

УДК 691

Теоретические аспекты процесса вспучивания вермикулита Татарского месторождения

**Н.Г. Васильовская, И.Г. Енджиевская,
О.В. Слакова, Г.П. Баранова***
*Сибирский федеральный университет,
Россия 660041, Красноярск, пр. Свободный, 79¹*

Received 13.08.2012, received in revised form 20.08.2012, accepted 27.08.2012

Приводятся исследования состава и структуры вермикулита Татарского месторождения с целью получения строительных материалов на его основе. Представлены результаты изучения химического и минералогического состава, данные комплексного термического анализа, которые позволяют судить о физико-химических изменениях, происходящих в концентрате вермикулита при нагревании и связанных с различными состояниями воды, характеризующими процесс его вспучивания.

Выявлены оптимальные температуры вспучивания КВТ. Предполагается, что в строении элементарной ячейки вермикулита Татарского месторождения имеет место переслаивание пакета вермикулитовых слоев с пакетом слюдяных слоев.

Ключевые слова: вспученный вермикулит Татарского месторождения (ВВТ), концентрат вермикулита Татарского месторождения (КВТ), пакет вермикулитовых слоев, пакет слюдяных слоев, химический состав концентрата.

Быстрый рост и развитие строительной индустрии в России вызывает растущий спрос на строительные материалы, в том числе и на теплоизоляционные, без которых не обходится ни одно современное строительное производство. Помимо хорошей теплоизоляционной способности они должны обладать еще рядом важнейших качеств, таких как экологичность, огнестойкость, звукоотражение и звукопоглощение, простота обработки и др. Применяя вспученный вермикулит, можно добиться решения большинства указанных проблем.

В 2004 г. в группе подготавливаемых к освоению месторождений вермикулита было учтено Татарское месторождение в Красноярском крае, на долю которого приходится 3-4 % запасов вермикулита в России. Его активная промышленная разработка осуществляется с 2009 г. В Березовском районе (пгт. Березовка, г. Красноярск), то есть в непосредственной близости от краевого центра, организовано производство вспученного вермикулита Татарского месторождения с производительностью более 16 000 м³ ВВТ/год.

* Corresponding author E-mail address: putinap@mail.ru

¹ © Siberian Federal University. All rights reserved

В минералогии вермикулитом считают слюду с крайней степенью гидратации, в кристаллической решетке которой щелочи замещаются водой, являясь продуктом низкотемпературных гидротермальных процессов и последующего выветривания магнезиально-железистых слюд ряда биотит-флагопит. Существует непрерывный изоморфный ряд биотит-флагопит; условная граница отвечает отношению $\text{Mg}:\text{Fe} \square 2:1$. Биотит – $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}] [\text{OH}, \text{F}]_2$ или $\text{K}_2\text{O} \cdot 6(\text{Mg}, \text{Fe}) \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Схематическое строение биотита показано на рис. 1.

Процесс гидратации первичных слюд при переходе в вермикулит заключается в замене ионов калия молекулами воды, в слой которых втягиваются обменные ионы двухвалентных металлов (чаще всего Mg^{2+}) [1]. Между пакетами образуется гидратный слой, состоящий из гидратированных ионов металлов и молекул воды в свободном состоянии (рис. 2).

Уокером получены доказательства того, что вещество в межслоевом пространстве вермикулита имеет упорядоченное строение [2]. Молекулы воды и катионы в межслоевом пространстве занимают определенное положение. Вермикулитизация в большинстве случаев не

