УДК 622.533.17

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ИНЕРТНОГО ГАЗА НА СОРБЦИОННУЮ МЕТАНОЕМКОСТЬ УГЛЕЙ

INFLUENCE TEMPERATURE AND ADDITIONAL PRESSURE INERT GAS UPON A SORPTION METANOYEMKOST COALS

Полевщиков Геннадий Яковлевич[1],
профессор, д.т.н., главный научный сотрудник**.** E-mail: Gas_coal@icc.kemsc.ru
Polevshchikov Gennady Y. [1], Professor, D.Sc. (Engineering), chief researcher
Непеина Елена Сергеевна[1],
аспирант, ведущий инженер**.** E-mail: Gas_coal@icc.kemsc.ru
Nepeina Elena S. [1], senior engineer
Цуран Елена Михайловна[1],
ведущий инженер**.** E-mail: Gas_coal@icc.kemsc.ru
Tsuran Elena M. [1], senior engineer

[1]Институт угля Федерального исследовательского центра угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук. Кемерово, 650065, проспект Ленинградский, 10.
[1]Institute of Coal of the Federal Research Center of Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences». Kemerovo, 650065, Leningradski Avenue, 10.

Аннотация

Актуальность работы: *В настоящее время уточнение свойств газоносных угольных пластов как двухкомпонентных геоматериалов активно развивается на основе нескольких представлений: высокая газоносность угольных пластов и их газодинамическая активность обусловлена существованием метана в пласте по типу твердого раствора, соединений по типу кристаллогидратов и образованием метана при разрушении угля. Уточнение этих моделей связано с повышением точности измерений состояний двухкомпонентного геоматериала в различных условиях.*

Цель работы*: Исследование влияния температуры и дополнительного давления инетного газа на сорбционную метаноемкость углей.*

Методы исследования: *Совершенствование лабораторных и натурных экспериментов. Разработка метода обработки результатов измерений.*

Результаты: *Выполнены исследования влияния температуры и дополнительного давления инетного газа на сорбционную метаноемкость углей, уточняющие модели состояния метана в угольных пластах. Установлено повышение сорбционной метаноемкости при создании давления смесью метана и гелия. Получена эмпирическая зависимость для расчета влияния температуры на отклонения метаноемкости от установленной при температуре 20 ^{0}C.*

Abstract.

The urgency of the discussed issue: *Now specification properties gas-bearing coal layers as the dvukhkompo-nentnykh geomaterials actively develops on the basis several representations: high gas content of coal layers and their gasdynamic activity is caused by existence of methane in layer as solid solution, connections as crystalline hydrates and formation of methane at coal destruction. Specification these models is connected with increase accuracy measurements states two-component geomothers - is scarlet in various conditions.*

The main aim of the study: *Research influence temperature and additional pressure inetny gas upon a sorption metanoyemkost of coals.*

The methods used in the study: *Improvement of laboratory and natural experiments. Development a method processing results measurements.*

The results: *The researches of influence temperature and pressure impurity gas upon a sorption metanoyemkost coals specifying models a condition methane in coal layers are executed. Increase a sorption metanoyemkost at creation pressure is established by mix methane and helium. Empirical dependence for calculation influence temperature on metanoyemkost deviations from established at a temperature 20 ^{0}C is received.*

Ключевые слова: *Угольный пласт, шахта, газоносность, динамические газопроявления, сорбционная метаноемкость, твердый раствор, кристаллогидрат, напряжения, распад, температура, давление газа.*

Key words: *Coal layer, mine, gas content, dynamic gas-manifestations, sorption me-tanoyemkost, solid solution, crystalline hydrate, tension, disintegration, temperature, gas pressure.*

В связи с ростом производительности подземной добычи угля актуализируется влияние газовой компоненты угольных пластов на газовую опасность шахт и поиск научно обоснованных технологических решений по снижению этого влияния. Фундаментальный научный задел этому сделан российскими учеными в начале 80-х годов [1], который в 90-х годах признан научным открытием [2]. Открыто свойство органического вещества угля образовывать с газами метастабильные однофазные системы по типу твердых растворов, возникновение которых происходит как в результате метаморфизма угля, так в результате внедрения газа в межмолекулярное пространство угля при совместном воздействии газового давления и механической нагрузки.

