

DOI:10.25558/OSTNII.2023.75.87.003

УДК 622.023.23

© Н.В. Черданцев, 2023

**Н.В. ЧЕРДАНЦЕВ**

д-р техн. наук,  
главный научный сотрудник  
ФИЦ УХХ СО РАН, г. Кемерово  
e-mail: nvch2014@yandex.ru



### ОДИН ИЗ ВАРИАНТОВ ПОСТРОЕНИЯ СОРБЦИОННОЙ МЕТАНОЁМКОСТИ ПЛАСТА

*При построении сорбционной метаноёмкости пласта используется зависимость Ленгмюра, связывающая удельную массу метана, содержащуюся в единице объёма угля, и поровое давление метана. Коэффициенты, входящих в эту зависимость, находятся из решения системы уравнений после определения значений удельной массы метана в двух разных местах пласта. Для этой цели из забоя выработки бурится контрольная скважина, и из неё производятся замеры параметров метана (начальной скорости газовой выделенной и давления в ней) при двух разных её глубинах.*

*Начальная скорость газовой выделенной определяется с помощью расходомера, а для замеров давления предлагается использовать не герметизатор, а цилиндрическую оболочку, в которую поступает метан из скважины. Материал оболочки принимается с низкими характеристиками жёсткости.*

*Деформация оболочки под действием избыточного давления метана связана с её геометрическими и физико-механическими параметрами известными формулами теории оболочек. Зная измеренную деформацию, легко определить избыточное давление метана и, следовательно, подсчитать удельную массу метана в скважине в двух её сечениях и после этого определить коэффициенты уравнения Ленгмюра.*

**Ключевые слова:** УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ, ГОРНАЯ ВЫРАБОТКА, СКВАЖИНА, КОЭФФИЦИЕНТ ПОРИСТОСТИ, ЗАКОН ЛЕНГМЮРА, СОРБЦИОННАЯ МЕТАНОЁМКОСТЬ ПЛАСТА.

#### ВВЕДЕНИЕ

При добыче угля подземным способом возникает ряд проблем, обусловленных газомеханическими процессами, происходящими в углепородном массиве. Наибольшую проблему представляют газодинамические явления, обусловленные наличием метана в угольных пластах. При определённых горно-геологических и горнотехнических условиях обрабатываемого месторождения могут возникать внезапные выбросы угля и метана

из краевой зоны пласта, а также резко повышаться метановыделения из забоев выработок [1–6].

Перед началом ведения горных работ угледобывающее предприятие располагает информацией о физико-механических характеристиках пластов и вмещающих пород обрабатываемого месторождения, а также данными и о газоносности угольных пластов (содержании объёма метана на единицу массы угля). Эти данные получают при проведе-

нии лабораторных экспериментов на образцах горных пород угольных пластов, взятых при проведении геологоразведочных работ. Однако в реальных условиях объёмы метановыделения при ведении горных работ не всегда совпадают с ранее заявленной информацией о газосодержании обрабатываемых пластов [7].

В этой связи для более надёжного прогноза газодинамических явлений во время ведения горных работ используется ряд экспериментальных и теоретических методов [1–14].

Экспериментальные методы можно условно разделить на прямые и косвенные методы, проводимые в натуральных и лабораторных условиях.

Прямые методы основаны на проведении замеров параметров газовой выделенности (начальной скорости газовой выделенности и давления метана) из контрольной скважины (шпура) при её бурении в забое выработки [4, 5].

К косвенным методам относятся геофизические методы, такие, как спектрально-акустические или электромагнитные, основанные на изучении спектра акустических или электромагнитных сигналов, возникающих в углепородном массиве в области ведения горных работ [4].

Для получения ряда конкретных параметров при изучении газодинамического явления проводятся также лабораторные эксперименты с угольными образцами и лабораторные эксперименты на эквивалентных материалах [9, 10].

В основе теоретических методов лежат фундаментальные методы газовой динамики, в рамках которых акад. С.А. Христиановичем сформулированы концепции о газодинамических процессах метана в угольном пласте при его отработке [11, 12]. Важнейшим исходным параметром в этих концепциях является сорбционная изотерма (сорбционная метаноёмкость) пласта, представляющая собой график изменения объёма метана в единице массы угля, в зависимости от его пластового давления [1].

