

## ПОЛУЧЕНИЕ ВСПУЧЕННОГО И ГИДРОФОБИЗИРОВАННОГО ВЕРМИКУЛИТА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

**Досанова Гулзар Мауленбергеновна**

*асс. каф. «Органическая и неорганическая химия», Каракалпакский государственный университет,  
Республика Каракалпакстан, г. Нукус  
E-mail: [gulzar.dosanova.79@mail.ru](mailto:gulzar.dosanova.79@mail.ru)*

**Талипов Нигматулла Хамидович**

*д-р техн. наук, зав. лаб. «Технология вяжущих материалов», ГУП «Фан ва тараккиет» ТашГТУ,  
Узбекистан, г. Ташкент  
E-mail: [nitol52@mail.ru](mailto:nitol52@mail.ru)*

**Левицкий Иван Адамович**

*д-р техн. наук, профессор, УО «Белорусский государственный технологический университет»,  
Республика Беларусь, г. Минск  
E-mail: [levitskii@belstu.by](mailto:levitskii@belstu.by)*

## PRODUCTION OF EXPANDED AND HYDROPHOBIZED VERMICULITE FOR THE PRODUCTION OF THERMAL INSULATION BUILDING MIXES

**Gulzar M. Dosanova**

*Ass. Department of Organic and Inorganic Chemistry, Karakalpak State University,  
Republic of Karakalpakstan, Nukus*

**Nigmatula Kh. Talipov**

*Doctor of Technical Sciences, head of laboratory «Technology of binders» SUE «Science and Development»  
Tashkent State Technical University,  
Uzbekistan, Tashkent*

**Ivan Ad. Levitsky**

*Doctor of Technical Sciences, Belarusian State Technological University,  
Republic of Belarus, Minsk*

### АННОТАЦИЯ

В работе приведены результаты исследования вермикулитового концентрата и вспученного вермикулита. Применение электронного микроскопа и рентгенофазового анализа позволило определить кристаллические фазы вспученного вермикулита, полученного из вермикулитового концентрата Тебинбулакского месторождения Республики Каракалпакстан.

Применение органоминерального модификатора способствует получению гидрофобизированного вспученного вермикулита для производства теплоизоляционной гипсовермикулитовой смеси. Показано, что коэффициент теплопроводности разработанных композиционных штукатурных составов средней плотности 400 – 600 кг/м<sup>3</sup> составляет 0,16 – 0,17 Вт/(м • К).

### ABSTRACT

The paper presents the results of a study of vermiculite concentrate and expanded vermiculite. The use of an electron microscope and X-ray phase analysis made it possible to determine the crystalline phases of expanded vermiculite obtained from the vermiculite concentrate of the Tebinbulak deposit of the Republic of Karakalpakstan.

The use of an organomineral modifier promotes the production of hydrophobized expanded vermiculite for the production of heat-insulating gypsum-vermiculite mixture. It is shown that the thermal conductivity coefficient of the developed composite stucco compositions of average density 400 - 600 kg / m<sup>3</sup> is 0.16 - 0.17 W / (m • K).

**Ключевые слова:** вермикулитовый концентрат, пористые заполнители, вспученный вермикулит, органоминеральный гидрофобизатор, теплоизоляционные смеси, физико-химические анализы, водопоглощение, физико-механические характеристики, гипсовермикулитовые растворы, коэффициент теплопроводности.

**Keywords:** vermiculite concentrate, porous aggregates, expanded vermiculite, organomineral water repellent, heat-insulating mixtures, physicochemical analyzes, water absorption, physicomechanical characteristics, gypsum-vermiculite solutions, thermal conductivity coefficient.

**Введение.** Развитие современного промышленного строительства связано с применением неорганических пористых заполнителей в производстве теплоизоляционных материалов. При этом наибольший интерес представляют теплоизоляционные материалы на минеральной основе, не подверженные гниению, достаточно огнестойкие и более долговечные, чем материалы из растительного волокна.

В настоящее время номенклатура выпускаемых теплоизоляционных материалов насчитывает более 25 наименований, из них решающее значение имеют изделия и материалы на основе минерального сырья – горных пород, шлаков, стекла и асбеста.

Известно, что все теплоизоляционные материалы обладают высокой пористостью, имеют небольшой объемный вес (не более  $1000 \text{ кг/м}^3$ ) и низкий коэффициент теплопроводности (менее  $0,20 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ). В строительстве одной из самых актуальных проблем является утепление зданий. Одним из вариантов успешного решения этой проблемы является использование вспученных неорганических пористых заполнителей [4, 5].

