

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2548605

### СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В КЕРНОВОМ МАТЕРИАЛЕ ЭФФЕКТИВНОГО ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА

Патентообладатель(ли): *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Национальный минерально-сырьевой университет "Горный" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2014102807

Приоритет изобретения 28 января 2014 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 23 марта 2015 г.

Срок действия патента истекает 28 января 2034 г.

Врио руководителя Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Л.Л. Кирий







ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014102807/28, 28.01.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
28.01.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.01.2014

(45) Опубликовано: 20.04.2015 Бюл. № 11

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2467315C1, 20.11.2012. SU  
1122951A1, 07.11.1984. SU 1679294A1,  
23.09.1991 . RU 2360233C1, 27.06.2009 . US  
4540882A, 10.09.1985. US 4722095A, 26.01.1988

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,  
ФГБОУ ВПО "Национальный минерально-  
сырьевой университет "Горный", отдел ИС и  
ТТ

(72) Автор(ы):

Рощин Павел Валерьевич (RU),  
Петраков Дмитрий Геннадьевич (RU),  
Стручков Иван Александрович (RU),  
Литвин Владимир Тарасович (RU),  
Васкес Карденас Луис Карлос (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
"Национальный минерально-сырьевой  
университет "Горный" (RU)

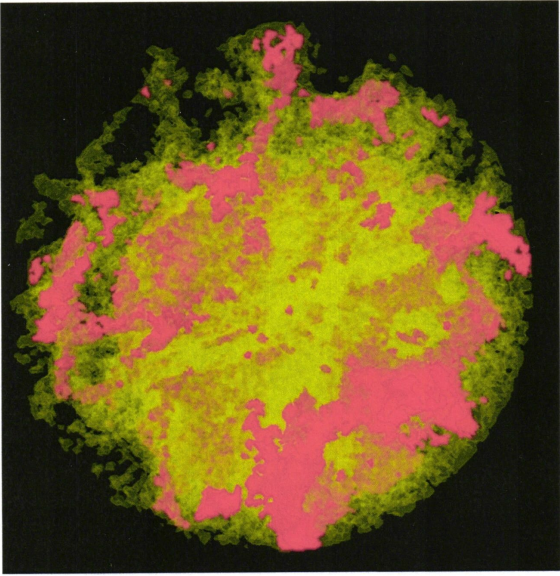
## (54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В КЕРНОВОМ МАТЕРИАЛЕ ЭФФЕКТИВНОГО ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА

(57) Реферат:

Использование: для определения пространственного распределения в керновом материале эффективного порового пространства. Сущность изобретения заключается в том, что в образец керна закачивают контрастное рентгеновское вещество, сканируют образец посредством рентгеновской томографии, получают гистограммы. Способ отличается тем, что в качестве контрастного рентгеновского вещества в образец керна закачивают смесь

желатина и йодосодержащего вещества в концентрации не менее 10 процентов по массе приготавливаемого раствора. Технический результат: повышение точности определения пространственного распределения в керновом материале эффективного порового пространства, а также обеспечение возможности изучения структурных особенностей керна после химических или физических воздействий. 2 ил.

R U 2 5 4 8 6 0 5 C 1



Фиг. 2

R U 2 5 4 8 6 0 5 C 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2014102807/28, 28.01.2014

(24) Effective date for property rights:  
28.01.2014

Priority:

(22) Date of filing: 28.01.2014

(45) Date of publication: 20.04.2015 Bull. № 11

Mail address:

199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2, FGBOU  
VPO "Natsional'nyj mineral'no-syr'evoj universitet  
"Gornyj", otdel IS i TT

(72) Inventor(s):

Roshchin Pavel Valer'evich (RU),  
Petrakov Dmitrij Gennad'evich (RU),  
Struchkov Ivan Aleksandrovich (RU),  
Litvin Vladimir Tarasovich (RU),  
Vaskes Kardenas Luis Karlos (RU)

(73) Proprietor(s):

federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe  
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego  
professional'nogo obrazovaniya "Natsional'nyj  
mineral'no-syr'evoj universitet "Gornyj" (RU)