Сорбционная метаноёмкость (изотерма) строится с помощью закона Ленгмюра [1],

устанавливающего связь между массой метана в единице объёма угля и давлением газа. Она представляет собой аналитическую зависимость, содержащую два коэффициента, которые определяются по результатам лабораторных или натуральных экспериментов. Чаще всего используется лабораторный вариант. В работе [9] представлен лабораторный эксперимент, с помощью которого достаточно просто определяются коэффициенты зависимости Ленгмюра.

Сорбционная изотерма вполне способна корректировать имеющиеся данные о газодинамических явлениях пласта, осуществляя тем самым текущий прогноз газовой выделенности при отработке пластов.

Сорбционную метаноёмкость пласта можно построить по результатам проводимого экспериментального метода прогноза газодинамических явлений, согласно которому для прогноза этих явлений требуются данные о скорости газовой выделенности из пласта, которые замеряют в процессе бурения контрольной скважины из забоя пласта.

Таким образом, целью представленной статьи является обоснование способа построения сорбционной изотермы обрабатываемого угольного пласта на основе зависимости Ленгмюра, в которой её коэффициенты определяются по замерам параметров метановой выделенности из контрольной скважины [4].

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Задача формулируется следующим образом (рис. 1). Из забоя выработки 1 в угольный пласт 2 бурится скважина 3 на глубину  $u_i$  до первой контрольной отметки (точки  $i$ ). На расстоянии  $l$  от забоя шпур герметизируется пакером 4. Из полости скважины через пакер выводятся трубки для фиксации параметров метановой выделенности из скважины: давления  $p_{ci}$  и начальной скорости  $u_{ci}$ .

После снятия показаний производится следующий этап бурения скважины до контрольной отметки  $j$  и также фиксируются показания  $p_{cj}$ ,  $u_{cj}$ . До конечной контрольной отметки скважины, соответствующей длине

$L$ , может быть снято ещё несколько замеров. Для определения параметров зависимости Ленгмюра и построения на её основе сорбци-

онной метаноёмкости достаточно показаний, соответствующих двум контрольным отметкам при бурении скважины.

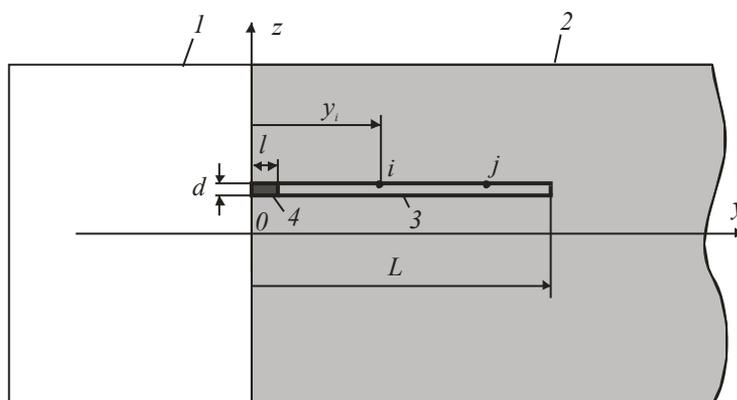


Рис. 1. Схема выработки, пласта и контрольной скважины

Описать процесс метановыделения в скважину при её бурении довольно сложно, поскольку наряду с поступлением в него метана из угольного пласта в результате нестационарной фильтрации происходит ещё и выделение из бурового шлама метана, количество которого плохо согласуется с формулами, полученными при решении задачи о фильтрации метана [1].

В этой связи следует принять ряд допущений.

1. Основную долю метана в нетронутом угольном пласте составляет сорбированный метан, количество которого достигает 90 %, и лишь 10 % приходится на долю порового метана [1, 16].

2. Внутрипластовое давление газа создаётся поровым метаном [11, 12].

3. Процесс фильтрации метана из забоя, движущегося со скоростью более двух метров в сутки, считается стационарным [11].

4. Течение газа в пласте считается изотермическим и описывается законом фильтрации Дарси.

