

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЙЕМЕНСКИХ ГЛИН И ПРОИЗВОДСТВО САМАНА

**Б.Я. Трофимов, А.О. Аль-Хаддад**

*Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск*

В настоящее время в мире производится огромное количество современных строительных материалов, причем объём производства цемента, бетона и железобетона ежегодно увеличивается. Несмотря на это во многих странах мира, а особенно в засушливых регионах Земли, широко применяют, как и десять тысяч лет тому назад, необожженную глину с добавлением песка и органического компонента для строительства жилых домов. Приверженность саману связана не только с широким распространением сырья, дешёвизной и простотой технологии, но и с более комфортными условиями проживания в таких домах без специальных устройств для кондиционирования. Это объясняется повышенной микропористостью глинистой матрицы, которая обеспечивает гигроскопичность и паропроницаемость стен, регулируя микроклимат в помещении.

Данная работа посвящена исследованию физико-химических свойств глин с целью использования их в производстве самана. В результате получен материал со следующими характеристиками:  $R_{сж} = 4,2$  МПа, плотностью ( $\rho$ ) 1245 кг/м<sup>3</sup> и с усадкой 5,4 мм/м. Для получения самана использовали йеменские глины с содержанием до 70 % глинистых минералов монтмориллонита и каолинита, а также более 30 % песка. Изучены изменения свойств самана в процессе естественной сушки.

*Ключевые слова: глины, саман, прочность, сушка, усадка.*

История самана насчитывает не одно тысячелетие. И Великая китайская стена, и пирамиды в Египте, и Чан-Чан в Перу, и ставший уже классическим приоратский замок архитектора Н.А. Львова в Гатчине, и даже современное здание общежития в студенческом городке Массачусетского университета в США – всё это построено из самана. В разных странах мира – в России, Португалии, Индии, Украине, США – проводились научные исследования, которые выявили возможности самана как дешёвого и экологичного строительного материала. Эти исследования проводили для изучения физико-механических и других эксплуатационных свойств самана как эффективного в восточных странах строительного материала [1].

Для производства самана в качестве связующего используют глину, в состав которой входят глинистые минералы – каолинит, монтмориллонит, гидрослюда и кварцевый песок в определенной пропорции, обеспечивающей необходимые технологические характеристики получаемого самана [2, 3].

Для установления возможности получения эффективного самана с использованием йеменских глин в данной работе приведены результаты изучения их состава, свойств и выявлены особенности их использования в производстве самана.

В ходе исследования были определены состав йеменских глин и свойства, такие как усадка, влажность, прочность при сжатии.

### **Цель работы:**

Исследовать возможность использования йеменских глин в производстве самана.

Для этого необходимо решить следующие задачи:

- изучать фазовый состав и свойства йеменских глин;
- оценить свойства самана и возможность использования его в жилищном строительстве.

### **Материалы и методы исследования**

В исследовании использовали глины:

N – с месторождения Лахдж;

S – с месторождения Абйан.

Для изучения фазового состава глин применяли рентгенофазовый (РФА) анализ на дефрактометре ДРОН-3М, дериватографические (ДТА) исследования проводили на дериватографе системы LuxxSTA 409 РС немецкой фирмы Netzsch.

### **Результаты исследований**

Анализ свойств и состава йеменских глин:

1. РФА и ДТА йеменских глин. На рис. 1–4 приведены результаты анализов двух образцов йеменской глины из разных карьеров (N, S):

По данным РФА, глины (N, S) включают: каолинит с  $d/n = 7,14; 4,17; 3,57; 2,48; 2,33; 2,29; \text{Å}$ ; монтмориллонит  $d/n = 4,47; 3,42; 2,60; 1,71; \text{Å}$  и кремнезём в виде кварца  $d/n = 4,24; 3,34; 1,81; 1,54; \text{Å}$ .

Дериватограммы показали потерю массы при  $T = 480\text{--}590$  °С (каолинит), при  $T = 590\text{--}800$  °С потери воды из монтмориллонита.

Анализ по количеству химически связанной воды выявил ряд закономерностей.

Глина N:

$(\text{Al}, \text{Mg})_2(\text{OH})_2 [\text{Si}_4\text{O}_{10}] \text{H}_2\text{O}$  – монтмориллонит = 59,6 %.

