



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G01N 23/046 (2023.08); G01N 15/08 (2023.08)

(21)(22) Заявка: 2023123296, 07.09.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
07.09.2023

Дата регистрации:
28.12.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 07.09.2023

(45) Опубликовано: 28.12.2023 Бюл. № 1

Адрес для переписки:

410008, рес. Татарстан, г. Казань, ул.
Кремлевская, 18, Назмиев Ильдар Анасович

(72) Автор(ы):

Болотов Александр Владимирович (RU),
Минханов Ильгиз Фаильевич (RU),
Кадыров Раиль Илгизарович (RU),
Чалин Владислав Валерьевич (RU),
Тазеев Айдар Ринатович (RU),
Варфоломеев Михаил Алексеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Казанский (Приволжский)
федеральный университет" (ФГАОУ ВО
КФУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2548605 C1, 20.04.2015. RU
2777702 C1, 08.08.2022. RU 2621371 C1,
02.06.2017. SU 1679294 A1, 23.09.1991. US
2019251715 A1, 15.08.2019. US 2014212006 A1,
31.07.2014.

(54) Способ оценки изменения характеристик пустотного пространства керновой или насыпной модели пласта при проведении физико-химического моделирования паротепловой обработки

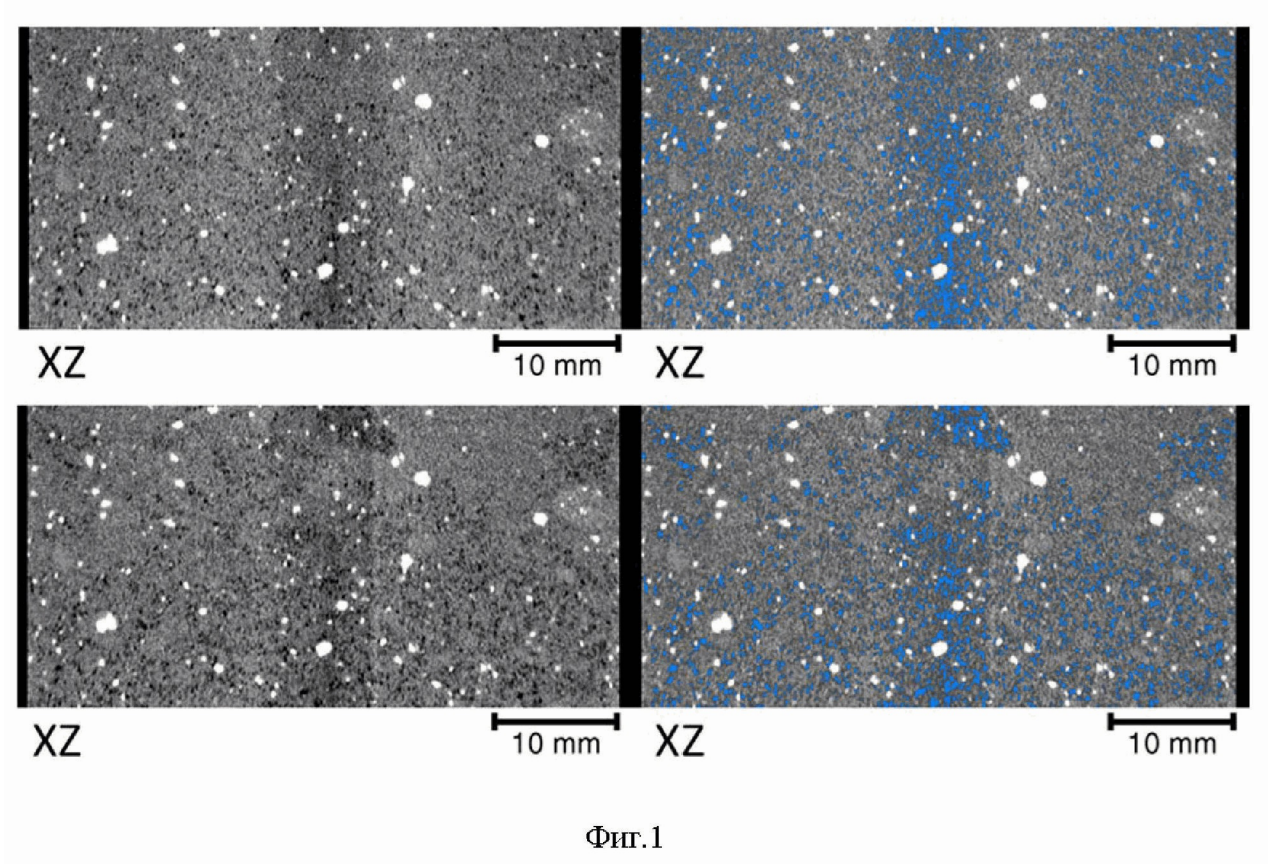
(57) Реферат:

Использование: для оценки изменения характеристик пустотного пространства керновой или насыпной модели пласта при проведении физико-химического моделирования паротепловой обработки. Сущность изобретения заключается в том, что в рентгенопрозрачный кернодержатель помещают объект исследования – образец породы, создают модель пласта; проводят рентгеновскую компьютерную микротомографию рентгенопрозрачного кернодержателя, содержащего объект исследования, с целью первичного описания структуры пустотного пространства и определения начального коэффициента пустотности; помещают рентгенопрозрачный кернодержатель в установку для физико-химического моделирования фильтрационных