При принятых допущениях и высокой скорости бурения скважины можно установить связь между параметрами метана в пласте и в полости скважины. Так, при объёме скважины  $V_{ci}$ , соответствующей её длине  $y_p$  и давлению в ней  $p_{ci}$  их произведение при изотермическом процессе постоянно. С другой стороны, до бурения скважины объём пор в

объёме, соответствующему объёму  $V_p$ , равен  $k_p V_{ci}$  ( $k_p$  — коэффициент пористости), а поровое давление составляет  $p_{oi}$ . Произведение  $k_p V_{ci} p_{oi}$  также постоянно и равно  $V_{ci} p_{ci}$ . Отсюда следует связь между поровым давлением в пласте и давлением метана в скважине:

$$p_{oi} = \frac{p_{ci}}{k_p}. \quad (1)$$

Плотность метана в скважине определяется зависимостью [1, 12]

$$\rho_{ci} = \frac{p_{ci}}{R \cdot T}, \quad (2)$$

где  $R$  — газовая постоянная метана, равная 519 Дж/(кг К) (К — один градус по шкале Кельвина),  $T$  — температура метана по шкале Кельвина.

Масса метана в объёме скважины  $M_{ci}$  в объёме  $V_{ci}$  составляет величину:

$$M_{ci} = \rho_{ci} \cdot u_{ci} \cdot t_i = \rho_{ci} \cdot u_{ci} \cdot \frac{y_i}{v}, \quad (3)$$

где  $u_{ci}$  — начальная скорость метановыделения (ед. объёма/ед. времени),  $t_i$  — время бурения части скважины длиной  $y_p$ ,  $v$  — скорость бурения.

Масса метана, приходящаяся на единицу объёма скважины (удельной массой), определяется следующим образом:

$$m_{ci} = \frac{M_{ci}}{V_{ci}} = \frac{\rho_{ci} \cdot u_{ci} \cdot y_i}{S \cdot y_i \cdot v} = \frac{\rho_{ci} \cdot u_{ci}}{S \cdot v}, \quad (4)$$

где  $S$  — площадь поперечного сечения скважины, равная  $\pi d^2/4$  ( $d$  — её диаметр).

Подстановка формулы (2) в выражение (4) приводит к следующей зависимости:

$$m_{ci} = \frac{p_{ci} \cdot u_{ci}}{R \cdot T \cdot S \cdot v}. \quad (5)$$

По формуле (5) определяется суммарное удельное содержание метана, включая адсорбированный и поровый метан.

С другой стороны, удельная масса пластового метана вместе с сорбированным и поровым метаном может быть вычислена с помощью аналитической зависимости, приведённой в фундаментальном труде В.В. Ходота [1]:

$$m_{pi} = \frac{a_0 \cdot b \cdot p_{0i}}{1 + b \cdot p_{0i}} + \frac{p_{0i} \cdot k_p}{p_{aT} \cdot \xi} \cdot \frac{T_0}{T}. \quad (6)$$

Первое слагаемое в выражении (6) представляет зависимость Ленгмюра, связывающую удельную массу сорбированного метана с внутрипластовым давлением, а второе слагаемое определяет удельную массу порового метана. В этом выражении  $a_0$ ,  $b$  — эмпирические коэффициенты, а параметр  $\xi$  является коэффициентом сжатия [1],  $T_0$  — температура метана в пласте, а  $T$  — в скважине. В расчётах эти два значения температуры примерно одинаковые, так что их отношение равно единице.

Удельная масса метана из скважины составляет часть удельной массы пластового метана, и она пропорциональна коэффициенту пористости пласта. В этой связи равенство между соотношениями удельных масс выражений (5) и (6) представляется следующим образом:

$$m_{ci} = k_p \cdot m_{pi}. \quad (7)$$

При подстановке правых частей выражений (5) и (6) в равенство (7) получается зависимость, связывающая параметры метана в скважине и пласте:

$$\frac{a_0 \cdot b \cdot p_{0i}}{1 + b \cdot p_{0i}} + \frac{p_{0i} \cdot k_p}{p_{aT} \cdot \xi} \cdot \frac{T_0}{T} = \frac{p_{ci} \cdot u_{ci}}{R \cdot T \cdot k_p \cdot S \cdot v}. \quad (8)$$