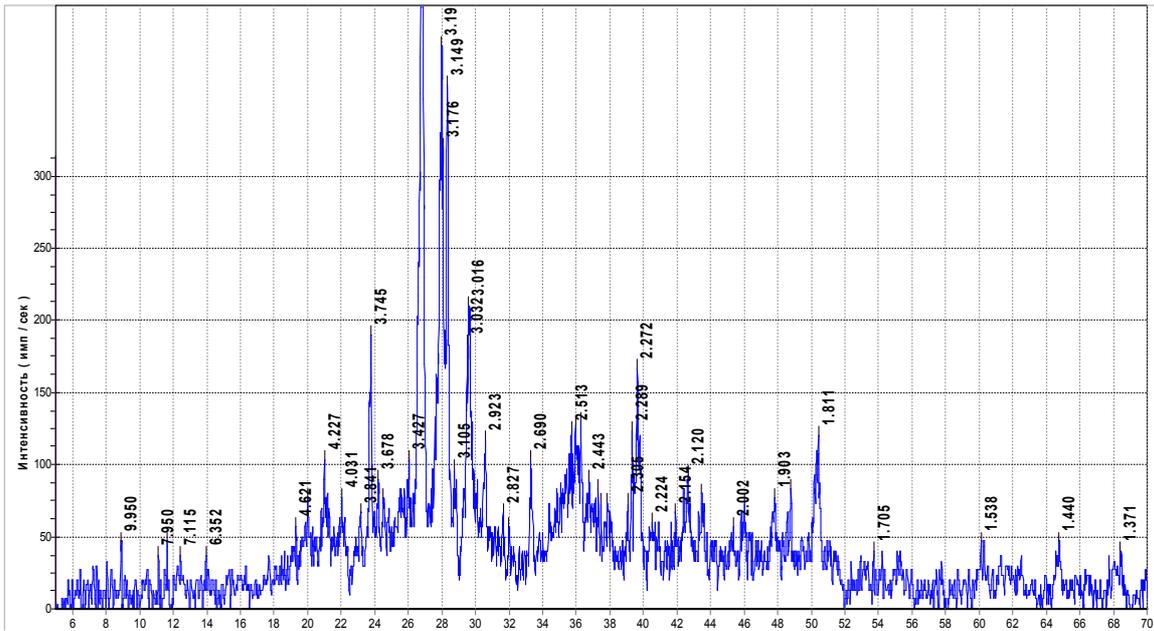


Рис. 1. РФА йеменской глины N

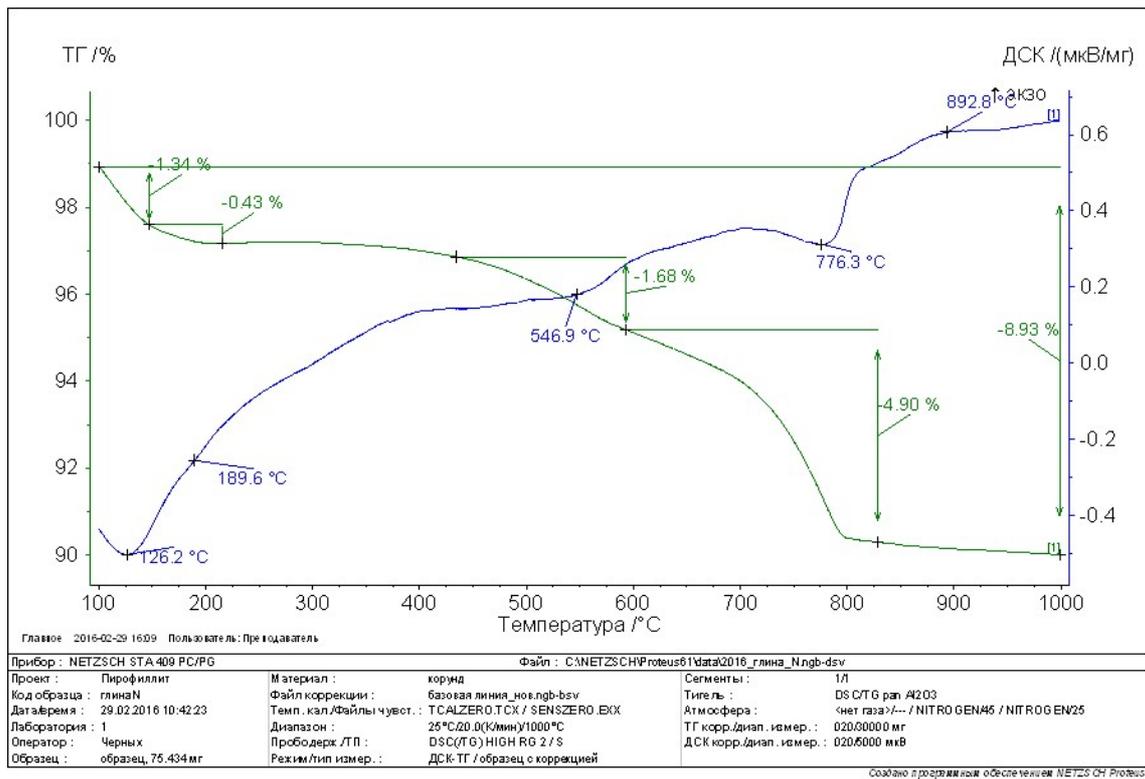


Рис. 2. ДТА глины N

$(Al_2O_3) \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$  – каолинит = 11,9 %.  
 Суммарная глина  $\Sigma$  = 71,5 %, остальное – кварц (песок = 28,5 %).  
 Число пластичности глины: 9,2 %.  
 Глина S:  
 $(Al,Mg)_2(OH)_2 [Si_4O_{10}] H_2O$  – монтмориллонит = 48,3 %.  
 $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$  – каолинит = 16,5 %.

Суммарная глина  $\Sigma$  = 64,8 %, остальное – кварц (песок) = 35,2 %.

Число пластичности: 6,5 %.

На основании полученных результатов по составу и свойствам глин для испытаний в самане была принята глина N.

Саман изготавливали из массы со следующим соотношением компонентов: (1 : 0,26 : 0,19 : 0,59) глина, песок, соломка и вода, которые традицион-