процессов, определяют начальную проницаемость созданной модели пласта при постоянной суммарной объемной скорости фильтрации до достижения стационарного – установившегося состояния, фиксируемого по стабилизации показаний дифференциального манометра; создают в установке пластовые условия, проводят физико-химическое моделирование паротепловой обработки; определяют конечную проницаемость модели пласта при постоянной суммарной объемной скорости фильтрации до достижения стационарного – установившегося состояния, фиксируемого по стабилизации показаний дифференциального манометра; разбирают установку для физико-химического моделирования фильтрационных процессов и без нарушения целостности проводят повторную

рентгеновскую компьютерную микротомографию модели пласта, помещенной в рентгенопрозрачный кернодержатель, с целью оценки изменения коэффициента пустотности образца. Технический результат: обеспечение возможности оценки изменения характеристик

пустотного пространства керновой или насыпной модели пласта при проведении физико-химического моделирования высокотемпературной (до +400°С) паротепловой обработки. 2 з.п. ф-лы, 2 ил.



RU 2810640 C1

RU 2810640 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

G01N 23/046 (2023.08); *G01N 15/08* (2023.08)(21)(22) Application: **2023123296, 07.09.2023**

(24) Effective date for property rights:
07.09.2023

Registration date:
28.12.2023

Priority:

(22) Date of filing: **07.09.2023**(45) Date of publication: **28.12.2023** Bull. № 1

Mail address:

**410008, res. Tatarstan, g. Kazan, ul. Kremlevskaya,
18, Nazmiev Ildar Anasovich**

(72) Inventor(s):

**Bolotov Aleksandr Vladimirovich (RU),
Minkhanov Ilgiz Failevich (RU),
Kadyrov Rail Ilgizarovich (RU),
Chalin Vladislav Valerevich (RU),
Tazeev Aidar Rinatovich (RU),
Varfolomeev Mikhail Alekseevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Kazanskii (Privolzhskii)
federalnyi universitet» (FGAOU VO KFU) (RU)**

(54) **METHOD FOR ASSESSING CHANGES IN CHARACTERISTICS OF VOID SPACE OF CORE OR BULK RESERVOIR MODEL DURING PHYSICAL AND CHEMICAL MODELING OF THERMAL STEAM TREATMENT**

(57) Abstract:

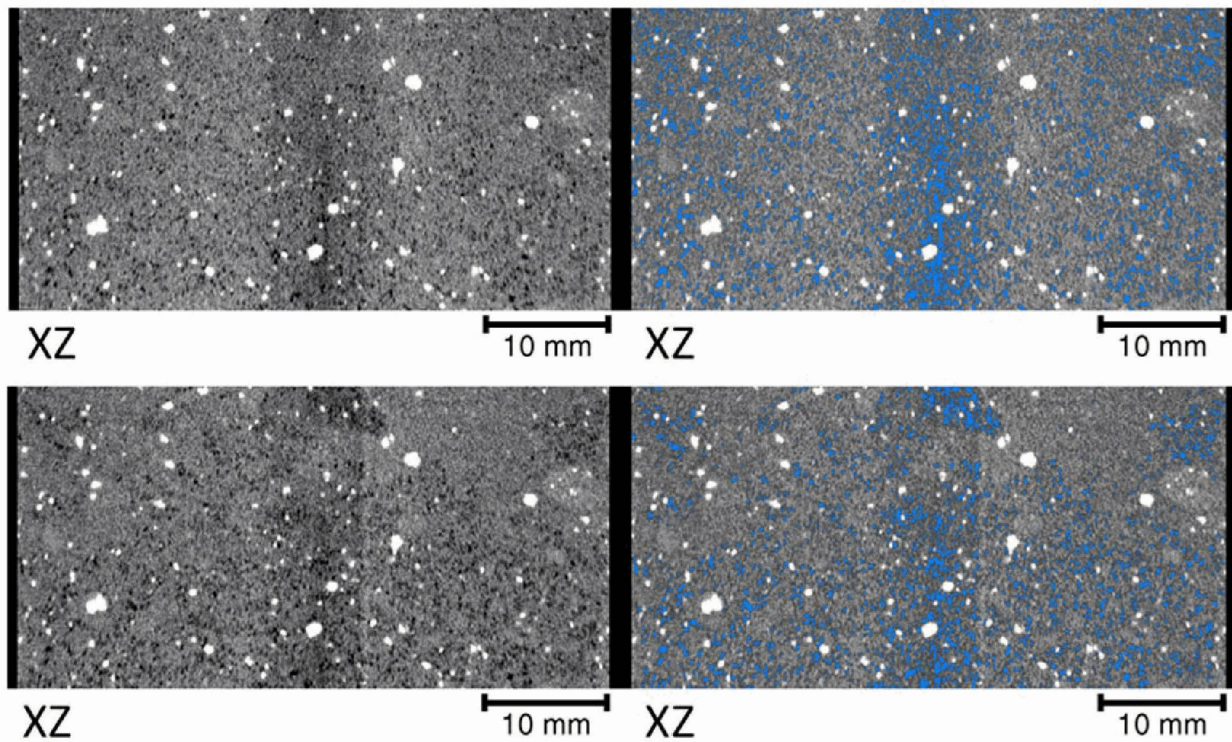
FIELD: modelling.