Поскольку параметры  $p_{0i}$  и  $p_{ci}$  связаны зависимостью (1), то выражение (8) может быть представлено через давление в скважине в следующем виде:

$$\frac{a_0 \cdot b \cdot p_{ci}}{k_p + b \cdot p_{ci}} + \frac{p_{ci}}{p_{aT} \cdot \xi} = \frac{p_{ci} \cdot u_{ci}}{R \cdot T \cdot S \cdot v}. \quad (9)$$

В выражение (9) входят два неизвестных параметра  $a_0$  и  $b$ , которые могут быть определены при наличии данных о газовыделении в двух произвольных точках. Кроме точки  $i$  нужно снять показания давления и скорости газовыделения ещё и в точке  $j$  (рис. 1). Получающаяся при этом система двух уравнений относительно  $a_0$  и  $b$  легко решается с помощью любой компьютерной вычислительной программы.

После определения коэффициентов зависимости Ленгмюра может быть построен график этой зависимости, а по ней уже нетрудно установить сорбционную изотерму — зависимость объёма метана с тонны угля от давления пластового метана  $q(p_0)$ . В этом случае необходимо определить коэффициент перехода от  $m_c(p_0)$  к  $q(p_0)$ :

$$q = m_c \cdot \eta, \quad (10)$$

где коэффициент  $\eta$  определяется следующим образом:

$$\eta = \frac{1}{\rho_m \cdot \rho_y}, \quad (11)$$

где  $\rho_m$  — плотность метана ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ), а  $\rho_y$  — плотность угля ( $\text{т}/\text{м}^3$ ).

Однако напрямую воспользоваться выражением (9) вряд ли возможно, поскольку осуществить одновременно замеры двух разных параметров газа (давления в скважине  $p_c$  и скорости газовыделения  $u_c$ ) технически весьма сложно. Если, например, замерять давление в скважине, то необходимо решать задачу по её герметизации, поскольку давление в ней достигает значительной величины и вполне может выдавить герметизатор. Если же скважину не герметизировать, а только фиксировать скорость газовыделения с помощью расходомера, то в этом случае давление в скважине будет равно атмосферному давлению.

В данной статье предлагается подход (способ) оперативного и одновременного замера этих двух параметров. Идея его состоит в использовании дополнительного объёма для сбора газа, выходящего из скважины в процессе бурения. Этот объём можно принять в виде легко деформируемого цилиндрического сосуда с заданными характеристиками материала, из которого он изготовлен. Выбор формы сосуда обусловлен достаточно простыми соотношениями между деформацией оболочки  $\varepsilon$ , избыточным давлением  $\Delta p$  в ней и её геометрическими размерами (радиусом  $r_0$ , длиной  $L_0$ , толщиной  $\delta$ ). В качестве материала предполагается использовать резину или другой легко деформируемый материал.

Нормальные напряжения в оболочке — окружное  $\sigma_t$  и меридиональное  $\sigma_m$ , действующее в произвольной точке цилиндрической оболочки, нагруженной внутренним давлением, определяются по следующим формулам безмоментной теории оболочек [15]:

$$\sigma_t = \frac{\Delta p \cdot r}{\delta}, \quad \sigma_m = \frac{\Delta p \cdot r}{2 \cdot \delta}, \quad (12)$$

где  $r$  — текущий радиус оболочки, соответствующий уровню нагружения  $\Delta p$ . Он равен сумме начального радиуса  $r_0$  и перемещения  $w$  точки поверхности цилиндра в радиальном направлении.

Окружная  $\varepsilon_t$  и меридиональная  $\varepsilon_m$  деформации оболочки связаны с перемещениями в радиальном направлении  $w$  и окружном  $v$  зависимостями [15]:

$$\varepsilon_t = \frac{w}{r}, \quad \varepsilon_m = \frac{dv}{dy}, \quad (13)$$

а сами деформации выражаются через напряжения соотношениями закона Гука [15]:

$$\varepsilon_t = \frac{1}{E} \cdot (\sigma_t - \mu \cdot \sigma_m), \quad \varepsilon_m = \frac{1}{E} \cdot (\sigma_m - \mu \cdot \sigma_t), \quad (14)$$

где  $E$  — модуль упругости, а  $\mu$  — коэффициент Пуассона материала оболочки.