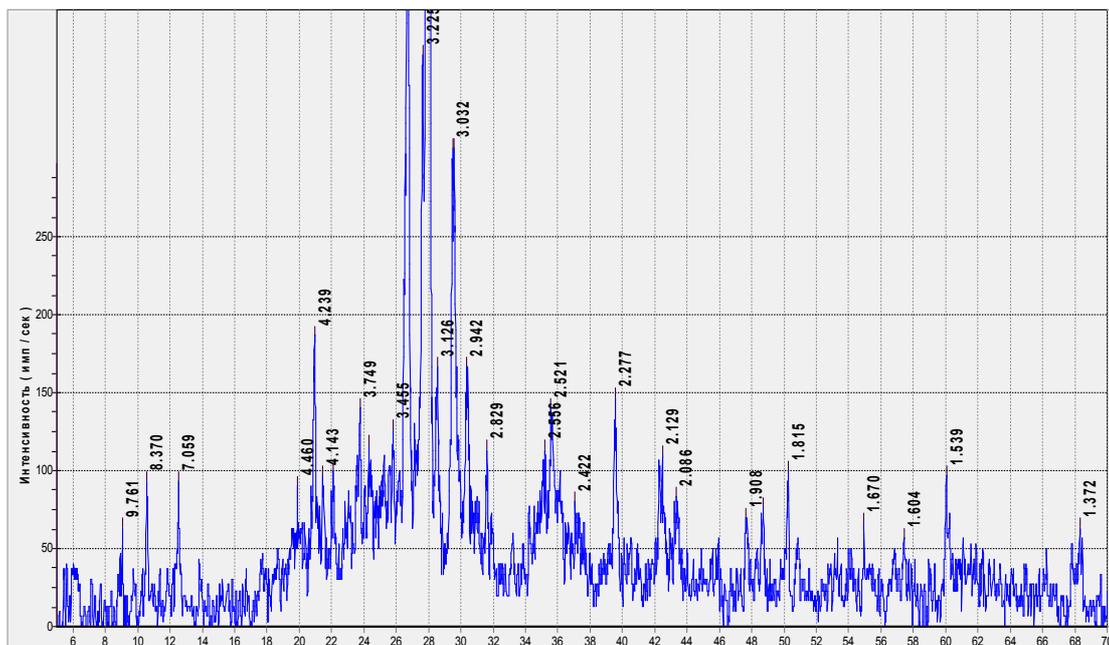


Рис. 3. РФА глины S

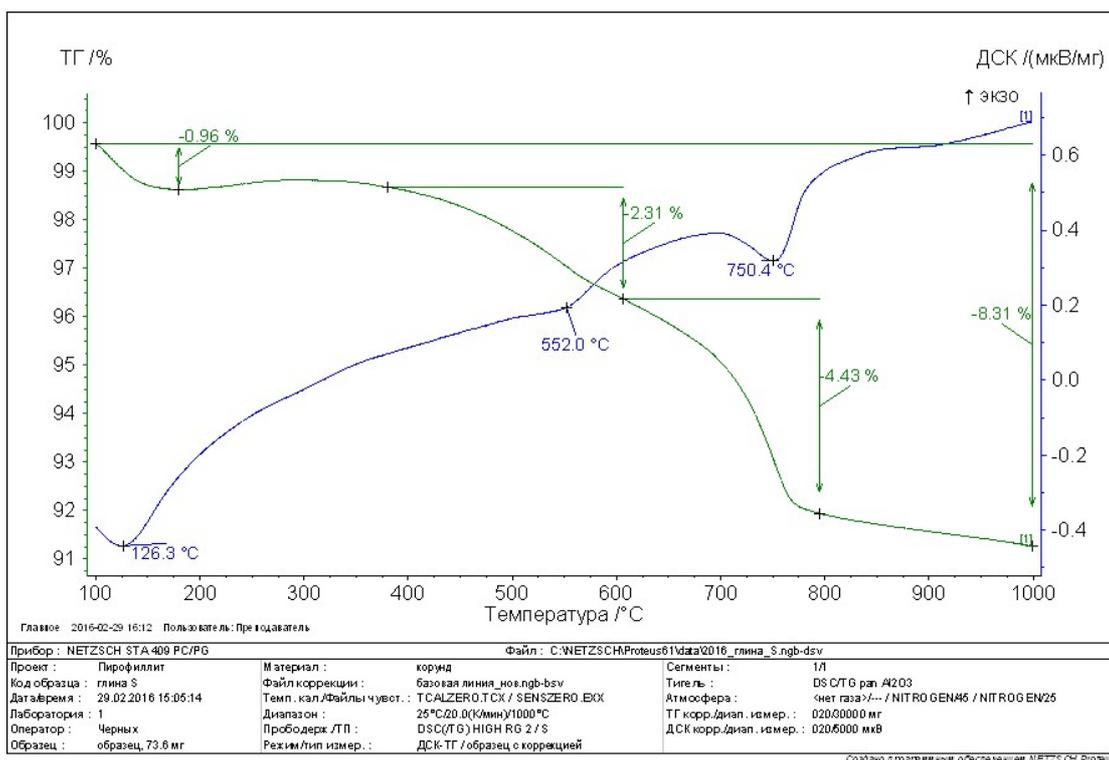


Рис. 4. ДТА глины S

но используются в Йемене для изготовления саманных кирпичей.

Были изготовлены 21 образец размерами 15×10×7,0 см в деревянных формах.

Изготовление самана проводили в естественных условиях.

Образцы сушили на открытом воздухе при температуре 42–45 °С первые 3 суток в тени и да-

лее на солнце. Испытания проводили каждые три дня, отбирая по три образца и определяя влияние времени сушки на физико-механические свойства самана.

При испытании образцов самана определили их массу, плотность, влажность, усадку и прочность при сжатии R (см. таблицу).

В результате исследования сделаны следующие выводы:

1) для йеменской глины установлена математическая зависимость прочности образцов самана от времени высыхания;

2) уменьшение влажности в процессе сушки должно быть плавным, для предотвращения растрескивания самана из-за неравномерной усадки [4, 5].

Выявлена взаимосвязь между свойствами самана (рис. 5–7).

#### Средние результаты испытаний

Отклики						
№ образца	Кол-во дней	Масса $M_{ср}$ , г	Плотность $\rho_{ср}$ , г/см <sup>3</sup>	Усадка $\ell_{ср}$ , %	Влажность $W_{ср}$ , %	Прочность $R_{сжт}$ , МПа
С 1.2.3	3	1284	1,223	0,50	10,7	0,8
С 4.5.6	6	1282	1,221	1,9	9,3	1,2
С 7.8.9	9	1303	1,241	2,6	8,01	1,8
С10.11.12	12	1285	1,224	3,5	6,39	2,2
С13.14.15	15	1308	1,246	4,3	4,26	2,9
С16.17.18	18	1278	1,217	5,2	2,28	3,1
С19.20.21	21	1305	1,243	5,4	1,29	4,2