Из приведенной формулы открытия следует [3-5], что при неизменных внешних условиях газоносность пласта может сохраняться сколь угодно долго. А при снижении напряжений, например, в зоне влияния горных работ и скважин метан выделяется из твердого раствора в трещинно-пористую систему пласта, формируя давление свободного газа и, соответственно, фильтрационный поток в направлении к обнаженной поверхности. Поскольку исходная механическая нагрузка (геостатическое давление) в 2,5 раза больше газового давления (гидростатическое давление), то потенциально возможное повышение давления свободного метана, выделяющегося из раствора, в значительной мере, определяется снижением механических напряжений. В результате давление метана над внутренней поверхностью угля возрастает, соответствующая часть перешедшего в свободное состояние метана сорбируется, снижая прирост давления газа. Чем выше сорбционный потенциал угля, тем больше его влияние на «демпфирование» динамики давления свободного метана в трещинах. При этом необходимо учитывать, что распад твердого раствора сопровождается повышением температуры, сорбция – ее повышением, а десорбция – понижением. В силу меньшей связанности адсорбированного метана с поверхностью угля по сравнению с «растворенным», начальная скорость десорбции будет значительно выше, чем распада ТУГР (при, например, разрушении предварительно разгруженного, но не дегазированного угля) [6].

В настоящее время уточнение свойств газоносных угольных пластов как двухкомпонентных геоматериалов активно развивается и на основе существенно иных представлений [7] – высокая газоносность угольных пластов и их газодинамическая активность обусловлена существованием соединений по типу кристаллогидратов. Если принять, что находящийся в деформирующемся материале кристаллогидрат подвержен не только газовому давлению, но и механическому, то условия газоносных угольных пластов оказываются в зоне возможного существования этих соединений. Следствия их распада достаточно близки к вышеописанным, но с существенно иной термодинамикой.

Общим для двух представленных моделей является эффект активизации сорбционных процессов при переходе метана из связанного состояния в свободное. Их физическая значимость подтверждена не только результатами многолетних и широкомасштабных ее исследований во всех угледобывающих странах мира, но и горной практикой решения соответствующих технологических задач. В 60-х годах прошлого века в СССР были изданы каталоги [8,9] сорбционной метаноемкости углей основных рабочих пластов Кузнецкого, Донецкого и Львовско-Волынского бассейнов, в которых приведены изотермы более 1500 проб. Однако информация об известном влиянии температуры на сорбционную метаноемкость угля в них не рассмотрена, а в других источниках крайне ограничена. Некоторые данные об этом влиянии содержат работы И.Л. Эттингера, но их явно недостаточно для уточнений, соответствующих условиям залегания пластов на различных глубинах и в регионах с различными геотермальными свойствами. Исследования этой особенности традиционными методами очень трудоемки. Более того, эти методы включали длительный контакт пробы с атмосферой и термовакуумирование, что существенно изменяло свойства угля. Для сохранения свойств и обеспечения оперативности исследований разработана соответствующая методика, использующая возможности описанных в работе [10] термобарометрических колб, предназначенных для измерения газоносности и сорбционной метаноемкости угля и динамики давления и температуры выделяющегося из него газа в изолированном объеме.

При разработке методики учтено, что приведенное к нормальным условиям (давление 760 мм.рт.ст, температура 20 ^{0}C) общее количество газа в угле и в свободном объеме колбы после ее герметизации не зависит от изменения температуры и давления. При этом количество свободного газа определяется законом Клайперона, что позволяет использовать правило двух сообщающихся сосудов с различными термобарическими характеристиками, когда для одного из них эти характеристики известны. Тогда, отклонения полученных значений давления на каждой ступени изменения температуры от закона Клайперона соответствуют изменениям сорбционной метаноемкости находящегося в колбе угля. Если принять за базовое значение сорбционную метаноемкость при некотором давлении сорбционного равновесия и температуре, то по замеренным отклонениям получим, также в относительных величинах, зависимость метаноемкости угля от температуры.

Методика работ следующая.

