

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-6-63-70

**Везенцев А.И., Кривенко Ю.Ю.*

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

**E-mail: vesentsev@bsu.edu.ru*

ГИДРОФОБИЗАЦИЯ ТОНКОДИСПЕРСНОГО МЕЛА

Аннотация. Природный тонкодисперсный мел (карбонат кальция) является широко используемым функциональным наполнителем композиционных материалов, применяемым во многих отраслях промышленности. Развитие углубленных исследований физико-химических свойств гидрофобного мела, безусловно, способствует расширению областей применения этого ценного материала. Анализ научно-технической литературы показал, что на данный момент отсутствуют исследования параметров пористой структуры и текстурных показателей природного мела различного гранулометрического состава, тем более поверхностно обработанного (гидрофобизированного) жирными карбоновыми кислотами. Для гидрофобизации карбоната кальция практическое применение получили карбоновые кислоты фракций C17 – C20, что обусловлено наличием у этих кислот достаточно длинных углеводородных цепей и реакционно-способной карбоксильной группы. Обработка мела гидрофобизирующей добавкой придает ему следующие преимущества перед необработанным: предотвращение набора влаги, отсутствие слеживания и улучшение технологических свойств (сыпучесть, совместимость с полимером и другие).

В данной работе представлены результаты химического и минералогического анализов природного мела Шеинского месторождения, данные по дифференциальному распределению частиц, степени гидрофобности и исследованию текстурных характеристик необработанного и гидрофобизированного тонкодисперсного мела. Проведена оценка влияния способа измельчения на гранулометрический состав и выявление совокупного влияния способа измельчения и гидрофобизации на текстурные характеристики природного мела. Установлено, что обработка поверхности частиц мела жирными кислотами (содержание C18 не менее 65 масс. %) влияет на процесс адсорбции газообразного азота.

Ключевые слова: мел, карбонат кальция, наполнитель композиционных материалов, гидрофобизация, адсорбция, десорбция, текстурные характеристики.

Введение. Природный мел – это белая или желтоватая слабоцементированная горная порода осадочного происхождения на основе минерала кальцит (CaCO_3), образованного из обломков скелетов многоклеточных морских планктонных водорослей кокколитофорид (30–40 масс. %) и корненожек-фораминифер (1–20 масс. %), осевших в виде ила из воды теплых морей. В состав мела входит высокодисперсный кристаллический кальцит (до 50 масс. %) и некарбонатные примеси (до 3 масс. %). В меловых породах зафиксировано присутствие раковин моллюсков, кремневых губок, лилий, кораллов, конкреций кремня, пирита и фосфорита. Химический состав мела различных месторождений находится в следующих пределах, масс. %: CaO – 47–55; MgO – 0,1–1,9; SiO_2 – 0,2–6,0; Al_2O_3 – 0,2–4,0; $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO})$ – 0,02–0,7; CO_2 – 40–43 [1].

Карбонатная часть природного мела состоит из трех групп компонентов: органических остатков (растительных и животных), кристалликов кальцита с четко выраженными гранями и изометричного кальцита. Органические остатки — основная часть мела, состоящая из кокколитов и фораминифер (до 22–40 масс. %), также встречаются раковины иноцеромов (местами до 13–20

масс. %), скелеты мшанок, морских ежей, лилий, кремневых губок, кораллов [2, 3].

По данным Д.А. Архангельского природный мел в среднем состоит на 10 масс. % из обломков скелетов многоклеточных, на 10 масс. % из раковин фораминифер, на 40–50 масс. % из тонких зерен кальцита, из переменного количества кокколитов и 2–3 масс. % некарбонатных примесей [4].

По данным Шуменко С.И. [2] природный мел, залегающий на территории Курской магнитной аномалии, характеризуется следующим минеральным составом: 90–99 масс. % кальцита, т.е. чистого карбоната кальция, 1–8 масс. % глинистых минералов, 0,2–6 масс. % кремнезема. В качестве акцессорных минералов возможно присутствие пирита, глауконита, опала, барита. Содержание оксидов железа колеблется от 0,02 до 0,7 масс. %.

Технический продукт на основе природного мела является многотоннажным недорогим ингредиентом композиционных материалов на полимерной основе, которые широко используются во многих отраслях промышленности таких как: строительная, резинотехническая, лакокрасочная и т.д. Возможность использования мела в каждой отдельной отрасли в первую очередь зависит от

его химического, минералогического и гранулометрического состава.

В настоящее время наиболее ценными и востребованными сортами мела, используемого в производстве композиционных материалов, являются тонкодисперсные с содержанием CaCO_3 не менее 97 масс. % и средним размером частиц (D50) 1–3 мкм, которые позволяют обеспечить высокие эксплуатационные, в том числе физико-механические, характеристики композиционных материалов при высоком их наполнении карбонатом кальция [3, 5].