(54) **METHOD OF DETERMINING SPATIAL DISTRIBUTION IN CORE MATERIAL OF EFFECTIVE PORE SPACE**

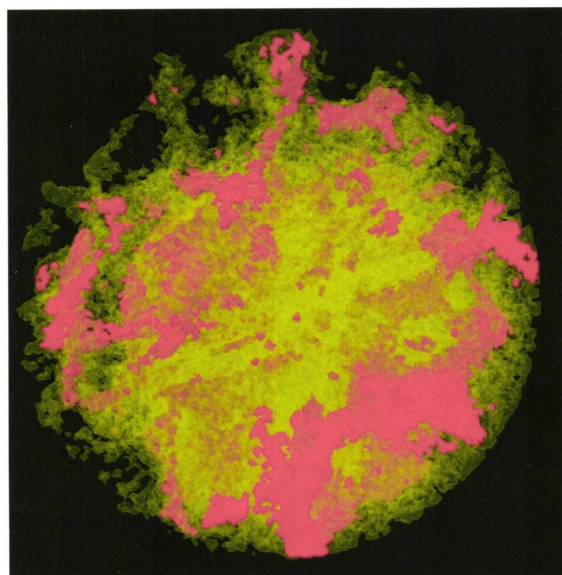
(57) Abstract:

FIELD: chemistry.

SUBSTANCE: method includes pumping an X-ray contrast substance into a core sample, scanning the sample by X-ray tomography and obtaining histograms. The method is characterised by that the X-ray contrast substance in the core sample is a mixture of gelatine and an iodine-containing substance in concentration of not less than 10% by weight of the prepared solution.

EFFECT: high accuracy of determining spatial distribution in core material of effective pore space, and enabling investigation of structural features of the core after chemical or physical action.

2 dwg



Фиг. 2

Изобретение относится к способам изучения структуры керн до и после физического или химического воздействия в ходе испытаний буровых растворов, гелеобразующих составов, вязкоупругих полимерных систем, химических реагентов и т.д.

Известен «Метод предотвращения поглощения бурового раствора» («Method of determining drilling fluid invasion», патент США №4540882, дата публикации 10.09.1985), включающий определение полноты проникновения фильтрата бурового раствора в керн с добавлением агента с высоким сопротивлением прохождению X-лучей при помощи компьютерной микротомографии. Первый материал добавляется к буровому раствору с целью обнаружения первого флюида, обладающего средним атомным номером, отличающимся от среднего атомного номера остаточных флюидов, содержащихся в околоскважинной зоне пласта. Сохраненный образец керн отбирается из скважины для сканирования компьютерным осевым рентгеновским томографом с целью определения коэффициентов поглощения рентгеновского излучения во множестве точек, лежащих в поперечном сечении образца керн. Образец керн сканируется при помощи рентгеновских лучей на первой и второй энергии.

Его недостатком является чрезвычайно высокая подвижность смеси «буровой раствор + контрастный агент», что делает невозможным качественное сканирование образца в микротомографах и дальнейшее построение трехмерных моделей, поскольку для стандартного сканирования необходимо длительное время.

Известен также «Метод определения пористости и поглощения бурового раствора образцом керн из подземных образований» («Method for identifying porosity and drilling mud invasion of a core sample from a subterranean formation», патент США №4722095, дата публикации 26.01.1988), основанный на использовании высокого коэффициента поглощения рентгеновского излучения в барите, широко применяемом в качестве утяжеляющей добавки для бурового раствора. Сначала фильтрат бурового раствора удаляется из образца керн, после чего с помощью рентгеновской компьютерной томографии измеряется поровый и суммарный объемы образца керн, а также объем частиц барита, проникших в образец.

Недостатком данного метода является применение барита в качестве рентгеноконтрастного вещества, крупный размер частиц которого препятствует его проникновению в мелкие трещины и поры. Глина и другие вещества, входящие в состав буровых растворов, имеют слабый контраст к рентгеновскому излучению.

Известен «Метод определения проникновения фильтрата бурового раствора в образец керн подземных образований» («Method for identifying drilling mud filtrate invasion of a core sample from a subterranean formation», патент США №5027379, дата публикации 25.06.1991), включающий использование рентгеноконтрастных добавок (как в способе, предлагаемом авторами данного патента).

Его недостатком является сделанный вывод о том, что применение рентгеноконтрастного вещества для оценки проникновения фильтрата бурового раствора не представляется возможным ввиду того, что рентгеноконтрастное вещество, растворимое в воде, проникнет несравнимо глубже, чем фильтрат бурового раствора с мелкими частицами.

