

ПРИБОРЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ В ЛАБОРАТОРИЯХ

УДК 550.3+553.9

СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБРАЗЦОВ С ГАЗОГИДРАТАМИ

© 2023 г. В. И. Юсупов^{a,b}, А. Н. Коновалов^a, Н. В. Минаев^a,
С. И. Цыпина^a, И. С. Семилетов^b

Поступила в редакцию 15.11.2022 г.

После доработки 19.12.2022 г.

Принята к публикации 27.12.2022 г.

DOI: 10.31857/S0032816223030163, EDN: IVINMG

В последнее время появляется все больше работ, посвященных газогидратам метана. Такой повышенный интерес к этой теме обусловлен тремя основными факторами: 1) метан в тепловом балансе Земли играет важную роль, 2) исследователи фиксируют беспрецедентный рост концентрации метана в атмосфере и 3) этот рост связан с ускоряющимся разложением природных газовых гидратов в осадочной толще океана [1, 2]. Для того чтобы понять, что происходит с выбросом метана в настоящее время и может произойти в ближайшем будущем, учеными проводятся крупномасштабные натурные исследования и модельные эксперименты. Актуальным является лабораторное изучение поднятых на поверхность образцов донного грунта с вкраплениями газогидратов метана.

Такие исследования могут быть выполнены на созданном нами лабораторном стенде (рис. 1а), специально предназначенном для исследования образцов гидратосодержащих пород как искусственного, так и естественного происхождения. Основу стенда составляют лазерные источники, скоростная камера, тепловизор и спектрометр комбинационного рассеяния.

Образец 1 для исследования первоначально помещают под микроскоп спектрометра 7 комбинационного рассеяния (КР). При этом он может находиться в охлаждаемом реакторе высокого давления 8 с прозрачным верхним окошком. Под микроскопом изучается структура поверхности и снимается карта спектров КР. По характерным пикам на спектрограммах определяется состав частиц и делается заключение о наличии газогидратов в

структуре. На втором этапе образец 1 помещается на столик трехкоординатной подвижки 2. Под визуальным контролем (цифровая камера 3) с помощью тепловизора 4 получают термограммы участка поверхности образца (рис. 1б). Такие наблюдения по характерным областям с пониженной температурой позволяют выявлять газогидратные включения, активно разлагающиеся при нормальных условиях. На третьем этапе проводится изучение взрывоподобного разложения газогидратных вкраплений. Для этого выбранный участок образца нагревают лазерным импульсом, а разлет частиц регистрируют скоростной камерой. Такие эксперименты позволяют получать, помимо информации о содержании газогидратов и поровой влаги, важные для проведения модельных экспериментов прочностные характеристики образца.

В стенде использованы: скоростная камера Fastcam SA-3 (Photron, Япония), тепловизор FLIR A655sc (FLIR, США) с макрообъективом, КР-спектрометр (Nicolet Omega XP, США). Нагрев осуществляется сфокусированным импульсным излучением YAG:Er лазера с длиной волны 2.94 мкм, длительностью импульса 0.5 мс и энергией до 8 Дж. Отметим, что для более полного изучения гидратосодержащих образцов стенд может быть дополнен лазерными источниками с другими параметрами. Кроме того, дополнительные исследования могут быть проведены на стенде для исследования образования и разложения газогидратов [3, 4].

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа поддержана программой развития Томского государственного университета (Приоритет-2030).

^aИнститут фотонных технологий ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, Россия, Москва, Троицк.

^bТомский государственный университет, Россия, Томск.