Подстановка выражений (12) в формулы (14) приводит к следующим зависимостям:

$$\begin{aligned} \varepsilon_t &= \frac{1}{E} \cdot \left( \frac{\Delta p \cdot r}{\delta} - \mu \cdot \frac{\Delta p \cdot r}{2 \cdot \delta} \right) = \frac{\Delta p \cdot r}{2 \cdot E} (2 - \mu) \cdot \varepsilon_m = \\ &= \frac{1}{E} \cdot \left( \frac{\Delta p \cdot r}{2 \cdot \delta} - \mu \cdot \frac{\Delta p \cdot r}{\delta} \right) = \frac{\Delta p \cdot r}{2 \cdot E} (1 - 2 \cdot \mu). \quad (15) \end{aligned}$$

Следует отметить, что коэффициент Пуассона у резины (каучука) близок к величине 0,5, поэтому  $\varepsilon_m$  стремится к нулю. Отсюда следует, что деформирование резиновой цилиндрической оболочки происходит в окружном направлении, т. е. оболочка «раздувается», но не увеличивает первоначальную длину. Кроме того, необходимо подчеркнуть, использование закона Гука при больших деформациях в телах, к которым относятся изделия из резины, не совсем корректно, но если напряжения в них невелики, то закон Гука вполне справедлив при выводе необходимых зависимостей.

Из представленных соотношений (12), (13), (15) легко получить зависимость между избыточным давлением метана в цилиндрической оболочке и величиной  $w$ , на которую увеличивается начальный радиус сферы при раздутии.

$$\Delta p = \frac{2E\delta w}{(2 - \mu)r^2} = \frac{2E\delta w}{(2 - \mu)(r_0 + w)^2}. \quad (16)$$

Таким образом, располагая характеристиками оболочки и замерив величину  $w$ , легко найти в ней избыточное давление, обусловленное поступлением метана из скважины.

Полное давление в оболочке  $p_i$  складывается из атмосферного давления  $p_a$  и избыточного  $\Delta p$ .

Давление метана в скважине может быть определено из условия постоянства  $pV$  (объём газа) при изотермическом процессе. Так, для сечения  $i$  это условие принимает вид:

$$p_{ci} V_{ci} = \Delta p (V_{ci} + V_{Oi}), \quad (17)$$

где  $V_{Oi}$  — объём цилиндрической оболочки определяется по известной формуле:

$$V_{Oi} = \pi r^2 \cdot L_0 = \pi (r_0 + w_i)^2 \cdot L_0.$$

Подстановка (16) в (17) позволяет выразить давление в скважине через параметры оболочки в следующем виде:

$$p_{ci} = \frac{2E\delta w_i}{(2-\mu)(r_0 + w_i)^2} \cdot \frac{(V_{ci} + V_{Oi})}{V_{ci}}. \quad (18)$$

Начальную скорость газовыделения в скважине можно связать с замеряемой скоростью газовыделения  $u_i$  из условия стационарности процесса, а также из условия неразрывности потока:  $\rho u = \text{const}$  [16]. Отсюда следует соотношение между замеряемой расходомером скоростью и скоростью в скважине:

$$u_{ci} = \frac{\rho_i u_i}{\rho_{ci}}. \quad (19)$$

Таким образом, для построения сорбционной изотермы необходимо сначала произвести замеры скоростей газовыделения и диаметров оболочки при двух положениях торца скважины (сечениях  $i, j$ ), а затем вычислить значения  $w$  как разность радиусов в момент замеров и первоначальном радиусе. После этого вычислить объёмы оболочки и скважины и по формулам (18), (19), определить давление и скорость газовыделения в скважине для двух её сечений. Далее из решения системы уравнений (9) найти коэффициенты  $a_0, b$  и затем по формулам (10), (11) построить сорбционную метаноёмкость пласта.

Проведение вычислений и построение графика сорбционной метаноёмкости.

Ниже представлены аналитические и графические результаты, полученные по приведённым формулам. При проведении вычислений приняты следующие исходные

данные:  $k_f = 0,135$ ;  $p_a = 0,1$  МПа;  $T = 293$  К;  $\rho_m = 0,717$  кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_y = 1350$  кг/м<sup>3</sup>;  $\xi = 0,95$ ;  $v = 1$  м/мин;  $y_i = 1$  м,  $y_j = 2$  м,  $r_0 = 0,12$  м,  $L_o = 2$  м,  $\delta = 0,001$  м,  $E = 8$  МПа,  $\mu = 0,497$ . Значения  $E$  и  $\mu$  приняты по справочнику [17].