Отбор и анализ проб газоносного угля выполнялся путем бурения шпуров из подготовительной выработки. После загрузки проб в колбы они герметизировались и активировались электронные системы контроля давления и температуры, непрерывно работающие в дальнейшем в плоть до полного газоистощения проб. После доставки колб в лабораторию они помещались в термостат (20 ^{0}C ± 0,5 ^{0}C), где выдерживались в течение двух суток для стабилизации давления и температуры. После стабилизации значений колбы подсоединяли к заполненным водой газосборным сосудам, и выполнялся выпуск газа с измерением его объема. Выпускаемые объемы газа приводились к давлению 760 мм рт. ст. и температуре 20 ^{0}C.

После полного газоистощения угля при атмосферном давлении колбу продувают метаном в течение 2 мин. Затем выпускное отверстие закрывают, активируют электронные датчики измерительной системы и поднимают давление до в 1,5-2 раза большего замеренного установившегося после отбора пробы. По показаниям датчика давления отслеживают период его снижения до практической стабилизации (≈ 24 ч), вновь повышают давление до заданного и помещают колбу в термостат с t=20 ^{0}C до достижения сорбционного равновесия (≈ 48 ч). Затем понижают температуру в термостате до 0 ^{0}C (минимальная температура на глубинах залегания пластов) и переходят непосредственно к этапу измерения влияния температуры на сорбционную метаноемкость угля. Для этого выполняют ступенчатое (через 5 ^{0}C) повышение температуры до 40 ^{0}C (максимальная температура) с обязательной выдержкой во времени до стабилизации показаний датчиков давления и температуры. После достижения температуры 40 ^{0}C ее понижают до 20 ^{0}C и выпускают из колбы метан до полного газоистощения угля с измерением объема выделившегося газа, температуры воздуха в помещении и атмосферного давления.

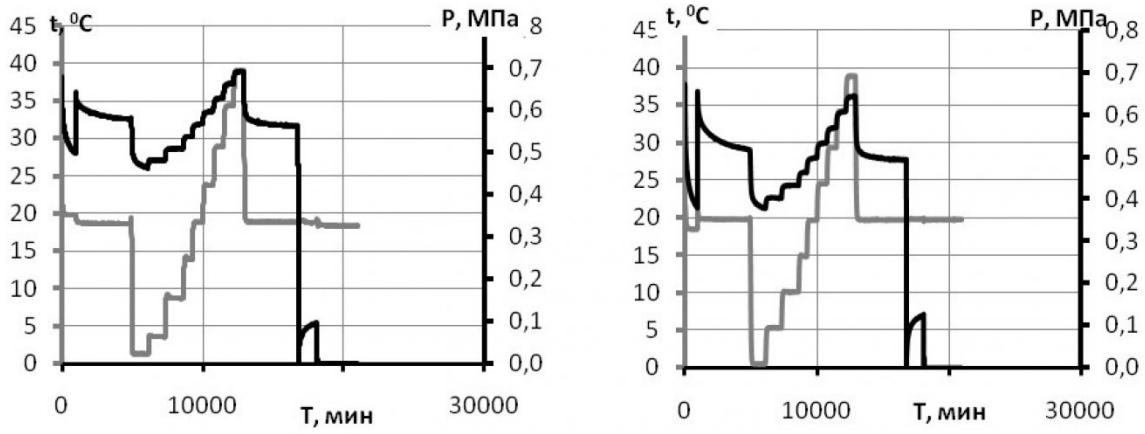
После окончания измерений выполняют анализ технического и гранулометрического состава пробы и рассчитывают значения газоносности и сорбционной метаноемкости при различных установившихся давлениях метана и температуре 20 ^{0}C.

Исследования выполнены на углях с выходом летучих веществ, характерным практически для всех угольных пластов Кузбасса (таблица 1).

В качестве примера на рис.1 представлены графики измерений давления и температуры по некоторым пробам на этапе изучения влияния температуры на сорбционную метаноемкость углей.