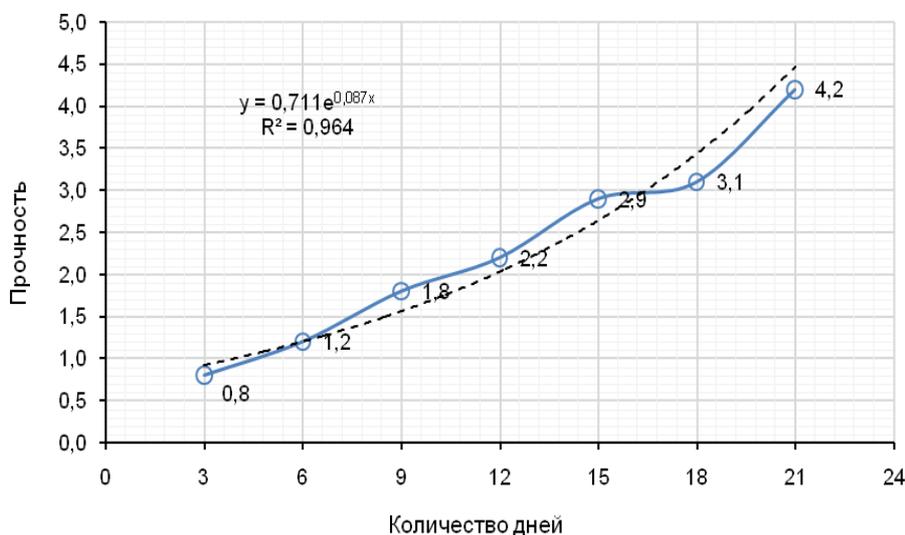


Рис. 5. Изменение прочности от времени сушки

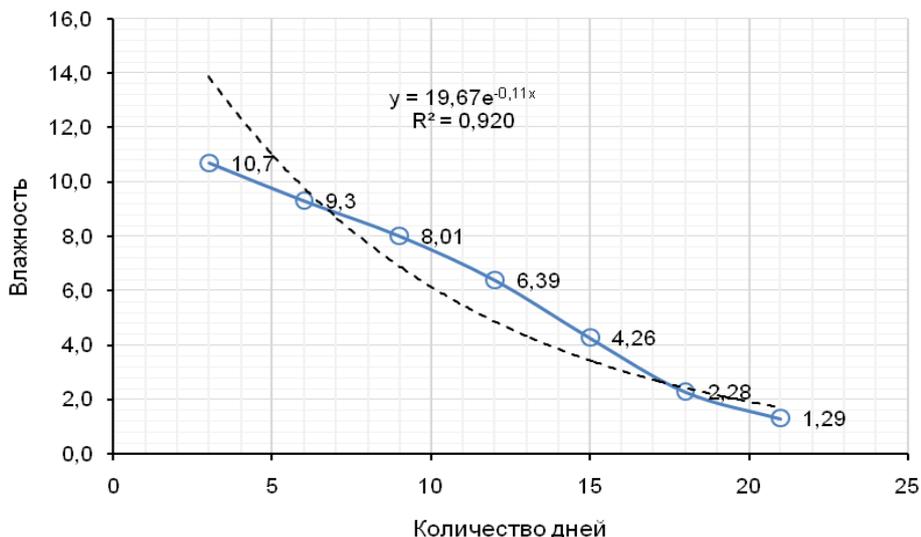


Рис. 6. Соотношение влажности и времени сушки

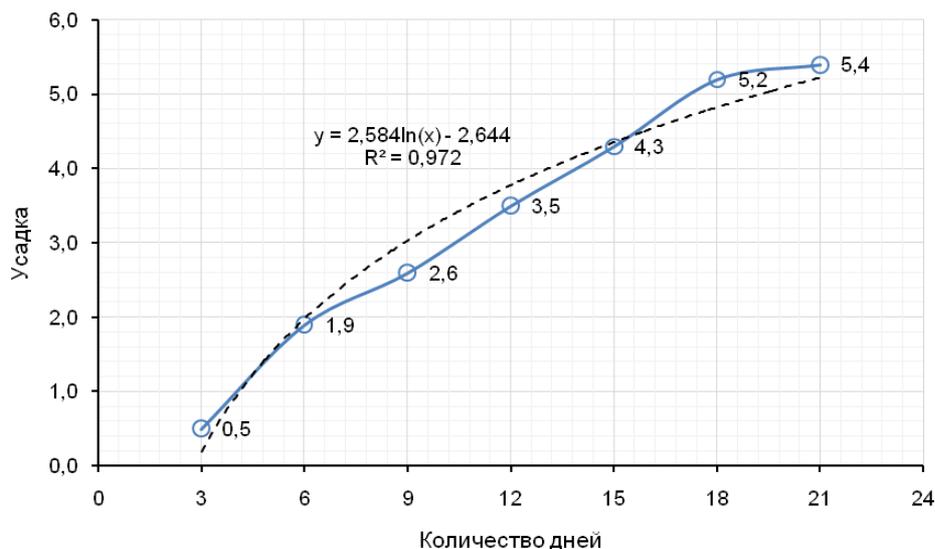


Рис. 7. Соотношение усушки и продолжительности сушки

### Заключение

1. Установлены математические зависимости свойств самана от его влажности для конкретной йеменской глины.

2. Получены образцы самана с характеристиками высокой плотности и сравнительно низкой прочности при сжатии.

Поэтому в дальнейших исследованиях необходимо уменьшить теплопроводность, усушку и поднять теплоизоляционные свойства, что позволит повысить прочность и долговечность саманных зданий.

### Литература/References

1. A.P. Olukoya Obafemi, Sevinc Kurt. Environmental Impacts of Adobe as a Building Materials: The North Cyprus Traditional Building Case. *Case Studies in Construction Materials*, 2016, no. 4, pp. 32–41.

2. Dora Silveira, Humberto Varum, Anibal Costa. Influence of the Testing Procedures in the Mechanical Characterization of Adobe Bricks, *Construction and Building Materials*, 2013, no. 40, pp. 719–728.

3. Milica Arsenovic, Zeljko Lalic, Zagorka Radojevic. Clay Brick Walls Thermal Properties, *International Journal of Modern Manufacturing Technologies*, 2010, vol. II, no. 1.

4. Bwayo E., Obwoya S.K. *Coefficient of Thermal Diffusivity of Insulation Brick Developed from Sawdust and Clays*, Department of Physics, Kyambogo University, Kyambogo, Kampala, Uganda, 2014.

5. Paulo B. Lourenço, Francisco M. Fernandes, Fernando Castro. Handmade Clay Bricks: Chemical, physical and mechanical properties. *International Journal of Architectural Heritage*. 2010. 4 (1), pp. 38–58.

**Трофимов Борис Яковлевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительные материалы и изделия», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск); tbya@mail.ru

**Аль-Хаддад Ахмед Осман Омар**, аспирант кафедры «Строительные материалы и изделия», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск); alhaddad220@yahoo.com

Поступила в редакцию 25 апреля 2017 г.