Для проведения вычислительного эксперимента использованы усреднённые данные о начальной скорости газовыделения из выбросоопасных пластов, приведённые в [4]:  $u_i = 5$  л/мин =  $0,005$  м<sup>3</sup>/мин,  $u_j = 7$  л/мин =  $0,007$  м<sup>3</sup>/мин, а изменения радиусов цилиндрической оболочки приняты в следующем виде:  $w_i = 0,0011$  м,  $w_j = 0,011$  м.

После подстановки принятых значений в приведённые формулы основные параметры задачи получились следующими:  $V_{ci} = 1,385 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>,  $V_{cj} = 2,771 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>,  $V_{Oi} = 0,092$  м<sup>3</sup>,  $V_{Oj} = 0,108$  м<sup>3</sup>,  $\Delta_{pi} = 798,5$  Н/м<sup>2</sup>,  $\Delta_{pj} = 6824$  Н/м<sup>2</sup>,  $p_{ci} = 0,154$  МПа,  $p_{cj} = 0,372$  МПа,  $p_{oi} = 1,14$  МПа,  $p_{oj} = 2,758$  МПа,  $u_{ci} = 3,275$  л/мин =  $0,003275$  м<sup>3</sup>/мин,  $u_{cj} = 2,008$  л/мин =  $0,002008$  м<sup>3</sup>/мин,  $m_{pi} = 18,617$  кг/м<sup>3</sup>,  $m_{pj} = 27,622$  кг/м<sup>3</sup>.

С учётом полученных данных коэффициенты уравнения Ленгмюра после решения уравнения (9) принимают следующие значения:  $a_0 = 41,9$  кг/м<sup>3</sup>, а  $b = 0,701$  1/МПа. Коэффициент  $\eta$  перехода от уравнения Ленгмюра к уравнению сорбционной изотермы по формуле (10) получается равным  $1,033$  м<sup>6</sup>/(т·кг).

Таким образом, выражение (10) уравнение сорбционной метаноёмкости пласта принимает следующий вид:

$$q(p_0) = \left( \frac{41,9 \cdot 0,701 \cdot p_0}{1 + 0,701 \cdot p_0} \right) \cdot 1,033. \quad (20)$$

График, построенный согласно уравнению (20), показан на рис. 2.

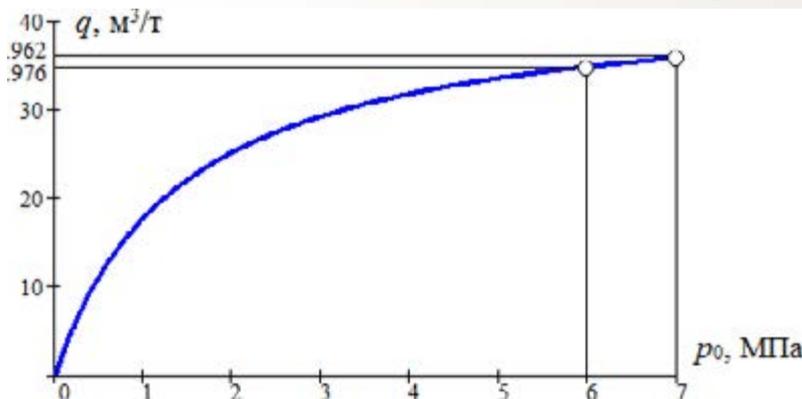


Рис. 2. График сорбционной метаноёмкости пласта

Он имеет вид выпуклой кривой и его предельное значение при  $p_0 = 7$  МПа составляет  $35,962 \text{ м}^3/\text{т}$ . При  $p_0 = 6$  МПа метаноёмкость  $q$  достигает значения  $34,976 \text{ м}^3/\text{т}$ . Эти показатели газовыделений соответствуют показателям газоносности обрабатываемых угольных пластов на шахтах Кузбасса.