Вермикулит – природный материал из группы гидрослюд. В исходном состоянии вермикулит содержит 8 – 20 % кристаллизационной воды, которая удаляется при нагреве до температуры 500 – 900 °С. В результате частицы минерала расширяются в направлении, перпендикулярном слюдыстым слоям. Плотность вермикулита во вспученном состоянии зависит от качества сырья, его фракционного состава и способа нагрева.

Известно, что теплопроводность вспученного вермикулита в зависимости от марки колеблется от 0,064 до 0,075 Вт/(м · К) (при температуре 298 К), влажность не более 3% по массе [4, 5].

**Объект и методы исследований.** Для получения вспученного вермикулита в работе исследовались пробы вермикулитового концентрата Тебинбулакского месторождения республики Каракалпакстан.

Химический состав вермикулитового концентрата усредненной пробы выполнен на волнодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре типа XRF-1800 фирмы Shimadzu (Япония).

Микроскопическое исследование проводилось с помощью микроскопа МБС-10 (Россия) при кратности увеличения 32.

Исследование фазовых переходов в исследуемом вермикулите проводилось методом дифференциальной сканирующей калориметрии со скоростью 10 °С/мин на приборе DSC 404 F3 Pegasus NETZSCH (Германия) в интервале температур 20–1200 °С в инертной среде с погрешностью измерения  $\pm 0,1$  °С.

Термогравиметрический анализ проведен с помощью термоаналитической системы TGA/DSC-1/1600 HF фирмы METTLER TOLEDO Instruments (Швейцария) при скорости подъема температуры 10 °С в мин и погрешности  $\pm (1-2)$  %.

Рентгенофазовый анализ тонкоизмельченной пробы вермикулита проводился на рентгеновском дифрактометре типа ДРОН-3. Излучение –  $\text{CuK}_\alpha$ , детектор – сцинтиляционный счетчик. Запись проводилась в диапазоне углов  $2\Theta$ –5–70 °С с шагом  $0,1^\circ$ . Идентификация кристаллических фаз проводилась с применением международной картотеки Joint Comiteon Powder Diffraction Standart, 2003.

При разработке композиционных теплоизоляционных штукатурных составов в качестве пористого наполнителя использован вспученный вермикулит, полученный обжигом вермикулитового концентрата Тебинбулакского месторождения Республики Каракалпакстан, размером от 0,1 до 3,0 мм. Для получения гидрофобного пористого вермикулита был использован органоминеральный модификатор полученный методом механоактивации смеси стеарат кальция и тонкомолотого талькомагнезита. По результатам водопоглощения гидрофобного вспученного вермикулита определяли степень гидрофобности. В качестве вяжущего был использован гипсовый вяжущий марки Г-6.

Композиционные строительные смеси на основе гидрофобизированного вспученного вермикулита получены методом гомогенизации исходных материалов в лабораторном миксере в течение 20 минут [2, 3, 8].

Для улучшения строительно-технических свойств теплоизоляционных композиционных штукатурных смесей использованы химические добавки (водоудерживающие добавки – эфиры целлюлозы, водорастворимые полимерные порошки, суперпластификатор ЖК-02 и замедлители процесса кристаллизации полугидрата сульфата кальция).

Теплопроводность композиционных строительных смесей определяли по ГОСТ 7076-99 «Материалы и изделия строительные». Физико-механические и строительно-технические свойства гипсовермикулитовых теплоизоляционных растворов определяли в соответствии ГОСТ 31376-2008 «Смеси сухие строительные на гипсовом вяжущем».

**Результаты и их обсуждение.** Проведенное исследование по определению химического состава на электронном микроскопе JEOL JSM-5610 LV (Япония) показало, что вспученный вермикулит имеет следующий химический состав, мас. %:  $\text{Na}_2\text{O}$  - 0,55;  $\text{MgO}$  - 15,61;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 17,48;  $\text{SiO}_2$  - 44,2;  $\text{K}_2\text{O}$  - 4,9;  $\text{CaO}$  - 0,52;  $\text{TiO}_2$  - 2,40;  $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$  - 14,34.

По визуальному осмотру исследованное минеральное сырье однородное, цвет – темно-серый. Представлено пластинчатыми агрегатами со стеклянным блеском, на плоскостях спайности – с перламутровым. Спайность совершенная в одном направлении. Листочки упругие, не ломкие, иногда собранные в многослойные пакеты.