Таблица 1. Технические характеристики проб углей
Table 1. Technical characteristics tests ugleytekhnichesky characteristics tests coals

Адрес пробы (H – глубина пласта, $X_{пл.}$ – геологическая газоносность пласта)	Влага W^a, %	Зола A^d, %	Выход летучих, %		Средневзвешенный диаметр $d_{ср.вз.}$, см	Общая удельная поверхность $S_{уд}$, м^2/г
			V^d	V^{daf}		
«Чертинская-Коксовая», пласт 5, вентиляционный штрек 560 (H=500 м, $X_{пл.}$=26 м^3/т)	1,05	12,1	32,3	36,7	0,12	0,7
«Березовская», пласт 26, конвейерный штрек 46 (H=280 м, $X_{пл.}$=9 м^3/т)	2,2	8,1	22,5	24,5	0,06	2,0
«Алардинская», пласт 6, газодренажный штрек 6-1-11 (H=550 м, $X_{пл.}$=26 м^3/т)	1,45	12,6	13,9	16	0,15	1,94
«Березовская», пласт 27, конвейерный штрек 38 (H=320 м, $X_{пл.}$= 10 м^3/т)	0,85	7,2	22,6	24,4	0,1	0,94
«Абашевская», пласт 15, конвейерный штрек 15-38 (H=650 м, $X_{пл.}$=25 м^3/т)	1,34	7,7	34,9	37,9	0,3	0,23
«Абашевская», пласт 15, конвейерный штрек 15-38 (H=650 м, $X_{пл.}$=25 м^3/т)	1,6	12,7	33,6	38,7	0,15	0,57
«Абашевская», пласт 15, конвейерный штрек 15-38 (H=650 м, $X_{пл.}$=25 м^3/т)	1,2	25,4	28	37,7	0,09	0,5



Проба пласта 5 шахты «Чертинская-Коксовая» Проба пласта 3 шахты «Алардинская»

Рис. 1. Примеры экспериментальных графиков давления и температуры газа в колбах
Fig. 1. Examples experimental schedules pressure and gas temperatures in flasks

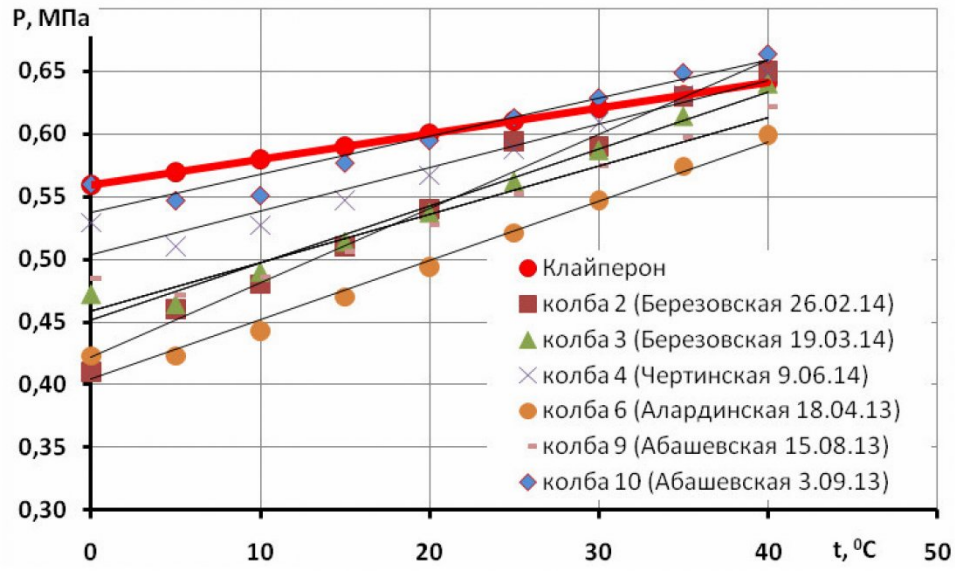


Рис. 2. Зависимость давления газа в колбах от температуры
Fig. 2. Dependence pressure gas in flasks from temperature

Общие зависимости давления газа в колбах от температуры представлены на рисунке 2. Здесь показан также и график изменения давления свободного газа в колбах по закону Клайперона. Видим, что эта связь в колбах с углем так же линейна, но углы наклона графиков для колб с углем существенно отличаются от этого закона. Эти отличия и характеризуют несоответствие термобарических характеристик сорбционной системы законам свободного газа. Положение графиков в системе координат соответствуют принятым в экспериментах давлениям сорбционного равновесия при температуре 20 ^{0}C.

Обработка полученных результатов выполнена следующим образом.