Располагая сорбционной изотермой, можно проводить теоретические исследования по газодинамическим явлениям в форме выброса угля и газа из забоев горных выработок, как это показано, например, в работах [13, 14].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Метод построения сорбционной метаноёмкости пласта, представленный в статье, может быть легко реализован в натуральных условиях. В нём используется стандартное оборудование для бурения скважины и средства для замера скорости начального газо-

выделения. Использование в методе сосуда в виде цилиндрической оболочки из легкодеформируемого материала и измерительного устройства, фиксирующего изменение её размеров за счёт избыточного давления метана из скважины, позволяют пересчитать давление метана в пласте и вычислить коэффициенты уравнения Ленгмюра и построить график сорбционной метаноёмкости обрабатываемого пласта.

*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. № АААА-А21-121012290020-4).*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ходот В.В. Внезапные выбросы угля и газа. М., 1961. 363 с.
2. Петухов И.М., Линьков А.М. Механика горных ударов и выбросов. М., 1983. 280 с.
3. Пучков Л.А., Сластунов С.В., Коликов К.С. Извлечение метана из угольных пластов. М., 2002. 384 с.
4. Зыков В.С. Внезапные выбросы угля и газа и другие газодинамические явления в шахтах. Кемерово, 2010. 334 с.
5. Зыков В.С. О механизме формирования выбросоопасной ситуации в очистном забое угольной шахты // Маркшейдерский вестник. 2016. № 5. С. 44–48.
6. Кузнецов С.В., Трофимов В.А. Газодинамика угольного пласта. Численный алгоритм, частные и приближённые решения // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2008. № 54. С. 304–324.
7. Плаксин М.С., Родин Р.И., Радиковский И.В., Шинкевич А.В. Результаты измерения газового потенциала в приконтурной части угольного пласта // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2021. № 4. С. 50–57.
8. Черданцев Н.В., Преслер В.Т., Ануфриев В.Е. Вопросы методического и инструментального обеспечения мониторинга горных выработок. Кемерово, 2012. 222 с.
9. Пащенко П.Н. Способ определения параметров изотермы сорбции Ленгмюра и газопроницаемости дисперсных фракций угля // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. № 3. С. 120–128.
10. Худогонов Д.Ю., Черкасов П.В., Никитенко М.С. Автоматизация процессов сбора и анализа данных лабораторной установки исследования глубины чувствительности спектрально-акустического метода // Научноёмкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2022. № 8. С. 129–125.

11. Христианович С.А. Распределение давления газа вблизи движущейся свободной поверхности угля // Известия АН СССР. ОНТ. 1953. № 12. С. 1673–1678.
12. Христианович С.А. О волне дробления // Известия АН СССР. ОНТ. 1953. № 12. С. 1689–1699.
13. Черданцев Н.В. Решение задачи о раскрытии метаном трещин в предельно напряжённой зоне пласта // Безопасность труда в промышленности. 2022. № 2. С. 13–19.
14. Черданцев Н.В. Постановка и решение задачи о раскрытии метаном кливажных трещин в краевой зоне угольного пласта // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2022. № 1. С. 14–26.
15. Александров А.В., Потапов В.Д. Основы теории упругости и пластичности. М., 1990. 400 с.
16. Лейбензон Л.С. Движение природных жидкостей и газов в пористой среде. М.-Л., 1947. 244 с.
17. Фесик С.П. Справочник по сопротивлению материалов. Киев., 1982. 274 с.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2023.75.87.003

UDC 622.023.23

© N.V. Cherdantsev, 2023

**N.V. CHERDANTSEV**

Doctor of Engineering Sciences,

Chief Researcher

Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry, Kemerovo

e-mail: nvch2014@yandex.ru

## ONE OF THE OPTIONS FOR CONSTRUCTING THE SORPTION METHANE CAPACITY OF THE RESERVOIR

*In constructing the sorption methane reservoir, the Langmuir dependence is used, which binds the specific mass of methane contained in the unit of coal volume and the pore pressure of methane. The coefficients included in this relationship are found from the solution of the system of equations after determining the values of the specific mass of methane in two different places of the formation. For this purpose, a control well is drilled from the bottomhole, and methane parameters (initial gas release rate and pressure in it) are measured from it at two different depths.*

*The initial velocity of gas release is determined using a flowmeter, and for pressure measurements it is proposed to use not a sealer, but a cylindrical shell, which receives methane from the well. The material of the shell is accepted with low stiffness characteristics.*

*Deformation of the shell under the action of excessive pressure of methane is associated with its geometric and physico-mechanical parameters by known formulas of shell theory. Knowing the measured deformation, it is easy to determine the excess pressure of methane and, therefore, calculate the specific mass of methane in the well in its two sections and then determine the coefficients of the Langmuir equation.*

Keywords: COAL SEAM, MINING, WELL, POROSITY COEFFICIENT, LANGMUIR'S LAW, SORPTION METHANE CAPACITY OF THE RESERVOIR.