SUBSTANCE: invention is intended to assess changes in the characteristics of the void space of a core or bulk reservoir model during physical and chemical modelling of thermal steam treatment. The object of study, a rock sample, is placed in a radiolucent core holder, and a formation model is created; X-ray computed microtomography of a radiolucent core holder comprising the object of study is carried out for the purpose of primary description of the structure of the void space and determination of the initial void ratio; an X-ray transparent core holder is placed in an installation for physical and chemical modelling of filtration processes, the initial permeability of the created formation model is determined at a constant total volumetric filtration rate until a steady state is achieved, recorded by stabilization of the differential pressure gauge readings; reservoir conditions are created

in the unit, physico-chemical modelling of steam-thermal treatment is done; the final permeability of the reservoir model is determined at a constant total volumetric filtration rate until a steady state is achieved, recorded by stabilization of the differential pressure gauge readings; the unit for physical and chemical modelling of filtration processes is disassembled and, without violating the integrity, X-ray computed microtomography of the formation model placed in an X-ray transparent core holder is repeated in order to assess the change in the void ratio of the sample.

EFFECT: providing the ability to assess changes in the characteristics of the void space of a core or bulk reservoir model during physico-chemical modelling of high-temperature (up to +400°C) thermal steam treatment.

3 cl, 2 dwg



Фиг.1

Способ относится к методам проведения лабораторных исследований, а именно оценки изменения характеристик пустотного пространства керновой или насыпной модели пласта с помощью рентгеновской томографии без нарушения целостности модели пласта при проведении физико-химического моделирования паротепловой

обработки.

Далее в тексте приведены термины и сокращения, которые необходимы для облегчения однозначного понимания сущности заявленных материалов и исключения противоречий и/или спорных трактовок при выполнении экспертизы по существу.

ЛКО - линейный коэффициент ослабления. Представляет собой суммарный коэффициент, который учитывает ослабление рентгеновского излучения при прохождении через вещество.

Томография - метод неразрушающего объемного исследования внутренней структуры объекта посредством многократного сканирования его волновым излучением различной природы в разных пересекающихся направлениях. Рентгеновская томография - это метод восстановления внутренней объемной структуры объекта по проекционным снимкам с помощью математических методов реконструкции. Среди преимуществ метода рентгеновской томографии выделяют следующие: неdestructивность - предварительная подготовка образца для анализа не требуется; исследование проводится в естественной взаимной ориентации слагающих фаз; экспрессность - рядовой анализ проводится за единицы минут; возможность трехмерной визуализации внутренней структуры объекта; чувствительность рентгеновской томографии к локальным неоднородностям в десятки раз больше, чем рентгенографии (радиографии).

Точность и детализация рентгеновского сканирования кернового материала обусловлена масштабным уровнем исследований. При изучении макроструктуры объектом исследования являются каверны, трещины и крупные зерна; мезоструктуры - зерна, поры и трещины; микроструктуры - межзерновое пространство, микропоры, микротрещины, перлитовые частицы (Таблица 1): [Савицкий Я. В. Современные возможности метода рентгеновской томографии при исследовании керна нефтяных и газовых месторождений // Недропользование. 2015. №15. URL]: [<https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-vozmozhnosti-metoda-rentgenovskoy-tomografii-pri-issledovanii-kerna-neftyanyh-i-gazovyh-mestorozhdeniy>]. В источнике раскрыты особенности применения метода рентгеновской томографии, раскрыты понятия макро-, микро- и нанотомографии.

Таблица 1. Масштабные уровни исследований керна			
Масштабы детализации	Макроструктура	Мезоструктура	Микроструктура
Разрешение	>1 мм	0,2-1 мм	1-100 мкм
Объекты в структуре горных пород	Каверны, трещины, макрофоссилии, крупные зерна	Зерна, поры, трещины	Межзерновое пространство, микропоры, микротрещины, перлитовые частицы
Доступность для метода рентгеновской томографии	Доступны для большинства рентгеновских томографов		Доступен для высокоразрешающих томографов

Повышение доли трудноизвлекаемых запасов нефти является мировой тенденцией в нефтяной отрасли [Wang et al. Status, trends and enlightenment of global oil and gas development in 2021, Petroleum Exploration and Development, V. 49, I. 5, 2022, P. 1210-1228. [https://doi.org/10.1016/S1876-3804\(22\)60344-6](https://doi.org/10.1016/S1876-3804(22)60344-6)]. В источнике рассматриваются текущее состояние и особенности развития мировой нефтегазовой отрасли, обобщаются основные тенденции развития мировой нефтегазовой отрасли. В том числе, отмечено, что повышается интерес к месторождениям высоковязких нефтей, разработка которых целесообразна с применением тепловых методов увеличения нефтеотдачи (МУН). В

этой связи повышается актуальность проведения физико-химического моделирования высокотемпературных МУН в лабораторных условиях (таких как паротепловая обработка). При этом необходимо проводить лабораторные испытания, учитывая особенности изучаемого объекта, в том числе фильтрационно-емкостные свойства (проницаемость, пустотность), с целью получения наиболее достоверных результатов и прогнозирования эффективности в условиях реального объекта. Для определения фильтрационно-емкостных характеристик порового пространства до и после проведения экспериментов на образцах горных пород целесообразным является применение метода рентгеновской томографии.