Общий объем метана в колбе при любых температурах остается неизменным

$$Q = Q_{св} + Q_{уг}, \text{ см}^3; \quad (1)$$

где $Q_{св}$ – объем метана в свободном объеме колбы, см^3; $Q_{уг}$ – объем метана, адсорбированного углем, см^3.

Для свободного метана применимы законы состояния газов

$$P_1/P_2=t_1/t_2, \quad (2)$$

где P_1/P_2 – изменение давления; t_1/t_2 – изменение температуры.

С целью оперативности анализа результатов эксперимента изменение сорбционной метаноемкости угля запишем подобным образом, приняв за опорную величину X_{20} – сорбционную метаноемкость при температуре t_{20}=20 ^{0}C.

$$X_i/X_{20}=\varphi[(273+t_i)/(273+t_{20})] , \quad (3)$$

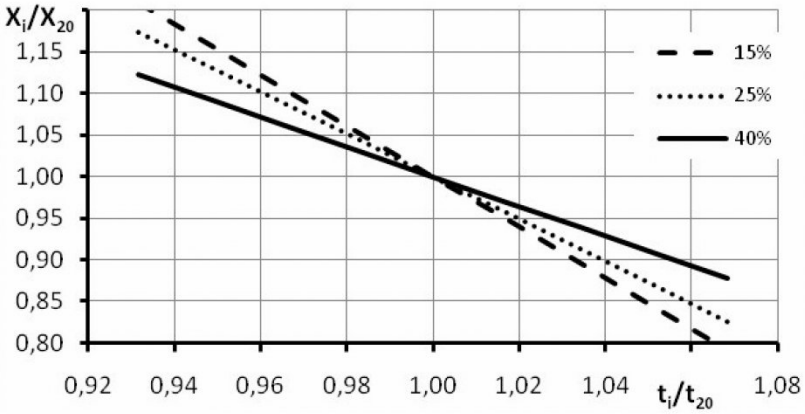


Рис. 3. Влияние изменений температуры t_i/t_{20} на сорбционную метаноемкость углей X_i/X_{20} с различным выходом летучих веществ V^{daf}, %: t_i – температура в опыте, градус С; t_{20}=20 ^{0}С; X_i – сорбционная метаноемкость при t_i, см^3/г; X_{20} – сорбционная метаноемкость при t_{20}, см^3/г

Fig. 3. Influence changes temperature t_i/t_{20} on a sorption metanoyemkost coals X_i/X_{20} with various exit volatiles V^{daf}, %:t_i – temperature in experience, degree C; t_{20}=20 ^{0}C; X_i – a sorption metanoyemkost at t_i, cm^3/g; X_{20} – a sorption metanoyemkost at t_{20}, cm^3/g

где X_i – сорбционная метаноемкость при t_i, см^3/г.

Тогда отклонения отношений, замеренных давлений газа в колбе при разных температурах, от закона состояния свободного газа укажут на изменения непосредственно сорбционной метаноемкости.

Выполненные эксперименты для углей с различным выходом летучих веществ позволили установить соответствующую эмпирическую зависимость

$$X_i/X_{20}=(0{,}05V^{daf}-3{,}8)(t_i/t_{20}-1)+1, \qquad (4)$$

где V^{daf} – выход летучих веществ, %.

Графически эта зависимость представлена на рис. 3.

Таким образом, сорбционная метаноемкость каменных углей различной стадии метаморфизма с ростом температуры от 0 ^{0}С до 40 ^{0}С снижается на 25–40 %. Эта особенность не соответствует изменению газоносности угольных пластов, неуклонно возрастающей с увеличением глубины их залегания с ростом температуры пород до 40 ^{0}С на глубине1300–1500 м. Несоответствие показывает, что при формировании углеметановых геоматериалов создаются качественно иные условия сосуществования угля и метана, нежели искусственная система сорбент-сорбат. В тоже время, образование свободного метана при распаде однофазного геоматериала с переходом к двухфазной системе и сорбционным взаимодействием на поверхности раздела фаз, инициирует механизм сорбции, снижающийся с ростом глубины залегания пласта. По этой причине при равных изменениях, например, напряжений, давление выделяющегося из блоков угля свободного метана в трещинах и макропорах повышается и газодинамическая ситуация становится более опасной.