### REFERENCES

1. Khodot V.V. Sudden emissions of coal and gas. Moscow: «GosNGI», 1961. 363 p. [In Russ.].
2. Petukhov I.M., Linkov A.M. Mechanics of rock impacts and emissions. M.: Nedra, 1983. 280 p. [In Russ.].

3. Puchkov L.A., Slastunov S.V., Kolikov K.S. Extraction of methane from coal seams. M., 2002. 384 p.
4. Zykov V.S. Sudden emissions of coal and gas and other gas-dynamic phenomena in mines. Kemerovo, 2010. 334 p. [In Russ.].
5. Zykov V.S. On the mechanism of formation of an explosive situation in the treatment face of a coal mine // Surveyor's Bulletin [Markshejderskij vestnik]. 2016. No. 5. P. 44–48. [In Russ.].
6. Kuznetsov S.V., Trofimov V.A. Gas dynamics of the coal seam. Numerical algorithm, partial and approximate solutions // Mining Information and Analytical Bulletin [Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten]. 2008. No. 54. P. 304–324. [In Russ.].
7. Plaksin M.S., Rodin R.I., Radikovskiy I.V., Shinkevich A.V. The results of measuring the gas potential in the near-contour part of the coal seam // Bulletin of the VostNII Scientific Center for Industrial and Environmental Safety [Vestnik Nauchnogo centra VostNII po promyshlennoj i ekologicheskoj bezopasnosti]. 2021. No. 4. P. 50–57. [In Russ.].
8. Cherdantsev N.V., Presler V.T., Anufriev V.E. Issues of methodological and instrumental support for monitoring of mine workings. Kemerovo, 2012. 222 p. [In Russ.].
9. Paschenkov P.N. Method for determining the parameters of the Langmuir sorption isotherm and gas permeability of dispersed coal fractions // Mining Information and Analytical Bulletin [Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten]. 2018. No. 3. P. 120–128. [In Russ.].
10. Khudonogov D.Yu., Cherkasov P.V., Nikitenko M.S. Automation of data collection and analysis processes of a laboratory installation for studying the depth of sensitivity of the spectral-acoustic method // High-tech technologies for the development and use of mineral resources [Naukoyomkie tekhnologii razrabotki i ispolzovaniya mineralnyh resursov]. 2022. No. 8. P. 129–125. [In Russ.].
11. Khristianovich S.A. Distribution of gas pressure near the moving free surface of coal // Proceedings of the USSR Academy of Sciences [Izvestiya Akademii nauk SSSR]. ONT. 1953. No. 12. P. 1673–1678. [In Russ.].
12. Khristianovich S.A. About the crushing wave // Proceedings of the USSR Academy of Sciences [Izvestiya Akademii nauk SSSR]. ONT. 1953. No. 12. P. 1689–1699. [In Russ.].
13. Cherdantsev N.V. Solving the problem of methane cracking in the extremely stressed zone of the formation // Occupational safety in industry [Bezopasnost truda v promyshlennosti]. 2022. No. 2. P. 13–19. [In Russ.].
14. Cherdantsev N.V. Formulation and solution of the problem of methane disclosure of cleavage cracks in the marginal zone of a coal seam // Bulletin of the VostNII Scientific Center for Industrial and Environmental Safety [Vestnik Nauchnogo centra VostNII po promyshlennoj i ekologicheskoj bezopasnosti]. 2022. No. 1. P. 14–26. [In Russ.].
15. Alexandrov A.V., Potapov V.D. Fundamentals of the theory of elasticity and plasticity. M., 1990. 400 p. [In Russ.].
16. Leibenzon L.S. Movement of natural liquids and gases in a porous medium. M.–L., 1947. 244 p. [In Russ.].
17. Fesik S.P. Handbook on the resistance of materials. Kiev, 1982. 274 p. [In Russ.].