По результатам микроскопического исследования проб вермикулитового концентрата, установлено преобладание пластинчатых агрегатов (рисунок 1).

Обнаружено наличие примесного кальцита с четко ограниченными кристаллами, образующими зернистые агрегаты, размером 1–3 мм (рисунок 2). При

воздействии на кальцит 10 % HCl наблюдается бурное вскипание.

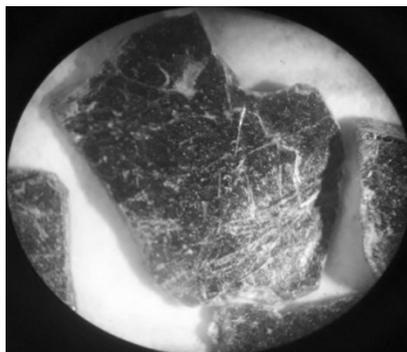


Рисунок 1. Вермикулит

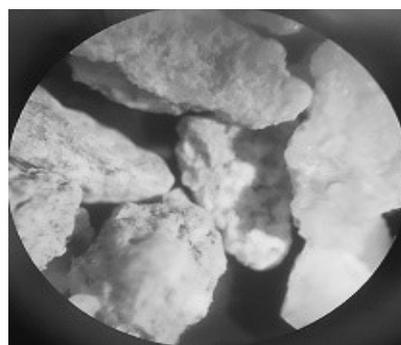
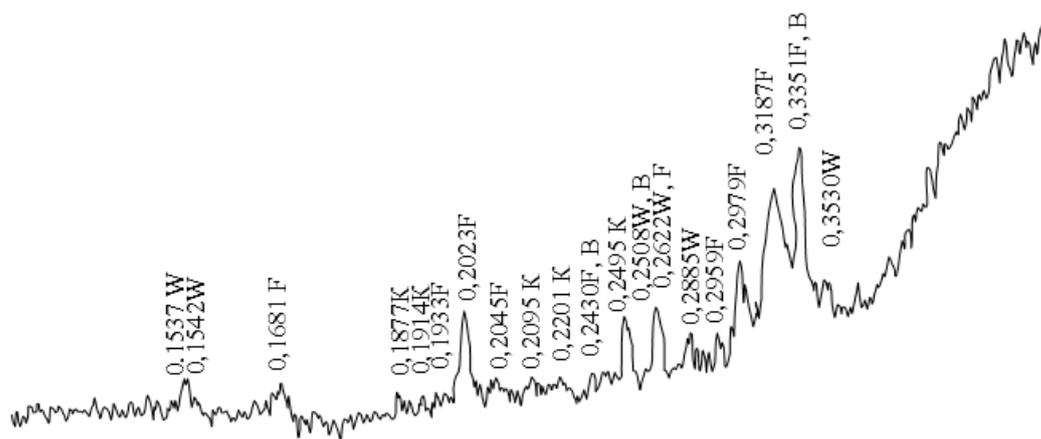


Рисунок 2. Кальцит

Рентгенограмма тонкоизмельченного вермикулитового концентрата представлена на рисунке 3.



W – вермикулит, Э – энстатит, F – флагопит, В – биотит

Рисунок 3. Дифрактограмма измельченного вермикулитового концентрата Тебинбулакского месторождения республики Каракалпакстан

Установлено, что основными кристаллическими фазами, присутствующими в вермикулитовом концентрате, является вермикулит. Имеются примеси кальцита, флагопита и в минимальном количестве биотита. Дифракционные максимумы, характерные для минералов, не в полной мере отвечают таковым по интенсивности справочным данным, что свидетельствует о несовершенстве структуры присутствующих в вермикулитовом концентрате минералов [1].

Установлено, что потери массы образцов тонкоизмельченного вермикулита составляют 2,56 % при 96,6 °С, далее при 293,7 °С они составляют 0,23%, при 634,5 °С – 1,32 %. Эндозэффект при 836,1 °С сопровождается потерей массы образца 1,39 %. Максимальная потеря массы происходит при 971,4 °С и составляет 1,66 %. Общая потеря массы образца составляет 7,19 %.

Проведенные исследования показали, что исследуемый вермикулитовый концентрат характеризу-

ется наличием значительных количеств слабо связанной воды, что обуславливает высокую способность сырья к вспучиванию.