В настоящее время с целью получения наиболее информативных данных чаще всего применяется сканирование на микроуровне (что соответствует разрешению 1-100 мкм). Это предполагает использование в исследованиях уменьшенных образцов керна и проведение микротомографии, при этом рентгенопрозрачный кернодержатель преимущественно изготавливается из различных полимерных материалов (например, полиэфирэфиркетон (PEEK)), армированный углеволокном [Lebedev, Maxim & Iglauer, S. & Mikhaltsevitch, Vassili. (2014). Acoustic Response of Reservoir Sandstones during Injection of Supercritical CO₂. *Energy Procedia*. 63. 4281-4288. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.11.463>; Yongfei Yang, Liu Tao, Stefan Iglauer, S. Hossein Hejazi, Jun Yao, Wenjie Zhang, and Kai Zhang. Quantitative Statistical Evaluation of Micro Residual Oil after Polymer Flooding Based on X-ray Micro Computed-Tomography Scanning. *Energy & Fuels* 2020 34 (9), 10762-10772. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.0c01801>; Watanabe, N., Ishibashi, T., Tsuchiya, N. *et al.* Geologic Core Holder with a CFR PEEK Body for the X-ray CT-Based Numerical Analysis of Fracture Flow Under Confining Pressure. *Rock Mech Rock Eng* 46, 413-418 (2013). <https://doi.org/10.1007/s00603-012-0311-5>]. Невысокая температура плавления PEEK (343 °С при стандартных условиях) ограничивает применимость при моделировании высокотемпературных воздействий на образец породы (например, паротепловая обработка).

В этом случае целесообразно применять кернодержатели, изготовленные из сплавов металлов. Также преимуществом будет являться возможность проведения рентгеновского сканирования полноразмерной модели пласта для обобщенной оценки изменения всей структуры порового пространства, так как уменьшение размеров образца приводит к отсечению части крупных трещин и пустот. Однако материалы, традиционно используемые при изготовлении таких кернодержателей (как правило, нержавеющая сталь), обладают высокой степенью поглощения рентгеновского излучения, что приводит к необходимости сканирования на высоких энергиях рентгеновской трубки и появлению шумов и металлических артефактов на томографических изображениях. В этой связи целесообразно изготовление кернодержателя из специального сплава металлов, характеризующегося низким значением линейного коэффициента ослабления (ЛКО). С другой стороны, данный материал должен характеризоваться высокой термостабильностью и прочностью, а также меньшим (по сравнению с нержавеющей сталью) показателем ЛКО.

Известно изобретение по патенту RU № 2467316 «Способ определения пространственного распределения и концентрации глины в образце керна». Сущность изобретения заключается в том, что в образец пористого материала закачивают контрастное рентгеновское вещество, в качестве которого используют водорастворимую соль металла с высоким атомным весом, вступающую в селективную ионно-обменную реакцию с исследуемым компонентом, с общей формулой: R^+M^- , где R^+ выбирают из

группы $\{\text{Ba}^{2+}; \text{Sr}_2^{+}; \text{Tl}^{+}; \text{Rb}^{+} \dots\}$, а M^{-} выбирают из группы $\{\text{Cl}_n; \text{NO}_n; \text{OH}_n; \text{CH}_3\text{COO}; \text{SO}_4; \dots\}$ в соответствии с таблицей растворимости неорганических веществ в воде, по окончании реакции селективного ионного обмена в образец закачивают неконтрастный вытесняющий агент, проводят компьютерную рентгеновскую микротомографию
 5 образца и определяют пространственное распределение и концентрацию исследуемого компонента путем анализа полученного компьютерного томографического изображения.

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

Известно изобретение по патенту RU № 2580174 «Способ определения пористости образца породы». Сущность изобретения заключается в том, что способ определения пористости образца породы предусматривает определение общего минералогического
 15 состава образца, определение относительного объемного содержания каждого минерала и определение коэффициентов ослабления рентгеновского излучения для каждого из этих минералов. Затем определяют первый коэффициент ослабления рентгеновского излучения для синтетического образца, состоящего из тех же минералов с тем же
 20 объемным содержанием, но без пор. Выполняют рентгеновское микро-/нанокомпьютерное сканирование образца и определяют второй коэффициент ослабления рентгеновского излучения для исследуемого образца породы. Значения пористости могут быть определены как для образца, заполненного газом, водой или легкими углеводородами, так и для образца, заполненного тяжелыми углеводородами или
 25 другими жидкостями/газами с коэффициентами ослабления рентгеновского излучения, сравнимыми с коэффициентами ослабления рентгеновского излучения образца породы или синтетического образца.

Недостатком известного способа является то, что он не предусматривает проведение исследований на образце породы, в том числе моделирование высокотемпературных процессов.

Известно изобретение по патенту RU № 2548605 «Способ определения пространственного распределения в зерновом материале эффективного порового пространства». Сущность изобретения заключается в способе определения пространственного распределения в зерновом материале эффективного порового пространства, в соответствии с которым в образец зерна закачивают контрастное
 35 рентгеновское вещество, сканируют образец посредством рентгеновской томографии, получают гистограммы, отличающийся тем, что в качестве контрастного рентгеновского вещества в образец зерна закачивают смесь желатина и йодосодержащего вещества в концентрации не менее 10 процентов по массе приготовляемого раствора.