Известно, что выбросоопасные пласты обладают высокой изменчивостью свойств, включая их сорбционную способность. Установлено [11], что на характерном для этих пластов интервале выхода летучих веществ 20–25 % имеет место бифуркация параметров сорбционной метаноемкости, где при практически постоянных значениях предела метаноемкости резко изменяется ее градиент с ростом давления газа. Полученная зависимость (4) обеспечивает более точную оценку и этой особенности.

Модель ТУГР указывает на значительное влияние напряжений на газокинетические характеристики пласта. Представляет интерес оценка их влияния на сорбционную метаноемкость углей.

Оценка влияния напряжений на сорбционную метаноемкость угля, не имевшего контакта с воздухом и не подвергавшегося термовакуумированию, выполнялась на аналогичным образом подготовленных пробах угля, но путем ступенчатых выпусков газа из колб после стабилизации давления и температуры перед каждым выпуском. При этом после достижения сорбционного равновесия при максимальном давлении или первых двухтрех выпусков в колбу подавался гелий, и давление смеси повышалось.

Гелий – инертный газ, не вносящий искажения связей в адсорбционной системе уголь-метан, а его молекулы много меньше метана и могут проникать в существенно меньшие поры. Следовательно, давление гелия формирует достаточно равномерное распределение напряжений в частицах выбуренного угля вне зависимости от их размеров. По этим причинам давление гелия в колбе с пробой угля можно рассматривать, как способ создания несвязанных с давлением метана напряжений, близких по своему следствию механическим напряжениям.

Исследование выполнено на пробах пласта 5 шахты «Чертинская-Коксовая» (таблица 1).

На рисунке 4 показан график изменения давления в колбе, когда гелий подан после двукрат-

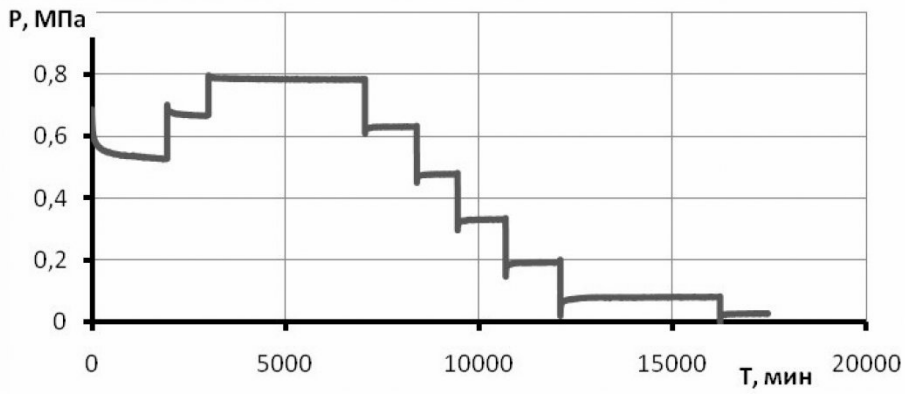


Рис. 4. Изменение давления в колбе при насыщении пробы угля метаном с последующей подачей в колбу гелия

Fig. 4. Change pressure in a flask at coal test saturation by methane with the subsequent giving in a helium flask

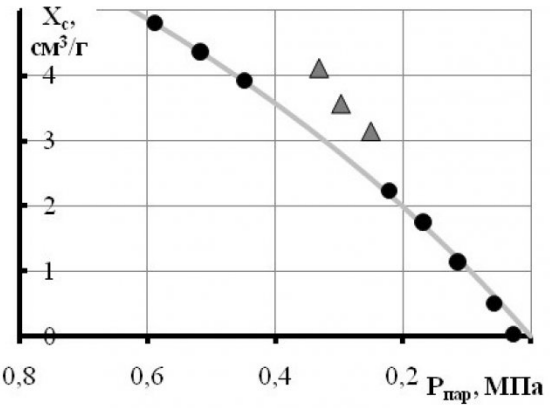


Рис. 5. Сорбционная метаноемкость X_c пробы угля при различных парциальных давлениях метана $P_{пар}$ в смеси с гелием

Fig. 5. Sorption metanoyemkost X_c test coal at various the partsialnykh methane pressure $P_{пар}$ in mix with helium

