I., Ryabtsev A.A., Kozyreva E.N., Khudyntsev E.A. Patent No. 2021100534 for the invention of the Russian Federation. A device for determining the gas content of a coal seam / Application No. 14.01.2021, patent holder of the IU SB RAS; publ. 03/23/2022, bul. No. 9. 4 p.
13. Murashev V.I. Development of scientific foundations for safe mining in coal mines based on the study of geomechanical processes: abstract. for a sausage. learned. step. Doctor of Sciences M., 1980. 35 p.
14. Chernov O.I., Puzyrev V.N. Forecast of sudden emissions of coal and gas. M.: Nedra; 1979. 296 p.
15. Feit G.N. Geomechanical foundations of forecasting and reducing the emission hazard of coal seams at great depths. Diss. on the job. scientific degree of Doctor of Technical Sciences. 1994. 53 p.
16. Zykov V.S. Sudden emissions of coal and gas and other gas–dynamic phenomena in mines. *Institute of Coal and Coal Chemistry SB RAS*. Kemerovo, 2010. 333 p.
17. Kozyreva E.N., Shinkevich M.V. Evaluation of safe (by gas criterion) process parameters for longwalls and gateways based on operational gas content measurement in coal seams. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Scientific and Research Conference on Knowledge-Based Technologies in Development and Utilization of Mineral Resources 2019, KTDUMR 2019*. 2019. P. 012054. DOI: 10.1088/1755-1315/377/1/012054
18. Kozyreva E.N., Shinkevich M.V., Nazarov N.Yu. Some features of methane abundance management of a high-performance excavation site / E.N. Kozyreva, M.V. Shinkevich, N.Yu. // Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal). 2011; 9:322–325.
19. Polevshchikov G.Ya., Kozyreva E.N., Shinkevich M.V. Substantiation of technological solutions for managing the methane content of the excavation site, taking into account geomechanical processes. *Bulletin of the Scientific center for safety of work in the coal industry. Scientific and Technical journal*. 2014; 1:37–43.
20. Klishin V.N., Kokoulin D.I., Kubanychbek B., Durnin K.M. Softening of the coal seam, as a method of intensification of methane release. *Ugol*. 2010; 4:40–42.

© 2024 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).  
The authors declare no conflict of interest.

## About the authors:

**Maxim S. Plaksin**, C. Sc. in Engineering, Senior researcher, Associate professor, Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry SB RAS (650000, Kemerovo, Leningradsky ave., 10), T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (650000, Kemerovo, Vesennaya str., 28), e-mail: [plaksin@bk.ru](mailto:plaksin@bk.ru)

**Roman I. Rodin**, research collaborator, assistant, Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry SB RAS (650000, Kemerovo, Leningradsky ave., 10), T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (650000, Kemerovo, Vesennaya str., 28), e-mail: [rodinri@mail.ru](mailto:rodinri@mail.ru)

**Gennady V. Ivanov**, doctor of technical sciences, professor, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (650000, Kemerovo, Vesennaya str., 28), e-mail: [igv@kuzstu.ru](mailto:igv@kuzstu.ru)

---

**Alexander V. Shinkevich**, Head of the Aerological safety section, LLC "Spiridonovskaya mine", 652729, Kemerovo Region – Kuzbass, Kiselevsk city, Karagailinsky settlement, Progressivnaya Street, 1A, e-mail: Shinkevih@mail.ru

*Contribution of the authors:*

Maxim S. Plaksin – processing and interpretation of laboratory and field research data, scientific management.

Roman I. Rodin – conducting laboratory and field studies

Gennady V. Ivanov – setting research tasks, scientific management

Alexander V. Shinkevich – organization and provision of a full-scale experiment

*All authors have read and approved the final manuscript.*