Недостатком известного способа является то, что он не предусматривает проведение исследований на образце породы, в том числе моделирование высокотемпературных процессов.

Выявленные аналоги совпадают с заявленным техническим решением по отдельным совпадающим признакам, поэтому прототип не выявлен, и формула изобретения составлена без ограничительной части.

Технической пользой заявленного технического решения является возможность оценки изменения характеристик пустотного пространства зерновой или насыпной модели пласта при проведении физико-химического моделирования высокотемпературной (до +400 °C) паротепловой обработки.

Техническим результатом заявленного технического решения является оценка изменения характеристик пустотного пространства керновой или насыпной модели пласта при проведении физико-химического моделирования паротепловой обработки с применением рентгенопрозрачного кернодержателя - проницаемости и коэффициента

пустотности образца.

Сущностью заявленного технического решения является способ оценки изменения характеристик пустотного пространства керновой или насыпной модели пласта при проведении физико-химического моделирования паротепловой обработки, заключающийся в том, что в рентгенопрозрачный кернодержатель помещают объект исследования - образец породы, создают модель пласта; проводят рентгеновскую компьютерную микротомографию рентгенопрозрачного кернодержателя, содержащего объект исследования, с целью первичного описания структуры пустотного пространства и определения начального коэффициента пустотности; помещают рентгенопрозрачный кернодержатель в установку для физико-химического моделирования фильтрационных процессов, определяют начальную проницаемость созданной модели пласта при постоянной суммарной объемной скорости фильтрации до достижения стационарного - установившегося состояния, фиксируемого по стабилизации показаний дифференциального манометра; создают в установке пластовые условия, проводят физико-химическое моделирование паротепловой обработки; определяют конечную проницаемость модели пласта при постоянной суммарной объемной скорости фильтрации до достижения стационарного - установившегося состояния, фиксируемого по стабилизации показаний дифференциального манометра; разбирают установку для физико-химического моделирования фильтрационных процессов и без нарушения целостности проводят повторную рентгеновскую компьютерную микротомографию модели пласта, помещенной в рентгенопрозрачный кернодержатель, с целью оценки изменения коэффициента пустотности образца. Способ по п.1, отличающийся тем, что модель пласта представляет собой керновую модель, составленную из стандартных выбуренных образцов керна. Способ по п.1, отличающийся тем, что модель пласта представляет собой запрессованную насыпную модель, составленную из предварительно перемолотой до фракции 0.1-1 мм породы.

Заявленное техническое решение иллюстрируется Фиг.1, Фиг. 2.

На Фиг.1 представлены снимки насыпной модели пласта в рентгенопрозрачном кернодержателе до (сверху) и после (снизу) проведения физико-химического моделирования паротепловой обработки в проекции XZ. На снимке синим цветом отмечено пустотное пространство насыпной модели пласта. На нижнем рисунке наблюдается снижение пустотности (после проведения физико-химического моделирования паротепловой обработки).

На Фиг.2 представлены снимки керновой модели пласта в рентгенопрозрачном кернодержателе до (сверху) и после (снизу) проведения физико-химического моделирования паротепловой обработки в проекции XZ. На снимке синим цветом отмечено пустотное пространство керновой модели пласта. На нижнем рисунке наблюдается снижение пустотности (после проведения физико-химического моделирования паротепловой обработки).

Далее заявителем приведено описание заявленного технического решения.

Заявленный технический результат заключается в способе оценки изменения характеристик пустотного пространства керновой или насыпной модели пласта при проведении физико-химического моделирования паротепловой обработки с применением рентгенопрозрачного кернодержателя, включающий определение начальной и конечной

проницаемости по инертному газу и исследование структуры порового пространства керновой или насыпной модели с помощью рентгеновской томографии без нарушения целостности модели пласта.

Для проведения физико-химического моделирования паротепловой обработки
 5 используется рентгенопрозрачный кернодержатель. Изготовленный кернодержатель обладает высокими прочностными и термостабильными свойствами (максимально допустимое давление определяется характеристиками внешней камеры высокого давления, в которую устанавливается рентгенопрозрачный кернодержатель; максимальная температура +400 °С), что обуславливает применимость при
 10 моделировании процессов, соответствующих высоким термобарическим пластовым условиям. Рентгенопрозрачный кернодержатель обеспечивает поддержание заданных термобарических условий, а также позволяет наблюдать за динамикой температурного поля и давления в модели пласта за счет снабжения датчиками температуры и давления. Кернодержатель конструктивно выполнен в виде цилиндрической трубы длиной рабочей
 15 части (в которую помещается исследуемая модель пласта) 300 мм, диаметром 50 мм и толщиной стенки 2 мм. Герметизация помещенной в кернодержатель модели пласта осуществляется за счет соединений фланцевого типа, предусматривающей соединение с подводящими и отводящими трубками для закачки агентов воздействия (например, пар). Все конструктивные детали изготовлены из сплава титана.

20 Далее заявитель приводит описание использования рентгенопрозрачного кернодержателя в качестве оборудования для комплексного исследования пустотного пространства пород с применением компьютерной томографии.

Объект исследования (образец керновой модели либо насыпная модель) устанавливают в рентгенопрозрачный кернодержатель, создают модель пласта.