Благодаря легкости и высокой температуростойкости (до 1100 °С) вспученный вермикулит полученным методом термической обработки вермикулитового концентрата применяют в качестве засыпной изоляции, для изготовления теплоизоляционных изделий, а также в качестве заполнителя в акустических штукатурках и легких бетонах. Кроме того, его используют для изоляции оборудования с температурой поверхности от –26 до +900 °С [1].

**Полученные результаты.** При разработке составов композиционных теплоизоляционных штукатурочных смесей, вспученный вермикулит получен в лабораторных условиях обжигом вермикулитового концентрата Тебинбулакского месторождения Республики Каракалпакстан.

Проведенные исследования показали, что применение органоминерального модификатора для гидрофобизации вспученного вермикулита способствует

снижению количества воды при получении формовочного раствора. В результате улучшаются прочностные показатели и адгезионные свойства [6, 7].

При разработке составов композиционных легких штукатурных смесей в качестве водоудерживающей добавки использовали известь пушонка с тонкостью помола 3500 – 4000 см<sup>2</sup>/г а в качестве мелкого наполнителя микрокальцит [6, 7].

Строительно-технические характеристики и физико-механические свойства легких теплоизоляционных растворов, полученные на основе гидрофобизированного вспученного вермикулита определяли в соответствии ГОСТ 31376-2008 «Смеси сухие строительные на гипсовом вяжущем».

Результаты исследований показали, что при введении в состав сухих теплоизоляционных смесей водорастворимых модифицированных эфиров целлюлозы в количестве 0,30-0,50 % от веса вяжущего, наблюдается увеличение водоудерживающей способности. При этом, чем выше дисперсность наполнителя, тем больше адсорбционной воды удерживается на поверхности частиц.

Установлено, что введение в состав теплоизоляционных строительных смесей 0,4% эфира целлюлозы и до 5,0 % гашеной извести, водоудерживающая способность достигает 94,5-96,7 %. Водоудерживающая способность растворов не содержащих модифицированных эфиров целлюлозы и гашеной извести составляет 75-85%.

Изучены возможности регулирования сроков (начала и конца) схватывания приготовленных гипсовермикулитовых штукатурных растворов и обрабатываемости нанесенных растворов при подвижности растворной смеси Пк 8-10 см.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что удобоукладываемость зависит от пластичности (подвижности или консистенции), водоудерживающей способности, расслаиваемости растворной смеси и от ее способности сохранять эти свойства во времени. Как правило, если композиционный штукатурный раствор имеет высокую водоудерживающую способность, то он будет иметь и хорошую удобоукладываемость [2, 3, 8].

Результаты исследования показали, что повышение количества гидрофобизатора приводит к снижению водопоглощения вспученного вермикулита. Так же установлено, что процесс гидрофобизации вспученного наполнителя зависит от состава и количества органоминерального модификатора, времени модификации исходных материалов.

В процессе проведения экспериментальных исследований установлено, что коэффициент теплопроводности ( $\lambda_0$ ) разработанных легких штукатурных составов средней плотности 400–600 кг/м<sup>3</sup> при содержании вспученного и гидрофобизированного вермикулита 25 - 37,5 % равняется 0,16–0,20 Вт/м °С.

Установлено, что легкие строительные растворы с вермикулитовым наполнителем отличаются более высокими значениями, чем при использовании других легких наполнителей (песок перлитовый вспученный, пенополистирол, керамзит и т.д.). Это связано со слоистой структурой и более высокой

упругостью частиц вспученного вермикулита, состоящих из множества гибких слоистых слоев. Способность вспученного вермикулита упругопластически деформироваться даже при незначительных нагрузках, обеспечивает релаксацию напряжений на границе между легким штукатурным раствором и отделываемой поверхностью в отличие от традиционных типов строительных растворов. Благодаря своей слоистой структуре вспученный вермикулит обладает сильным теплоизолирующим эффектом. Количеством характерной теплопроводности является коэффициент теплопроводности [3, 8].

Необходимо отметить особое влияние на коэффициент теплопроводности плотности и влажности затвердевшей растворной смеси. В процессе проведения испытаний установлено, что коэффициент теплопроводности разработанных легких гипсовермикулитовых штукатурных составов зависит от количества и от фракционного наполнителя.