Известен также «Способ определения пространственного распределения и концентрации глины в образце керн» (патент РФ №2467315, дата публикации 20.11.2012, Бюл. №32), принятый в качестве прототипа, включающий определение пространственного распределения и концентрации глины в образце керн с добавлением контрастного рентгеновского вещества, в качестве которого используют водорастворимую соль металла с высоким атомным весом, вступающую в селективную

ионно-обменную реакцию с глиной, по окончании реакции селективного ионного обмена в образец закачивают неконтрастный вытесняющий агент, сканируют образец посредством рентгеновской томографии, на полученном компьютерном томографическом изображении выделяют область интереса и опорное сечение, получают 5 гистограммы градации серого в поперечных сечениях образца и определяют пространственное распределение и концентрацию глины в образце путем анализа гистограмм, начиная с гистограммы опорного сечения.

Недостатком данного способа является невозможность его использования при изучении структурных особенностей керна до и после химических или физических 10 способов воздействия.

Технический результат заключается в повышении точности определения концентрации и пространственного распределения гелеобразующего состава на основе желатина в образце керна, повышение качества исследования влияния щелочей, кислот и т.д. на пористость, проницаемость, количество сообщающихся пор в образце керна и т.д., а 15 также обеспечение возможности более детального исследования образца керна после физического воздействия.

Технический результат достигается тем, что в качестве контрастного рентгеновского вещества в образец керна закачивают смесь желатина и йодосодержащего вещества в концентрации не менее 10 процентов по массе приготавливаемого раствора, проводят 20 рентгеновское сканирование образца и производят построение трехмерных моделей образца и порового пространства путем реконструкции изображений рентгеновской томографии.

Описываемый способ поясняется следующими фигурами:

Фиг. 1 - эффективное поровое пространство керна, насыщенного 25 рентгеноконтрастным составом (до химического воздействия);

Фиг. 2 - эффективное поровое пространство керна, насыщенного рентгеноконтрастным составом (после химического воздействия).

В качестве примера реализации изобретения рассмотрим использование заявленного способа определения пространственного распределения в кернавом материале 30 эффективного порового пространства при сравнении емкостных параметров керна (породы), просканированного до и после химического воздействия на него.

Пример 1. На начальном этапе осуществляют подготовку кернавого материала, выпиливание из керна цилиндрических образцов диаметром 3 см, шлифовку боковых 35 граней образца для обеспечения плотного обжима и равномерной закачки агента, очистку образца от остаточного содержания пластового флюида посредством экстракции сначала толуолом, затем петролейным эфиром и далее дистиллированной водой. Затем производится приготовление рентгеноконтрастной смеси, для чего к 62.0 г пресной воды добавляют 3.0 г желатина и 35.0 г соли KI, нагревают до полного растворения при постоянном перемешивании. Получают 100.0 г раствора, содержащего 40 3.0 масс. % желатина, 35.0 масс. % KI и 62.0 масс. % воды.

Полученный состав закачивают в образец пористого материала. На следующем этапе проводят компьютерное рентгеновское сканирование образца с помощью рентгеновского компьютерного томографа SkyScan 1174 и компьютера с управляющим программным обеспечением. Затем выполняют реконструкцию полученных изображений 45 с помощью специализированного программного обеспечения NRecon, в результате чего получают изображения сечений образца с шагом в 9 микронетров. Затем определяют пространственное распределение исследуемого состава путем 3D анализа в специализированном программном обеспечении STAn полученного

реконструированного компьютерного томографического изображения, подсчитывают параметры открытой/закрытой пористости, анизотропности, плотности, объема пор, объема породы, площади поверхности пор, размер фракций. На заключительном этапе осуществляют формирование подробной объемной модели образца кернового материала с помощью специализированного программного обеспечения CTvol и CTvox.

Пример реализации изобретения поясняется следующими фигурами. На Фиг. 1 представлено изображение трехмерной модели эффективного порового пространства образца керна до химического воздействия на него, насыщенного рентгеноконтрастным составом. На Фиг. 2 показано изображение трехмерной модели эффективного порового пространства керна после химического воздействия на него, при котором образовались новые фильтрационные каналы. В этом случае была построена трехмерная модель порового пространства и совмещена с исходной моделью, показанной на Фиг. 1. Там, где совмещения исходной модели с получившейся не произошло были выделены новообразованные фильтрационные каналы, отмеченные красным цветом.

Представленные результаты в виде трехмерных моделей доказывают высокую эффективность описанного метода исследования в деле изучения кернов и веществ, оказывающих воздействие на породу.