25 При этом возможно создание:

- керновой модели, составленной из стандартных выбуренных образцов керна в соответствии со способом, описанным в патенте «Уплотнение цилиндрического керна и способ сборки уплотнения в кернодержателе» (RU 2720208). Уплотнение цилиндрического керна характеризуется тем, что уплотняющий материал, выполненный
 30 из терморасширенного графита, измельченного до фракции не более 3 мм, помещен и уплотнен в зазоре между внутренней цилиндрической поверхностью кернодержателя и уплотняемой внешней поверхностью керна с возможностью герметичного заполнения указанного зазора с обеспечением возможности использования при тепловом
 35 20 МПа и температурах до 400 °С;

- насыпной модели, составленной из предварительно перемолотой до фракции 0.1-1 мм породы, при создании которой (насыпной модели) производят запрессовку породы с помощью пресса.

40 Далее с целью первичного описания структуры пустотного пространства образца проводят рентгеновскую компьютерную микротомографию кернодержателя с установленным внутри объектом исследования. Порядок проведения рентгеновской компьютерной микротомографии заключается в следующем.

Кернодержатель с установленным внутри образцом или насыпной моделью закрепляют в держателе внутри камеры рентгеновского компьютерного томографа.
 45 Далее камера закрывается и производится сканирование кернодержателя. После этого производится реконструкция 3D цифровой модели образца, на основе которой получают рентгенплотностные срезы образца в различных сечениях. Также в полученной цифровой модели производится сегментация пустот и определение коэффициента начальной

пустотности образца.

Далее рентгенопрозрачный кернодержатель помещают в установку для физико-химического моделирования фильтрационных процессов и определяют начальную проницаемость созданной модели пласта по ОСТ 39-235-89 «Нефть. Метод определения фазовых проницаемостей в лабораторных условиях при совместной стационарной

5 фильтрации». После чего в установке создают пластовые условия (температура, давление) с целью получения наиболее достоверных результатов и прогнозирования эффективности в условиях реального объекта. Пластовая температура создается с помощью

10 электронагревателей, расположенных по всей длине кернодержателя. Пластовое давление создается путем закачки инертного газа (например, азот) с целью недопущения химического взаимодействия со средой созданной модели пласта.

Далее проводят физико-химическое моделирование паротепловой обработки, включающее прокачку через модель пласта, помещенную в рентгенопрозрачный

15 кернодержатель, пара, при этом максимальная температура пара может составлять +400 °С.

По окончании фильтрационных исследований определяют конечную проницаемость модели пласта по ОСТ 39-235-89 «Нефть. Метод определения фазовых проницаемостей в лабораторных условиях при совместной стационарной фильтрации».

20 Далее разбирают установку для физико-химического моделирования фильтрационных процессов и без нарушения целостности проводят повторную рентгеновскую компьютерную микротомографию образца керновой или насыпной модели, помещенной в рентгенопрозрачный кернодержатель, с целью оценки изменения коэффициента пустотности образца.

25 Для этого кернодержатель с установленным внутри образцом керновой или насыпной модели вновь устанавливают в держатель внутри камеры рентгеновского компьютерного томографа. Далее камера закрывается и производится сканирование кернодержателя. После этого производится реконструкция 3D цифровой модели образца, на основе которой получают рентгенплотностные срезы образца в различных сечениях.

30 Также в полученной цифровой модели производится сегментация пустот и определение коэффициента конечной пустотности образца.

Далее заявителем приведены **примеры осуществления заявленного технического решения.**

Пример 1. Оценка изменения характеристик пустотного пространства насыпной

35 модели пласта при проведении физико-химического моделирования паротепловой обработки.

Предварительно перемолотую до фракции 0.1-1 мм породу поместили в рентгенопрозрачный кернодержатель, создали насыпную модель пласта.

Далее с целью первичного описания структуры пустотного пространства провели

40 рентгеновскую компьютерную микротомографию кернодержателя, содержащего перемолотую до фракции 0.1-1 мм породу. Получили снимки насыпной модели пласта, после этого произвели реконструкцию 3D цифровой модели образца, на основе которой получили рентгенплотностные срезы образца в различных сечениях. В полученной цифровой модели произвели сегментацию пустот и определили коэффициент начальной

45 пустотности образца, равный 7,25% (см. Фиг. 1). Обработка и расчеты характеристик объемной модели производились в специализированной программе.

Далее рентгенопрозрачный кернодержатель поместили в установку для физико-химического моделирования фильтрационных процессов и определили начальную

проницаемость созданной модели пласта по ОСТ 39-235-89 «Нефть. Метод определения фазовых проницаемостей в лабораторных условиях при совместной стационарной фильтрации», равную 81,4 мД.

Далее в установке создали пластовые условия (+400 °С, 9 МПа), провели физико-химическое моделирование паротепловой обработки.

По окончании фильтрационных исследований определили конечную проницаемость модели пласта по ОСТ 39-235-89 «Нефть. Метод определения фазовых проницаемостей в лабораторных условиях при совместной стационарной фильтрации», равную 75,7 мД.

Далее разобрали установку для физико-химического моделирования фильтрационных процессов и без нарушения целостности провели повторную рентгеновскую компьютерную микротомографию насыпной модели, помещенной в рентгенопрозрачный кернодержатель, с целью оценки изменения структуры пустотного пространства породы. Получили снимки насыпной модели пласта, после этого произвели реконструкцию 3D цифровой модели образца, на основе которой получили рентгенплотностные срезы образца в различных сечениях. В полученной цифровой модели произвели сегментацию пустот и определили коэффициент конечной пустотности образца, равный 5,47% (см. Фиг. 1). Обработка и расчеты характеристик объемной модели производились в специализированной программе.