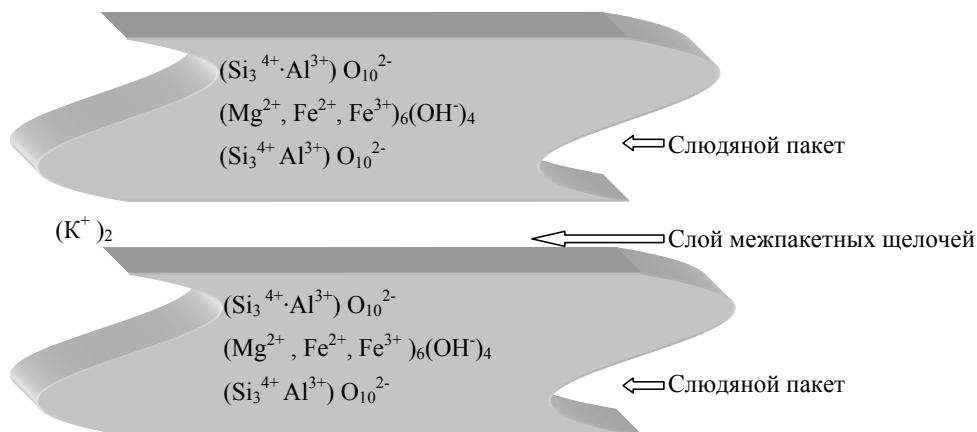


Рис. 1. Схематическое изображение элементарной ячейки биотита

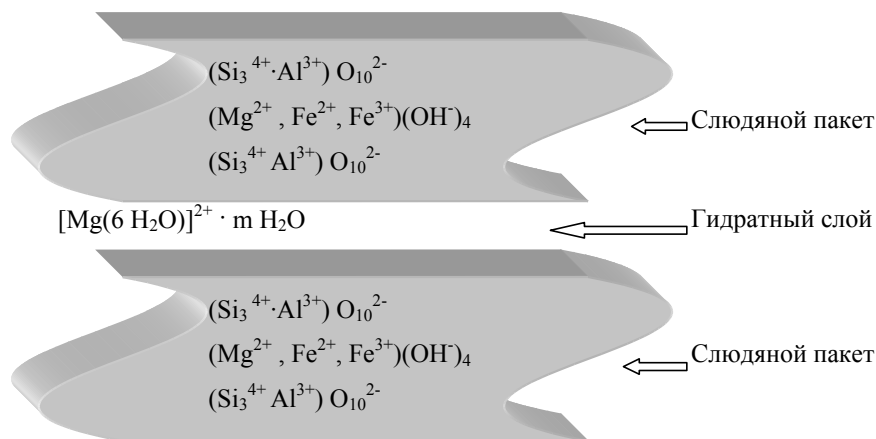


Рис. 2. Схематическое изображение элементарной ячейки вермикулита

доходит до конца, и образуются гидрослюды либо определенный тип расположения слоев вермикулита и гидратированных слюд.

Конституционной, цеолитной и кристаллизационной воды в вермикулитах содержится 8-20 %. В слюдах содержание воды не более 2 % [3].

Физико-химические исследования показали, что вермикулит Татарского месторождения относится к биотитовому ряду с достаточно высокой степенью вермикулитизации биотита. Химический состав концентрата вермикулита Татарского месторождения выражается содержанием и соотношением различных оксидов, важнейшими из которых являются: SiO_2 -40,29-40,42; Al_2O_3 -10,48-10,92; $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ -11,0-14,47; MgO -17,94-22,28; K_2O -3,99-4,08; CaO -1,29-1,35; Na_2O -0,60-1,0; F – 0,91; P_2O_5 -0,633; MnO – 0,467; TiO_2 – 0,466.

Концентрат Татарского месторождения отличается красно-коричневым оттенком, вызванным присутствием Ti, имеет коэффициент вспучивания 5-9 в зависимости от крупности. Основная фракция КВТ-1. Размер чешуек около 1-3 мм.

Данные комплексного термического анализа вермикулитов позволяют судить о физико-химических изменениях, происходящих в этих породах при нагревании и связанных с различными состояниями воды, характеризующих процесс вспучивания вермикулитов.

Проводился комплексный термический анализ вермикулита Татарского месторождения. Во избежание ошибки исследования проводились неоднократно. На кривых ДСК концентрата Татарского месторождения наблюдается интенсивный эндотермический эффект при 80-100 °С, связанный с потерей адсорбционной воды (рис. 3). Два неглубоких эндозффекта при 200 °С и 255 °С очевидно обусловлены выделением воды, связанной с обменными ионами (межпакетной), которая содержится между чешуйками слюды и прочно адсорбирована на плоскостях их спайности. При этом наблюдается потеря в массе образцов.

