

## **Совершенствование методов передачи единицы пористости от государственного первичного эталона единиц удельной адсорбции газов, удельной поверхности, удельного объема пор, размера пор, открытой пористости и коэффициента газопроницаемости твёрдых веществ и материалов ГЭТ 210**

Аронов И. П., Собина Е. П.

Уральский научно-исследовательский институт метрологии – филиал  
ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии имени Д.И. Менделеева»,  
г. Екатеринбург, Россия, e-mail: AronovIP@uniim.ru

**Аннотация:** В работе представлены стандартные образцы, аттестованные с помощью Государственного первичного эталона единиц удельной адсорбции газов, удельной поверхности, удельного объема пор, размера пор, открытой пористости и коэффициента газопроницаемости твёрдых веществ и материалов ГЭТ 210-2019. Данные образцы разработаны лабораторией 251 УНИИМ – филиала ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева», служат для передачи единицы пористости от ГЭТ 210 и востребованы в нефтяной и строительной отраслях. Помимо образцов, выпускаемых непосредственно на ГЭТ 210-2019, в работе представлены стандартные образцы удельного электрического сопротивления горных пород, а также стандартные образцы пористости для анализаторов на основе метода ядерного магнитного резонанса (ЯМР).

**Ключевые слова:** ГЭТ 210, петрофизические исследования, стандартный образец, удельная адсорбция, удельный объем пор, удельная поверхность, размер пор, открытая пористость, газопроницаемость, удельное электрическое сопротивление

В настоящее время одним из наиболее востребованным способом обеспечения единства измерений является применение стандартных образцов (далее – СО). Особенно важным при этом является наличие прослеживаемости аттестованных значений СО к первичным эталонам единиц величин. На сегодняшний момент с использованием Государственного первичного эталона единиц удельной адсорбции газов, удельной поверхности, удельного объема пор, размера пор, открытой пористости и коэффициента газопроницаемости твёрдых веществ и материалов ГЭТ 210-2019 аттестуется множество СО утвержденного типа [1]. Данные образцы обеспечивают единство измерений сорбционных свойств, необходимое в строительной отрасли и химической промышленности. Также на ГЭТ 210 аттестуются образцы с аттестованными значениями размера пор, открытой пористости и коэффициента газопроницаемости, необходимые для нефтяной и газовой промышленности [2-3]. В табл. 1 представлены метрологические характеристики стандартных образцов перечисленных выше единиц величин, выпускаемые на ГЭТ 210.

Данные СО предназначены для аттестации методик измерений и контроля точности результатов измерений сорбционных характеристик, размера пор, открытой пористости и коэффициента газопроницаемости. СО могут быть использованы для поверки, калибровки средств измерений, испытаний средств измерений в целях утверждения типа.

Помимо данных СО с прослеживаемостью к ГЭТ 210 лаборатория 251 УНИИМ – филиала ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева» занимается выпуском стандартных образцов удельного электрического сопротивления, а также ведет разработки СО пористости для анализаторов на основе метода ядерного магнитного резонанса (ЯМР). СО удельного электрического сопротивления имеют аттестованные значения от 0,0002 до 12000 Ом·м, относительная расширенная неопределенность аттестованных значений при  $k=2$  и  $P=0,95$  составляет 1 %. СО представляют собой цилиндры, внешним диаметром 30 мм и высотой 30 либо 60 мм, во внутреннюю часть которых вмонтированы резисторы сопротивления с соответствующими номинальными значениями сопротивления. Цилиндры изготовлены из

нержавеющей стали марки 12X18H10T по ГОСТ 5632-72, изолирующая часть выполнена из электроизоляционного материала полиэфирэфиркетон РЕЕК. СО пористости для анализаторов на основе явления ядерного магнитного резонанса (ЯМР) представляют собой полые цилиндры из органического стекла диаметром 100 мм и высотой 80 мм, заполненные диэлектрической жидкостью MIDEЛ 7131. Диапазон аттестованных значений СО от 5 % до 35 %, относительная расширенная неопределенность аттестованных значений при  $k=2$  и  $P=0,95$  не превышает 5 %. Данные СО имеют большую практическую значимость для поверки и калибровки анализаторов пористости на основе метода ЯМР, применяющихся в «полевых» условиях непосредственно на месторождениях газа и нефти. Аттестованные значения данных СО имеют прослеживаемость к единице длины «метр», воспроизводимой Государственным первичным эталоном единицы длины ГЭТ 2-2010 посредством применения средств измерений, поверенных в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений длины в диапазоне от 0,2 до 50 мкм, утвержденной приказом Росстандрта № 2840 от 29.12.2018 г. Поверочная схема для средств измерений открытой пористости . № 315 от 15.03.2021 г, возглавляемая ГЭТ 210, на данный момент не учитывает возможность заимствования единицы от других первичных эталонов. Именно поэтому данные СО пористости имеют прослеживаемость к первичному эталону единицы длины, а не пористости. Различные методы передачи единицы величины пористости, учитывающие возможности заимствования других единиц величин фиксируются и будут учтены в предстоящей пересмотре государственной поверочной схемы под ГЭТ 210.

Таблица 1. Метрологические характеристики СО, аттестованных на ГЭТ 210

Наименование характеристики	Диапазон аттестованных значений	Расширенная неопределенность при $k=2$ и $P=0,95$
Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	от 0,2 до 1200	от 2,0 % до 4,0 %
Удельный объём пор, см <sup>3</sup> /г	от 0,1 до 1,0	от 3 % до 10 %
Средний диаметр пор $4V/S$ , нм	от 5 до 20	от 3,0 % до 10 %
Медиана диаметров пор, нм	от 7000 до 10000	4 %
Преобладающий диаметр пор, нм	от 0,4 до 10000	от 3% до 5 %
Удельный объем вдавненной ртути, мм <sup>3</sup> /г	от 1,5 до 260	от 3 % до 80 %
Открытая пористость, %	от 3 до 51	от 0,05 до 0,40
Коэффициент абсолютной газопроницаемости, 10 <sup>-3</sup> мкм <sup>2</sup>	от 0,1 до 5000	3 %

СО удельного электрического сопротивления и пористости на основе метода ЯМР также крайне востребованы в лабораториях газонефтедобывающей промышленности, занимающихся геологоразведкой и петрофизическими исследованиями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Собина Е.П. Государственный первичный эталон единиц удельной адсорбции газов, удельной поверхности, удельного объёма пор, размера пор, открытой пористости и коэффициента газопроницаемости твёрдых веществ и материалов ГЭТ 210-2019 // Измерительная техника. 2020. № 12. С.3–12. <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2020-12-3-12>.
2. Собина Е.П. Разработка комплекта стандартных образцов открытой пористости твердых веществ, материалов (имитаторов) // Стандартные образцы. 2016. № 2. С. 36–43. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2016-0-2-36-43>.
3. Аронов И.П., Собина Е.П., Разработка стандартных образцов газопроницаемости // Эталоны. Стандартные образцы. 2021. Т.17. № 2. С. 5–18. <https://doi.org/10.20915/2687-0886-2021-17-2-5-18>.