В результате паротеплового воздействия на насыпную модель пласта при +400 °С оценили изменение характеристик пустотного пространства, а именно - изменение проницаемости и коэффициента пустотности породы, равное соответственно -5,7 мД и -1,78%.

Пример 2. Оценка изменения характеристик пустотного пространства керновой модели пласта при проведении физико-химического моделирования паротепловой обработки.

Стандартные выбуренные образцы керна поместили в рентгенопрозрачный кернодержатель, создали керновую модель пласта.

Далее с целью первичного описания структуры пустотного пространства провели рентгеновскую компьютерную микротомографию кернодержателя, содержащего стандартные выбуренные образцы керна. Получили снимки насыпной модели пласта, после этого произвели реконструкцию 3D цифровой модели образца, на основе которой получили рентгенплотностные срезы образца в различных сечениях. В полученной цифровой модели произвели сегментацию пустот и определили коэффициент начальной пустотности образца, равный 5,51% (см. Фиг. 2). Обработка и расчеты характеристик объемной модели производились в специализированной программе.

Далее рентгенопрозрачный кернодержатель поместили в установку для физико-химического моделирования фильтрационных процессов и определили начальную проницаемость созданной модели пласта по ОСТ 39-235-89 «Нефть. Метод определения фазовых проницаемостей в лабораторных условиях при совместной стационарной фильтрации», равную 73,8 мД.

Далее в установке создали пластовые условия (+400 °С, 9 МПа), провели физико-химическое моделирование паротепловой обработки.

По окончании фильтрационных исследований определили конечную проницаемость модели пласта по ОСТ 39-235-89 «Нефть. Метод определения фазовых проницаемостей в лабораторных условиях при совместной стационарной фильтрации», равную 65,2 мД.

Далее разобрали установку для физико-химического моделирования фильтрационных процессов и без нарушения целостности провели повторную рентгеновскую компьютерную микротомографию керновой модели, помещенной в рентгенопрозрачный

кернодержатель, с целью оценки изменения структуры пустотного пространства породы. Получили снимки насыпной модели пласта, после этого произвели реконструкцию 3D цифровой модели образца, на основе которой получили рентгенплотностные срезы образца в различных сечениях. В полученной цифровой модели произвели сегментацию пустот и определили коэффициент начальной пустотности образца, равный 2,90% (см. Фиг. 2). Обработка и расчеты характеристик объемной модели производились в специализированной программе.

В результате паротеплового воздействия на керновую модель пласта при +400 °С оценили изменение характеристик пустотного пространства, а именно - изменение проницаемости и коэффициента пустотности породы, равное соответственно -8,6 мД и -2,61%.

Таким образом, из приведенного выше можно сделать вывод, что заявителем достигнут заявленный технический результат, а именно - разработан способ оценки изменения характеристик пустотного пространства керновой или насыпной модели пласта при проведении физико-химического моделирования паротепловой обработки с применением рентгенопрозрачного кернодержателя, а именно - изменения проницаемости и коэффициента пустотности образца.

Заявленное техническое решение соответствует условию патентоспособности «новизна», предъявляемому к изобретениям, так как при определении уровня техники не выявлено техническое решение, которому присущи признаки, идентичные (то есть совпадающие по исполняемой ими функции и форме выполнения этих признаков) совокупности признаков, перечисленных в формуле изобретения, включая характеристику назначения.

Заявленное техническое решение соответствует условию патентоспособности «изобретательский уровень», предъявляемому к изобретениям, поскольку не выявлены технические решения, имеющие признаки, совпадающие с отличительными признаками заявленного изобретения, и не установлена известность влияния отличительных признаков на указанный технический результат.

Заявленное техническое решение соответствует условию патентоспособности «промышленная применимость», предъявляемому к изобретениям, так как может быть изготовлено с использованием известных материалов, комплектующих изделий, стандартных технических устройств и оборудования.

(57) Формула изобретения

1. Способ оценки изменения характеристик пустотного пространства керновой или насыпной модели пласта при проведении физико-химического моделирования паротепловой обработки, заключающийся в том, что

в рентгенопрозрачный кернодержатель помещают объект исследования – образец породы, создают модель пласта;

проводят рентгеновскую компьютерную микротомографию рентгенопрозрачного кернодержателя, содержащего объект исследования, с целью первичного описания структуры пустотного пространства и определения начального коэффициента пустотности;

помещают рентгенопрозрачный кернодержатель в установку для физико-химического моделирования фильтрационных процессов, определяют начальную проницаемость созданной модели пласта при постоянной суммарной объемной скорости фильтрации до достижения стационарного – установившегося состояния, фиксируемого по стабилизации показаний дифференциального манометра;

создают в установке пластовые условия, проводят физико-химическое моделирование паротепловой обработки;

определяют конечную проницаемость модели пласта при постоянной суммарной объемной скорости фильтрации до достижения стационарного – установившегося

5 состояния, фиксируемого по стабилизации показаний дифференциального манометра;

разбирают установку для физико-химического моделирования фильтрационных процессов и без нарушения целостности проводят повторную рентгеновскую компьютерную микротомографию модели пласта, помещенной в рентгенопрозрачный

кернодержатель, с целью оценки изменения коэффициента пустотности образца.