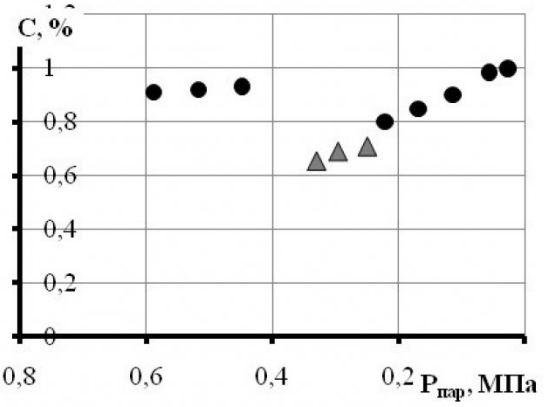


Рис. 6. Концентрация С метана в колбе и его парциальное давление $P_{пар}$ в смеси с гелием

Fig. 6. Concentration C from methane in a flask and its partsialny pressure $P_{пар}$ in mix with helium

ного повышения давления метана со стабилизацией давлений после каждого газонасыщения, свидетельствующем о достижении сорбционного равновесия.

Видим (рисунок 4), что при начальном давлении метана 0,7 МПа оно заметно снижается, в том числе и после донасыщения, но остается неизменным после повышения за счет поступления гелия, т.е. присутствие значительного количества инертного газа на начальную сорбционную метаноемкость угля практически не влияет. Но результаты измерений при ступенчатых выпусках газовой смеси подтвердили вышеотмеченную значимость дополнительных к парциальному давлению метана напряжений (рисунки 5 и 6).

Видим, что точки замеренных значений сорбционной метаноемкости при концентрации метана менее 80 % (на рисунках 5 и 6 обозначены треугольниками) расположены выше линии тренда для точек (обозначены кружочками) с концентрацией метана более 80 %. Поскольку линия тренда рассчитана по уравнению Ленгмюра для поверхностной адсорбции, то отмеченная особенность объясняется, возможно, проникновением части метана в структуру угля (абсорбция), что свойственно углям с высоким выходом летучих веществ.

Выводы.

1. Сорбционная метаноемкость каменных углей различной стадии метаморфизма с ростом температуры от 0 ^{0}C до 40 ^{0}C снижается на 25-40 %, что не соответствует неуклонному нарастанию газоносности и температуры угольных пластов с глубиной залегания, указывая на качественно иные условия сосуществования угля и метана в геоматериале и в искусственной системе сорбент-сорбат.

2. Создание дополнительных напряжений в частицах герметизированного в колбе газоносного угля путем повышения давления газа нагнетанием гелия увеличивает сорбционную метаноемкость угля относительно ее значений при соответствующих парциальных давлениях метана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эттингер, И.Л. Физическая химия газоносного угольного пласта. – 1981. – 104 с.

2. Пат. №2526962 РФ, кл.E21F7/00. Способ определения газокинетических характеристик угольного пласта. кл.E21C39/00. Устройства для определения на месте разработки твердости или других свойств полезных ископаемых, например с целью выбора соответствующих инструментов для добычи / Г. Я. Полевщиков, А. А. Рябцев, Е. С. Непеина, Е. М. Цуран, В. П. Титов, Е. А. Ванин, М. С. Мельгунов, Л. А. Назарова, Л. А. Назаров. Опубл. 27.08.2014. Бюл. № 24.

3. Эттингер, И. Л. Метанонасыщенный угольный пласт как твердый метаноугольный раствор // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1990. – № 2. – С. 66–72.

4. Малышев, Ю. Н. Фундаментально-прикладные методы решения проблемы угольных пластов / Ю. Н. Малышев, К. Н. Трубецкой, А. Т. Айруни // М.: ИАГН, 2000. – 519 с.

5. Опарин, В. Н. О некоторых особенностях взаимодействия между геомеханическими и физико-химическими процессами в угольных пластах Кузбасса / В. Н. Опарин, Т. А. Киряева, В. Ю. Гаврилов, Р. А. Шутилов, А. П. Ковчавцев, А. С. Танайно, В. П. Ефимов, И. Е. Астраханцев, И. В. Гренев // ФТПРПИ. – № 2. – 2014. – С. 3–29.