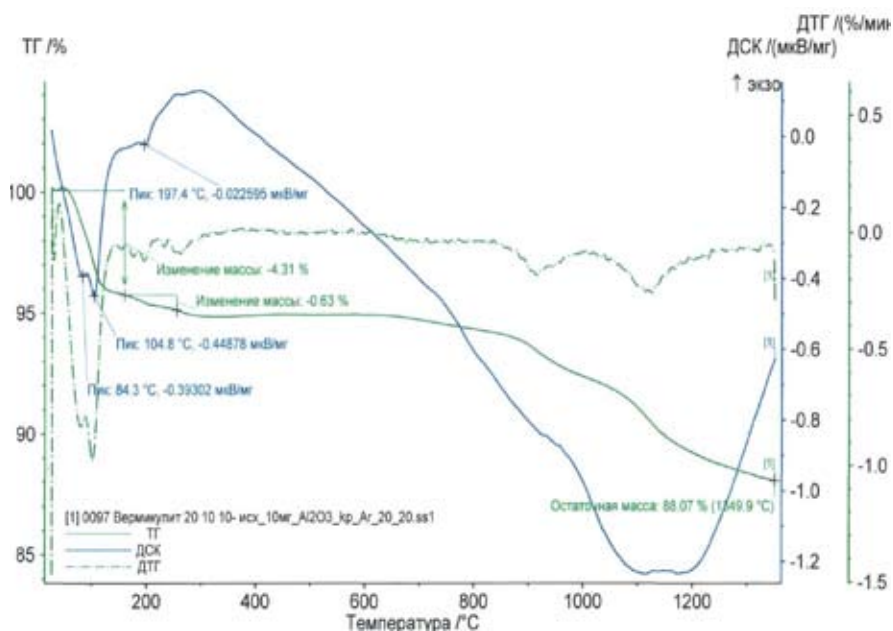


Рис. 3. Зависимости ДТГ вермикулита Татарского месторождения

В вермикулите Татарского месторождения содержание адсорбционной воды – 4,31 %, а межпакетной – до 1 %.

Эндоэффект, связанный с выделением цеолитной воды, на приведенных кривых отсутствует. Цеолитная вода с эндоэффектом в интервале 400-700 °С находится в виде твердого раствора, причем вода является растворимым веществом, а кристаллы минерала, наоборот, растворителем.

На кривой ДТГ виден эффект в пределах 800-900 °С, обусловленный потерей кристаллизационной воды, входящей в точных стехиометрических количествах в молекулярную структуру минерала, на кривой ДСК он слабо выражен. Эффекты при 710-780 °С и 810-840 °С присущи всем слюдястым материалам, включая вермикулит, и связаны с удалением гидроксильных групп.

Между степенью гидратации и коэффициентом вспучивания вермикулита Татарского месторождения прямой зависимости не наблюдается, так как значительную роль играет тип расположения слоев вермикулита и гидратированных слюд. Очевидно, что имеет место переслаивание пакета вермикулитовых слоев с пакетом слюдяных слоев, что подтверждается достаточно высоким содержанием калия в химическом составе вермикулита Татарского месторождения и нескачкообразной потерей массы, связанной с удалением межпакетной воды. Поэтому КВТ вспучивается в виде веерообразно раздвинутых пластинок. Максимальные температуры вспучивания этого типа расположения слоев – около 800 °С.

Для оценки вещественного состава вермикулита Татарского месторождения была подготовлена усредненная проба концентрата КВТ-1 в количестве 2,5 кг, которая исследовалась в лаборатории Геологического управления Красноярского края. Результаты гранулометрического и количественного минералогического анализа представлены в табл. 1 и 2.

Таким образом, концентрат вермикулита Татарского месторождения большей частью образуется крупнопластинчатыми, листоватыми, тонкочешуйчатыми зернами вермикулита, а также не обладающими слоистой кристаллической решеткой зернами магнетита и амфиболов, представленных в основном актинолитом, арфведсонитом, рибекитом.

Щелочные амфиболы – группа пороодообразующих минералов подкласса цепочечных (ленточных) силикатов с общей формулой $(A,B)_{7-8}[Z_4O_{11}]_2(OH,F)_2$, где А-К, Na, Ca; В-Al, Fe³⁺, Fe²⁺, Mg и др.; Z-Si, Al. Основа структуры – так называемая амфиболовая лента $[Si_4O_{11}]$. В дан-

Таблица 1. Гранулометрический состав пробы вермикулита: общий вес пробы 2,5 кг, навеска для анализа 500 г

Размер частиц	Вес фракции, г	Выход фракции, %
>1,0	4	0,8
-1,0+0,5	152,25	30,4
-0,5+0,25	316,75	63,35
-0,25+0,1	23,4	4,68
<0,1	3,6	0,77
Общий вес	500	100