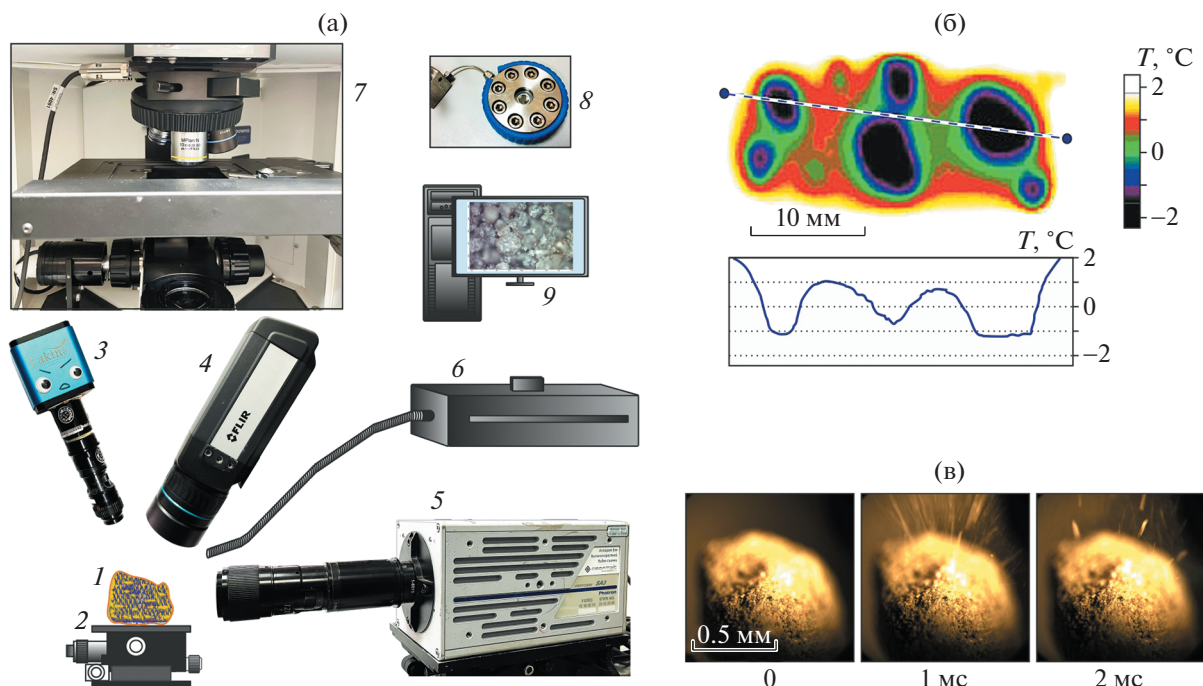


Рис. 1. а – схематическое изображение стенда (1 – образец, 2 – трехкоординатная подвижка, 3 – цифровая камера, 4 – тепловизионная камера, 5 – скоростная камера, 6 – лазерный источник, 7 – КР-спектрометр, 8 – охлаждаемый реактор высокого давления, 9 – управляющий компьютер); б, в – некоторые результаты, полученные при тестировании образца с газогидратами метана: термограмма образца с вкраплениями газогидратов (б), показано изменение температуры на разрезе (по штриховой линии), а также кадры скоростной съемки при лазерном импульсном нагреве образца (в).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Shakhova N., Semiletov I., Salyuk A., Yusupov V., Kostach D., Gustafsson Ö. // Science. 2010. V. 327. № 5970. P. 1246. <https://doi.org/10.1126/science.1182221>
2. Юсупов В.И., Салюк А.Н., Карнаух В.Н., Семилетов И.П., Шахова Н.Е. // Доклады Академии наук. 2010. Т. 430. № 6. С. 820.
3. Минаев Н.В., Юсупов В.И., Баграташвили В.Н. Патент № 133022 РФ // Оpubл. 10.10.2013. Бюл. № 28.
4. Юсупов В.И., Минаев Н.В., Саломатин А.С., Черных Д.В., Семилетов И.П., Баграташвили В.Н. // ПТЭ. 2018. № 3. С. 159. <https://doi.org/10.7868/S0032816218030151>

Адрес для справок: Россия, 108840, Москва, Троицк, ул. Пионерская, 2, Институт фотонных технологий ФНИЦ “Кристаллография и фотоника” РАН. Тел.: +79151862495. E-mail: iouss@yandex.ru (Юсупов В.И.)