6. Полевщиков, Г. Я. Динамические газопроявления при проведении подготовительных и вскрывающих выработок в угольных шахтах. – Кемерово: Институт угля и углехимии СО РАН, 2003. – 314 с.

7. Шепелева, С. А. Метан и выбросоопасность угольных пластов / С. А. Шепелева, В. В. Дырдин, Т. Л. Ким, В. Г. Смирнов, Т. Н. Гвоздкова. – Томск: Изд-во Том. Ун-та. – 2015. – 180 с.

8. Каталог метаноемкости углей Кузбасса. – Кемерово, ВостНИИ. 1968. – 32 с.

9. Каталог коллекторских свойств каменных углей и антрацитов Донецкого и Львовско – Волынского бассейнов. – Макеевка - Донбасс, МакНИИ. 1985. – 49 с.

10. Полевщиков, Г. Я. Определение газокинетических характеристик угольных пластов / Г. Я. Полевщиков, А. А. Рябцев, В. П. Титов // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – Кемерово, 2013. – С. 78–84.

11. Полевщиков, Г.Я. Физико-химические особенности метастабильных состояний углеметановых пластов / Г.Я.Полевщиков, Т.А. Киряева // Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды: Материалы конференции (с участием иностранных ученых). - Новосибирск, 2007. - Т.1. - С. 290 - 293.

REFERENCES

1. Ettinger, I.L. Physical chemistry of gas-bearing coal layer. – 1981. – 104 p.

2. Stalemate. No. 2526962 of the Russian Federation, C. E21F7/00. Way definition of gas-kinetic characteristics of coal layer. C. E21C39/00. Devices for definition on a place of development hardness or other properties minerals, for example the purpose a choice the corresponding tools for production / G. Y. Polevshchikov, A. A. Ryabtsev, E. S. Nepeina, E. M. Tsuran, V. P. Titov, E. A. Vanin, M. S. Melgunov, L. A. Nazarova, L. A. Nazarov. Opubl. 27.08.2014. Bulletin No. 24.

3. Ettinger, I. L. Metanonasyshchenny coal layer as solid coalbed methane solution // Physics and technology problems of development of minerals. – 1990. – No. 2. – P. 66–72.

4. Malyshev, Y. N. Fundamental and applied methods of a solution of the problem of coal layers / Y. N. Malyshev, K. N. Trubetskoy, A. T. Ayruni // M.: IAGN, 2000. – 519 p.

5. Oparin, V. N. O some features of interaction between geomekhani-chesky and physical and chemical processes in coal layers of Kuzbass / V. N. Oparin, T. A. Kiryaeva, V. Y. Gavrilov, R. A. Shutilov, A. P. Kovchavtsev, A. S. Tanaino, V. P. Yefimov, I. E. Astrakhantsev, I. V. Grenev // FTPRPI. – No. 2. – 2014. – P. 3–29.

6. Polevshchikov, G. Y. Dynamic gas-manifestations when carrying out the preparatory and opening developments in coal mines. – Kemerovo: Institute of coal and coal chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science, 2003. – 314 p.

7. Shepeleva, S. A. Metan and vybrosoopasnost of coal layers / S. A. Shepeleva, V. V. Dyrdin, T. L. Kim, V. G. Smirnov, T. N. Gvozdkova. – Tomsk: Publishing house Tom. un-that. – 2015. – 180 p.

8. Catalog a metanoyemkost of coals Kuzbass. – Kemerovo, VOSTNII. 1968. – 32 p.

9. The catalog collection properties coals and anthracites Donetsk and Lvovsko – Volynsk pools. – Makeyevka - Donbass, MAKNII. 1985. – 49 p.

10. Polevshchikov, G. Y. Definition of gas-kinetic characteristics of coal layers / G. Y. Polevshchikov, A. A. Ryabtsev, V. P. Titov // the Bulletin of Scientific center on safety works in the coal industry. – Kemerovo, 2013. – P. 78–84.

11. Polevshchikov, G. Ya. Physical and chemical features metastable states coal - metane layers/G. Ya. Polevshchikov, T.A. Kiryaeva//Fundamental problems formation a technogenic geosreda: Conference materials (with participation foreign scientists). - Novosibirsk, 2007. - T.1. - P. 290 - 293.

Поступило в редакцию 21.12.2015
Received 21 December 2015