10 2. Способ по п.1, отличающийся тем, что модель пласта представляет собой керновую модель, составленную из стандартных выбуренных образцов керна.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что модель пласта представляет собой запрессованную насыпную модель, составленную из предварительно перемолотой до фракции 0.1-1 мм породы.

15

20

25

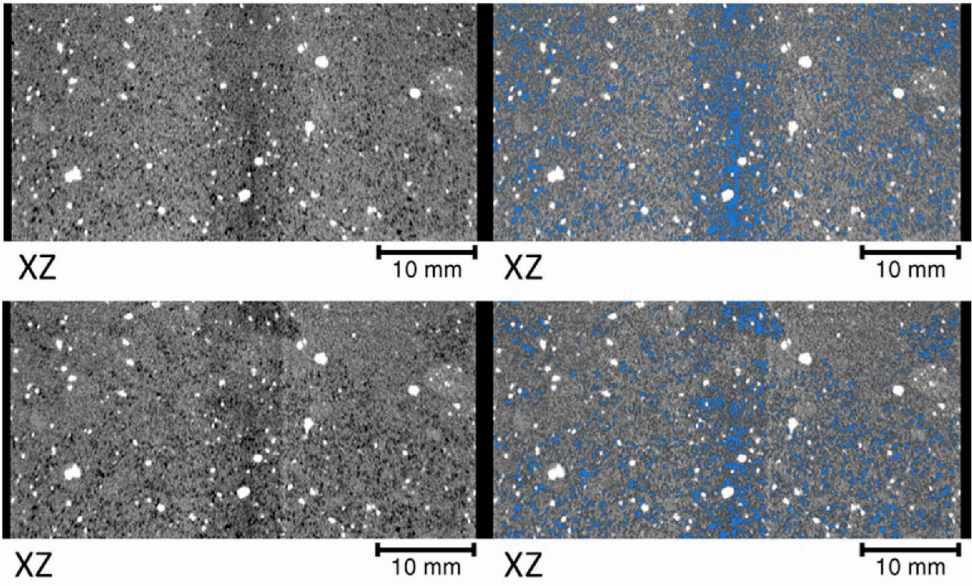
30

35

40

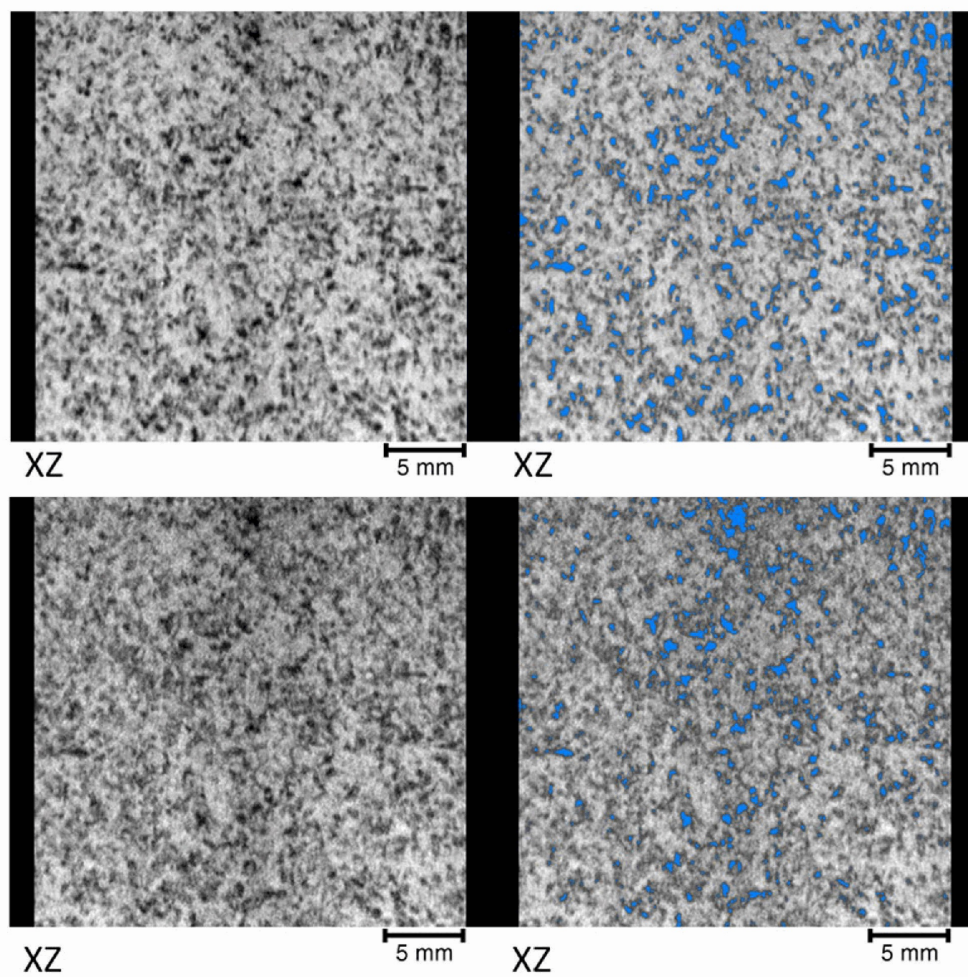
45

1



Фиг.1

2



Фиг. 2