Проведенные исследования по изучению физико-технических и строительно-технических характеристик разработанных композиционных теплоизоляционных составов показали, что по сравнению с обычными (песчаными) строительными растворами гипсовермикулитовые растворы вследствие высокой пористости имеют в 2 – 4 раза меньший объемный вес и в 4 – 6 раз меньший коэффициент теплопроводности и относятся к группе легких растворов. Установлено, что слой из гипсовермикулитовой штукатурки толщиной 2,5 см может заменить слой из цементно-песчаного раствора в 10 – 15 см по теплопроводности. При толщине гипсовермикулитового штукатурного слоя до 3см, толщина кирпичной стены может быть уменьшена на 25%.

Установлено, что применение в составе отделочных смесей тонкодисперсных минеральных наполнителей обеспечивает создание необходимых условий для получения высокотехнологичных и удобоукладываемых растворных смесей [1, 4, 5].

Результаты исследований строительно-технических свойств показали, что теплоизоляционные строительные растворные смеси на мелком (0,6-3,0 мм) и пылевидном (до 0,6 мм) гидрофобизированного вермикулите обладают высокой пластичностью, удобоукладываемостью и затираемостью, гипсовермикулитовые теплоизоляционные штукатурные смеси при высыхании не растрескиваются и не усаживаются.

Изучение теплофизических и строительно-технических свойств вермикулитовых штукатурных растворов показали, что композиционные строительные смеси на основе гипсового вяжущего применяются для внутренней отделки строительных конструкций и могут выполнять не только теплозащитные и звукопоглощающие функции, но и декоративные.

**Заключение.** На основании физико-химических анализов выявлено, что основными кристаллическими фазами, присутствующими в концентрате, являются вермикулит, примеси кальцита, флагопита и в минимальном количестве биотита.

Результаты исследований показали, что обработка вспученного вермикулита органоминеральным

модификатором способствует снижению водопотребности растворов теплоизоляционных смесей, что позволяет улучшить их строительно-технические характеристики. Уменьшение водопотребности приводит к ускорению технологических процессов штукатурочных работ. При этом улучшаются адгезионные и теплозащитные характеристики раствора.

В процессе проведения экспериментальных исследований установлено, что коэффициент теплопроводности ( $\lambda_0$ ) разработанных легких композиционных штукатурных составов зависит от фракционного состава средней плотности смеси.

На основании проведенных исследований установлено, малая теплопроводность обусловлена наличием в структуре затвердевшего материала большого числа пор, заполненных воздухом – плохим проводником теплоты.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о перспективности и эффективности применения вспученного и гидрофобизированного вермикулита, полученного из вермикулитового концентрата Тебинбулакского месторождения Республики Каракалпакстан, в производстве композиционных гипсовермикулитовых теплоизоляционных штукатурных сухих смесей.

#### Список литературы:

1. Абдигалбаров А., Бердимбетова Г. Характеристики вермикулита Тебинбулакского месторождения РК. Вестник КО АН РУз, 2005. № 3. 21 с.
2. Беседин И. А. Новые теплоизоляционные материалы. Теплоизоляционная штукатурка «УМКА.РУ» // Строительные материалы, оборудования, технологии XXI века, 2011. № 7. 16–17 с.
3. Досанова Г.М., Талипов Н.Х. Теплоизоляционные отделочные материалы на основе вспученного вермикулита. Ж. Композиционные материалы, 2016. № 2. 89–90 с.
4. Зиёев Г.М., Зайтдинов М.Р., Курбанбаев Ш.Э. Получение новых нано структурированных материалов на основе вермикулита // Материалы Республиканской научно-производственной конференции. Карши, 2012. 26–28 с.
5. Крашенников О.Н., Бастрыгина С.В., Журбенко А.Д. Способ получения вермикулита с пониженной температурой вспучивания. Вестник МГТУ, 2006. Т9. № 2. 344–346 с.
6. Мешков П. И., Мокин В. А. Способы оптимизации составов сухих строительных смесей. // Строительные материалы, 2000. № 5. 12–14 с.
7. Talipow N.H., Dosanowa G.M., Tuljaganow A.A., Reimow A.M. Die Anwendung des porösen Füllstoffs bei der Produktion von Wärmedämmstoffen // Internationale Baustofftagung: Tagungsband. – Weimar, 2018. 2-1153–2-1156 с.
8. Талипов Н. Х., Бакиров А. Б., Маткаримов С. Т., Туляганов О. А. Теплоизоляционные композиционные материалы на основе золошлаковых отходов. // Композиционные материалы, 2013. №1.84–85 с.