## STUDY OF THE YEMENI CLAY AND THE PRODUCTION OF ADOBE

*B.Ya. Trofimov, tbya@mail.ru*

*A.O. Al-Haddad, alhaddad220@yahoo.com*

*South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation*

At present the world produces a great number of modern construction materials, and the volume of production of cement, concrete and reinforced concrete is increasing every year. Nevertheless in many countries of the world and especially in arid regions unbaked clay with admixtures of clay and an organic component is widely used for the construction of residential houses as well as ten thousand years ago. Commitment to adobe is connected not only with the wide distribution of raw materials, cheapness and simplicity of technology but with more comfortable living conditions in such houses without any special air conditioning devices. It is due to the increased microporosity of the clay matrix which provides hygroscopy and vapor transmission of the walls regulating the microclimate of the room.

This article is devoted to the study of the physical and chemical properties of clay for the purpose of using them in adobe production. As a result a material with the following characteristics is obtained:  $R_c = 4.2$  MPa, with density ( $\rho$ ) of 1245 kg/m<sup>3</sup> and shrinkage of 5,4 mm/m. To get required adobe Yemeni clays with up to 70 % of clay minerals of montmorillonite and kaolinite as well as more than 30 % of sand were used. Changes in the properties of adobe are studied in the process of natural drying.

*Keywords: clay, adobe, durability drying, shrinkage.*

*Received 25 April 2017*

### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Трофимов, Б.Я. Исследование йеменских глин и производство самана / Б.Я. Трофимов, А.О. Аль-Хаддад // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2017. – Т. 17, № 3. – С. 76–81. DOI: 10.14529/build170312

### FOR CITATION

Trofimov B.Ya., Al-Haddad A.O. Study of the Yemeni Clay and the Production of Adobe. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2017, vol. 17, no. 3, pp. 76–81. (in Russ.). DOI: 10.14529/build170312