Пример 2. Подготавливают керновый материал. Затем приготавливают рентгеноконтрастную смесь, для чего к 81.0 г пресной воды добавляют 3.0 г желатина и 16.0 г соли KI, нагревают до полного растворения при постоянном перемешивании. Получают 100.0 г раствора, содержащего 3.0 масс. % желатина, 16.0 масс. % KI и 81.0 масс. % воды. Полученный состав закачивают в образец пористого материала. На следующем этапе проводят рентгеновское сканирование образца и производят построение трехмерных моделей образца путем реконструкции изображений рентгеновской томографии. Затем определяют пространственное распределение исследуемого состава путем 3D анализа полученного реконструированного изображения, подсчитывают параметры открытой/закрытой пористости, анизотропности, плотности, объема пор, объема породы, площади поверхности пор, размер фракций. На заключающем этапе осуществляют формирование подробной объемной модели образца кернового материала с помощью специализированного программного обеспечения CTvol и CTvox.

Пример 3. Подготавливают керновый материал. Затем приготавливают рентгеноконтрастную смесь, для чего к 87.0 г пресной воды добавляют 3.0 г желатина и 10.0 г соли KI, нагревают до полного растворения при постоянном перемешивании. Получают 100.0 г раствора, содержащего 3.0 масс. % желатина, 10.0 масс. % KI и 87.0 масс. % воды. Полученный состав закачивают в образец пористого материала. На следующем этапе проводят компьютерное рентгеновское сканирование образца. Затем выполняют реконструкцию полученных изображений. Затем определяют пространственное распределение исследуемого состава путем 3D анализа полученного реконструированного изображения, подсчитывают параметры открытой/закрытой пористости, анизотропности, плотности, объема пор, объема породы, площади поверхности пор, размер фракций. На заключительном этапе осуществляют формирование подробной объемной модели образца кернового материала с помощью специализированного программного обеспечения CTvol и CTvox.

#### Формула изобретения

Способ определения пространственного распределения в керновом материале эффективного порового пространства, в соответствии с которым в образец керна

закачивают контрастное рентгеновское вещество, сканируют образец посредством рентгеновской томографии, получают гистограммы, отличающийся тем, что в качестве контрастного рентгеновского вещества в образец керна закачивают смесь желатина и йодосодержащего вещества в концентрации не менее 10 процентов по массе  
5 приготавливаемого раствора.

10

15

20

25

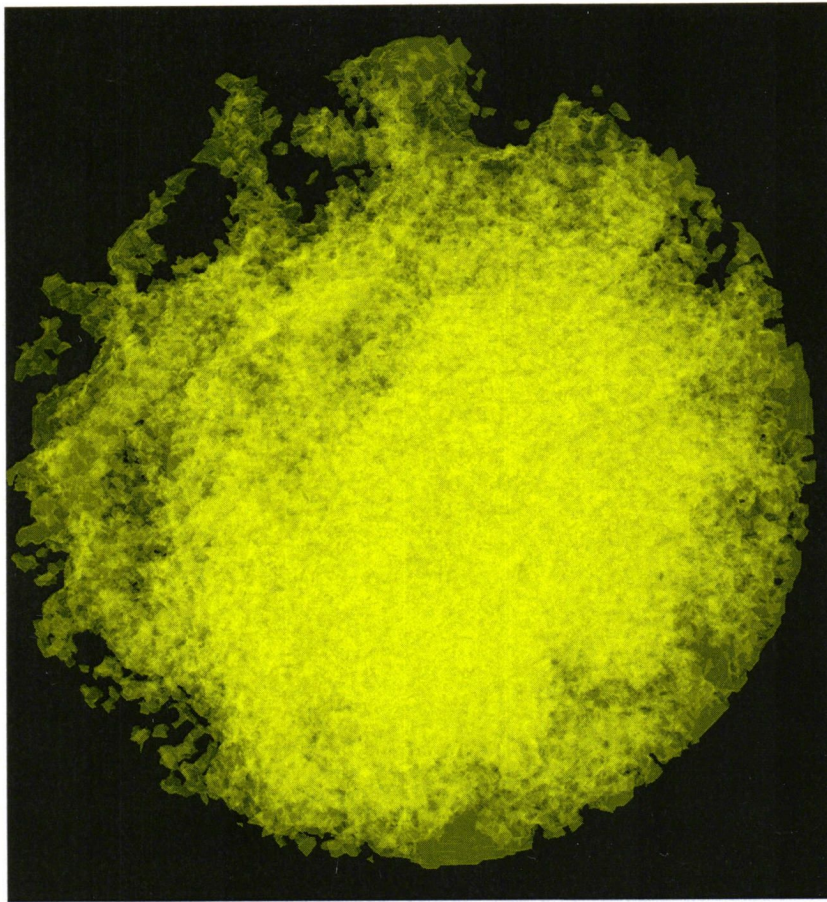
30

35

40

45





Фиг. 1