

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **042425**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.02.13**

(21) Номер заявки  
**202192890**

(22) Дата подачи заявки  
**2021.10.22**

(51) Int. Cl. **G01N 23/204** (2006.01)  
**G01N 23/22** (2018.01)  
**G01V 5/10** (2006.01)

---

(54) **ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ СПОСОБ КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ СЛОЖНОГО СОСТАВА**

---

(43) **2023.02.09**

(96) **KZ2021/064 (KZ) 2021.10.22**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ПАК ЮРИЙ (KZ)**

(56) EA-B1-035021  
EP-A1-1093577  
SU-A1-1783395  
RU-C1-2251684  
US-A-3955087

(72) Изобретатель:  
**Пак Юрий, Пак Дмитрий Юрьевич,  
Портнов Василий Сергеевич,  
Маусымбаева Алия Думановна,  
Копобаева Айман Ныгметовна,  
Амангельдыкызы Алтынай,  
Шерьязданов Адиль Омертаевич (KZ)**

(57) Изобретение относится к ядерно-физическим способам анализа сложных веществ. Задачей изобретения является повышение чувствительности контроля влажности сырья в широком диапазоне изменения влажности. Инструментальный способ контроля влажности минерального сырья сложного состава, основанный на его облучении быстрыми нейтронами и регистрации тепловых нейтронов при двух длинах зонда, отличающийся тем, что дополнительно на стандартных образцах сырья с максимальной и минимальной влажностью находят инверсионную длину зонда, соответственно  $L_1$  и  $L_2$ , при которых наблюдается максимальная интенсивность тепловых нейтронов, а на анализируемом сырье неизвестной влажности последовательно меняют длину зонда, находят инверсионную длину зонда  $L_i$ , измеряют интенсивность тепловых нейтронов  $N_i$  при найденной длине зонда  $L_i$ , интенсивность тепловых нейтронов  $N_1$  при длине зонда менее  $L_1$ , интенсивность тепловых нейтронов  $N_2$  при длине зонда более  $L_2$ , а влажность сырья определяют по величине отношения интенсивностей тепловых нейтронов  $N_1/N_2$  совместно с отношением измеренной интенсивности тепловых нейтронов  $N_i$  к найденной длине зонда  $L_i$ . Технический результат изобретения состоит в расширении сферы применения и повышении чувствительности способа в условиях значительной изменчивости влажности за счет того, что дополнительно находят инверсионную длину зонда  $L_i$ , при которой измеряют интенсивность тепловых нейтронов  $N_i$ , и определении влажности по величине отношения интенсивностей тепловых нейтронов доинверсионного и заинверсионного зондов совместно с отношением измеренной интенсивности тепловых нейтронов  $N_i$  к найденной длине зонда  $L_i$ .

**B1****042425****042425****B1**

Изобретение относится к ядерно-физическим способам анализа сложных веществ. Оно может быть использовано для оперативного контроля влажности различных сырьевых и промышленных материалов в геологоразведке, горнодобывающей и перерабатывающей отраслях экономики.

Известен способ контроля влажности, основанный на облучении анализируемого материала потоком быстрых нейтронов и регистрации тепловых нейтронов, возникающих в процессе замедления быстрых нейтронов (Пак Ю.Н., Пак Д.Ю. Ядерные технологии в геофизических исследованиях. Караганда. Изд-во КарГТУ, 2016. - 346 с.).

Недостаток известного способа состоит в невысокой чувствительности к влажности и значительной погрешности определения влажности, обусловленной дестабилизирующим влиянием вещественного состава анализируемого сырья (различием элементов в нейтронно-замедляющих и нейтронно-поглощающих свойствах).

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является нейтронный способ контроля влажности, заключающийся в облучении анализируемого сырья быстрыми нейтронами и регистрации тепловых нейтронов при двух длинах зонда (Евразийский патент № 035021, 2021. Способ контроля влажности руды сложного состава. Авторы Пак Ю.Н., Пак Д.Ю., Балбекова Б.К. и др.).

Недостатком известного способа является сравнительно невысокая чувствительность к влажности, обусловленная измерением интенсивности тепловых нейтронов только при двух длинах зонда, связанных с максимальной и минимальной влажностью. Не учитывается текущая инверсионная длина зонда для анализируемого сырья с неизвестной влажностью. Это обстоятельство снижает чувствительность известного способа.

Задачей изобретения является повышение чувствительности контроля влажности минерального сырья сложного состава в широком диапазоне изменения влажности.

Технический результат изобретения состоит в расширении сферы применения за счет повышения чувствительности способа в условиях значительной изменчивости влажности.

Поставленная задача решается следующим образом. В процессе облучения минерального сырья потоком быстрых нейтронов и регистрации тепловых нейтронов при двух длинах зонда дополнительно на стандартных образцах сырья с максимальной и минимальной влажностью находят инверсионную длину зонда, соответственно  $L_1$  и  $L_2$ , при которых наблюдается максимальная интенсивность тепловых нейтронов, а на анализируемом сырье неизвестной влажности последовательно меняют длину зонда, находят инверсионную длину зонда  $L_i$ , измеряют: интенсивность тепловых нейтронов  $N_i$  при найденной длине зонда  $L_i$ , интенсивность тепловых нейтронов  $N_1$  при длине зонда менее  $L_1$ , интенсивность тепловых нейтронов  $N_2$  при длине зонда более  $L_2$ , а влажность сырья определяют по величине отношения интенсивностей тепловых нейтронов  $N_1/N_2$  совместно с отношением измеренной интенсивности тепловых нейтронов  $N_i$  к найденной длине зонда  $L_i$ .