Таблица 2. Количественный минералогический анализ пробы

Класс крупности (мм)	Фракция (г/см ³)	Масса фракции тф, г	Минерал	Плотность минерала, d, г/см	Количество зерен в подсчете, n	d*n	Содержание минерала во фракции, Сф, масс %
1	2	3	4	5	6	7	8
<0,1	<2,9	3,6	Вермикулит	2,3	513	1179,9	80
			Кварц	2,6	4	10,4	0
			Магнетит	5	7	35	2
			Лимонит	3,6	18	64,8	4
			Апатит	3,1	7	21,7	1
			Щел. амфибол	3,4	48	163,2	11
			Актинолит	3,2	4	12,8	1
			Альмандин	4,3	едз*		0
			Рутил		едз*		0
			Циркон		едз*		0
Итого					601	1487,8	100
-0,25+0,1	<2,9	4,42	Вермикулит	2,3	400	920	69
			Щел. амфибол	3,4	93	316,2	24
			Лимонит	3,6	7	25,2	2
			Актинолит	3,2	12	38,4	3
			Сростки вермикулита	2,7	16	43,2	3
Итого					528	1343,0	100
-0,25+0,1	>2,9 Магнитн	0,05	Магнетит	5	236	1180,0	76
			Щел. амфибол	3,4	70	238,0	16
			Актинолит	3,2	30	96,0	6
			Лимонит	3,6	4	14,4	1
			Апатит	3,1	4	12,4	1
Итого					344	1540,8	100
-0,25+0,1	>2,9 Немагнит	0,53	Щел. амфибол	3,4	400	1360,0	79
			Апатит	3,6	64	230,4	13
			Актинолит	3,1	34	124,0	7
			Лимонит	3,6	5	18,0	1
Итого					503	1732,4	100
-0,5+0,25	<2,9	4,79	Вермикулит	2,3	493	1133,9	98
			Щел. амфибол	3,4	5	17	1
			Актинолит	3,2	2	6,4	1
Итого					500	1157,3	100
-0,5+0,25	>2,9	0,21	Магнетит	5	38	190	14

1	2	3	4	5	6	7	8
			Щел. амфибол	3,4	235	799	59
			Лимонит	3,6	4	14,4	1
			Апатит	3,1	93	288,3	21
			Актинолит	3,2	8	25,6	2
			Альмандин	4,3	1	4,3	0
			Сростки вермикулита и щел. амфибола	2,3	12	27,6	2
Итого					379	1321,6	100
-1+0,5	<2,9	4,98	Вермикулит	2,3	500	1150	99
			Щел. амфибол	3,4	4	13,6	1
Итого					504	1163,6	100
-1+0,5	>2,9	0,02	Магнетит	5	5	25	2
			Щел. амфибол	3,4	181	615,4	59
			Вермикулит	2,3	4	9,2	1
			Лимонит	3,6	17	61,2	6
			Апатит	3,1	90	279	27
			Актинолит	3,2	12	38,4	4
			Ильменит	4,6	2	9,2	1
			Альмандин	4,3	2	8,6	1
Итого					313	1046	100
>1,0	<2,9	4	Вермикулит	2,3	513	1179	94
			Глинисто- вермикулито- вые обломки с щелочным амфиболом и апатитом	2,9	25	72,5	6
Итого					538	1251,5	100

Примечание. едз* – минерал встречается в данной пробе, но не попал в статистическую выборку

ном вермикулите различаются длиннопризматические кристаллы с ромбовидным поперечным сечением, а также сильно вытянутые, лучисто-шестоватые агрегаты, игольчатые и волокнистые (асбесты).

Отличительной особенностью вермикулита Татарского месторождения является невысокое содержание межслоевой воды, но при этом этот фактор не оказывает решающего влияния на степень вспучивания при обжиге, что позволяет получать достаточно легкий вермикулит в мелкой фракции концентрата. Таким образом, реализация запасов небольших месторождений местного сырья, таких как Татарское, имеет важное значение для развития страны.

Список литература

- [1] Спирина, В. С., Ахтямов Р. Я. Керамовермикулитовые изделия для футеровки тепловых агрегатов в промышленности строительных материалов // ВНИИЭСМ. Серия 4 «Промышленность керамических стеновых материалов и пористых заполнителей. Аналитический обзор. М., 1991. 56 с.
- [2] Уокер, Г. Ф. Вермикулитовые минералы // Рентгеновские методы изучения структуры глинистых минералов. М.: Мир, 1965. С. 345-374.
- [3] Горайнов, К. Э., Коровникова В. В. Технология производства полимерных и теплоизоляционных изделий. М.: Высшая школа, 1975. 296 с.

Theoretical Aspects of Deposit Swelling Vermiculite Tatar

**Nina G. Vasilovskaya and Irina G. Endzhievskaya,
Oksana V. Slakova and Galina P. Baranova**
*Siberian Federal University
79 Svobodny, Krasnoyarsk, 660041 Russia*

Researches of the composition and the structure of the vermiculite of Tatar deposit were conducted for getting constructional materials on its basis. You can see the results of the studying its chemical and mineralogical composition. Furthermore, there are findings from the comprehensive thermic analysis, by which we can form an opinion about the physicochemical modification, arose in the vermiculite's concentrate from the heating and connected with different kinds of water condition, characterized the process of vermiculite's exfoliation.

Keywords: exfoliated vermiculite of tatar deposit (EVT), the concentrate of vermiculite of tatar deposit (CVT), the batch of vermiculite's layers, the batch of micaceous layers, the chemical composition of the concentrate.