При взаимодействии быстрых нейтронов с ядрами атомов минерального сырья происходят различные нейтронно-замедляющие и нейтронно-поглощающие реакции.

Плотность потока тепловых нейтронов является сложной функцией, зависящей не только от влажности, но и вещественного состава анализируемого сырья и длины зонда (расстояние источник-детектор).

Экспериментальными исследованиями на железных рудах и продуктах их переработки различной влажности и вещественного состава установлены сложные закономерности изменения интенсивности тепловых нейтронов от влажности сырья и длины зонда. В целом наблюдается инверсионный характер зависимости интенсивности тепловых нейтронов от длины зонда и влажности анализируемого материала. Инверсионный характер означает, что при определенной длине зонда интенсивность тепловых нейтронов достигает максимальной величины. Область инверсии закономерно смещается в сторону больших длин зонда при малой влажности. Для минерального сырья с большой влажностью область инверсии наступает при малой длине зонда.

В процессе экспериментальных исследований железорудного сырья с максимально возможной влажностью (~19%) и минимально возможной влажностью (~2%) найдены инверсионные длины зонда  $L_1$  и  $L_2$  соответственно 9 и 52 см. Показания зонда (интенсивность тепловых нейтронов) при длине менее  $L_1$  (доинверсионный) и более  $L_2$  (заинверсионный) более однозначно связаны с влажностью.

Дополнительно найденная инверсионная длина зонда  $L_i$  для каждого анализируемого сырья и измеренная интенсивность тепловых нейтронов  $N_i$  при найденной длине зонда  $L_i$  несут дополнительную информацию о влажности и вещественном составе анализируемого сырья, что делает предлагаемый способ более чувствительным.

Существенным отличием изобретения от прототипа является то, что дополнительно на анализируемом сырье, последовательно меняя длину зонда, находят инверсионную длину зонда  $L_i$ , измеряют интенсивность тепловых нейтронов  $N_i$  при найденной длине зонда  $L_i$ , отношение интенсивностей тепловых нейтронов  $N_1/N_2$  доинверсионного и заинверсионного зондов. При этом влажность сырья сложного состава определяют по величине отношения интенсивностей тепловых нейтронов  $N_1/N_2$  совместно с отношением измеренной интенсивности тепловых нейтронов  $N_i$  к найденной длине зонда  $L_i$ .

Способ апробирован на железорудном сырье. Источником быстрых нейтронов служил Po-Be ис-

точник мощностью  $6 \cdot 10^5$  нейтр./с. Регистрация тепловых нейтронов осуществлялась пропорциональным детектором тепловых нейтронов. Защитный экран размещался между источником быстрых нейтронов и детектором тепловых нейтронов. Длина зонда менялась в диапазоне от 6 до 60 см. Влажность железорудного сырья менялась в пределах 2-19%.

Дополнительно на анализируемом сырье с неизвестной влажностью находили инверсионную длину зонда  $L_i$  ( $L_i$  тесно связана с влажностью и вещественным составом) и измеряли интенсивность тепловых нейтронов  $N_i$  при найденной длине зонда.

В таблице представлены сопоставительные метрологические характеристики предлагаемого способа и способа-прототипа.

Способ	Интервалы, %		Чувствительность к влажности, проц./% абс.
	Содержание железа	Влажность	
Предлагаемый	17-36	2-19	13,1
Прототип	17-36	2-19	11,2

Предлагаемый способ инструментального контроля влажности минерального сырья сложного состава характеризуется повышенной чувствительностью к влажности в условиях значительных колебаний влажности и компонентного состава, что существенно расширяет сферу его применения.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Инструментальный способ контроля влажности минерального сырья сложного состава, основанный на его облучении быстрыми нейтронами и регистрации тепловых нейтронов при двух длинах зонда, отличающийся тем, что дополнительно на стандартных образцах сырья с максимальной и минимальной влажностью находят инверсионную длину зонда, соответственно  $L_1$  и  $L_2$ , при которых наблюдается максимальная интенсивность тепловых нейтронов, а на анализируемом сырье неизвестной влажности последовательно меняют длину зонда, находят инверсионную длину зонда  $L_i$ , измеряют: интенсивность тепловых нейтронов  $N_i$  при найденной длине зонда  $L_i$ , интенсивность тепловых нейтронов  $N_1$  при длине зонда менее  $L_1$ , интенсивность тепловых нейтронов  $N_2$  при длине зонда более  $L_2$ , а влажность сырья определяют по величине отношения интенсивностей тепловых нейтронов  $N_1/N_2$  совместно с отношением измеренной интенсивности тепловых нейтронов  $N_i$  к найденной длине зонда  $L_i$ .