В связи с выросшими требованиями к качеству готового композиционного материала, предприятия перешли на использование тонкодисперсного мела с модифицированной поверхностью. Модифицирование мела происходит путем закрепления на поверхности его частиц тонкого слоя гидрофобизатора. Поверхностная обработка (гидрофобизация) мела ранее проводилась с целью придания частицам водоотталкивающих свойств [6].

Так как наполнителю на основе мела присуща способность агрегирования при незначительном увлажнении из-за большой «связности» частиц, то возникает проблема слеживания в бункерах и дальнейшее затруднение в транспортировке и использовании. Для устранения данного явления мел гидрофобизируют, что гарантирует водоотталкивающее свойство и высокую сыпучесть [7].

Обработка поверхности частиц мела стеариновой кислотой способствует улучшению реологических свойств порошков при небольшом изменении их физико-механических свойств. Обработанный стеариновой кислотой мел в промышленном масштабе находит применение в качестве наполнителя ряда пластизолов и не пластифицированного поливинилхлорида [8].

В композиционных материалах на основе полимерной матрицы использование гидрофобизированного мела способствует получению однородной смеси, увеличению совместимости наполнителя с неполярным полимером, снижению поглощения пластификатора и существенному уменьшению себестоимости продукта [9, 10].

Анализ литературных данных показал, что в настоящее время отсутствует информация о параметрах пористой структуры и текстурных показателях природного мела различного гранулометрического состава, тем более гидрофобизированного жирными карбоновыми кислотами.

Материалы и методы. В работе использован мел природный тонкодисперсный полученный по ТУ 5743-001-50984326-2007, производи-

тель ООО «Полигон-Сервис» (Белгородская область). Предприятие в качестве сырья использует мел Шеинского месторождения, расположенного в Корочанском районе Белгородской области. В качестве гидрофобизатора использован стеарин, который представляет собой смесь жирных кислот, содержащих не менее 65 масс. % стеариновой кислоты C18.

Исследуемые образцы мела № 1 и № 2 представляют собой порошок, полученный сухим измельчением природного мела в молотковой мельнице. Образцы мела № 3 и № 4 получены путем мокрого помола в вертикальной шаровой (бисерной) мельнице. Образцы № 1 и № 3 отличаются от образцов № 2 и № 4 тем, что последние были обработаны стеарином, который наносился методом распыления расплава гидрофобизатора в мельнице типа дезинтегратор. Технологическая линия в ООО «Полигон-Сервис» состоит из оборудования испанской фирмы «Micron Proces».

Химический состав мела определяли по методикам ГОСТ:

- массовую долю углекислого кальция и углекислого магния в пересчете на углекислый кальций определяли по ГОСТ 21138.5-78;
- массовую долю полуторных оксидов железа и алюминия – по ГОСТ 21138.7-78;
- массовую долю веществ нерастворимых в соляной кислоте – по ГОСТ 21138.6-78;
- массовую долю марганца – по ГОСТ 21138.9-78;
- массовая доля песка – по ГОСТ 19220-73.

Подготовку образцов для анализа проводили по ГОСТ 21138.0-78 «Мел. Общие требования к методам анализа».

Минералогический состав исследуемых образцов определяли методом рентгенофазового анализа с использованием дифрактометра Ultima IV. Изучение микроструктуры образцов мела осуществляли с помощью растрового ионно-электронного микроскопа QUANTA 200 3D «FEI Company». Исследования проведены в центре коллективного пользования «Технологии и Материалы НИУ «БелГУ».

Гранулометрический состав образцов определяли с помощью лазерного анализатора частиц «LaSka». Определение гидрофобности образцов мела определяли методом, сущность которого состоит в оценке способности порошка не смачиваться водой. Перечисленные исследования проводили в производственной лаборатории ООО «Полигон-Сервис».

Измерение удельной площади поверхности и пористости образцов мела проводили на автоматическом газо-адсорбционном анализаторе TriStar II 3020. Исследования проведены в центре

коллективного пользования «Технологии и Материалы НИУ «БелГУ».

Основная часть. Различие в способах получения исследуемых образцов тонкодисперсного мела обуславливает производство продуктов разного гранулометрического состава, с различной пористостью и удельной поверхностью.

Данные химического анализа исследуемых образцов мела свидетельствуют, что массовая доля CaCO_3 составляет не менее 98,5 масс. %, MgCO_3 – менее 0,5 масс. %, сумма полуторных оксидов ($\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) – менее 0,1 %. Массовая

доля Mn^{2+} – не более 0,005 масс. %. Некарбонатная часть в образцах составляет не более 1,2 масс. % и представлена кристаллами низкотемпературного тригонального кварца и глинистыми минералами, при этом содержание зерен песка составляет не более 0,01 масс. %.

По результатам рентгенофазового анализа (рис. 1.) установлено, что мел Шеинского месторождения полностью представлен мономинеральным кальцитом, определяемым по характерным для него интенсивным рефлексам.

Массовое распределение частиц определенного размера представлено в табл. 1.

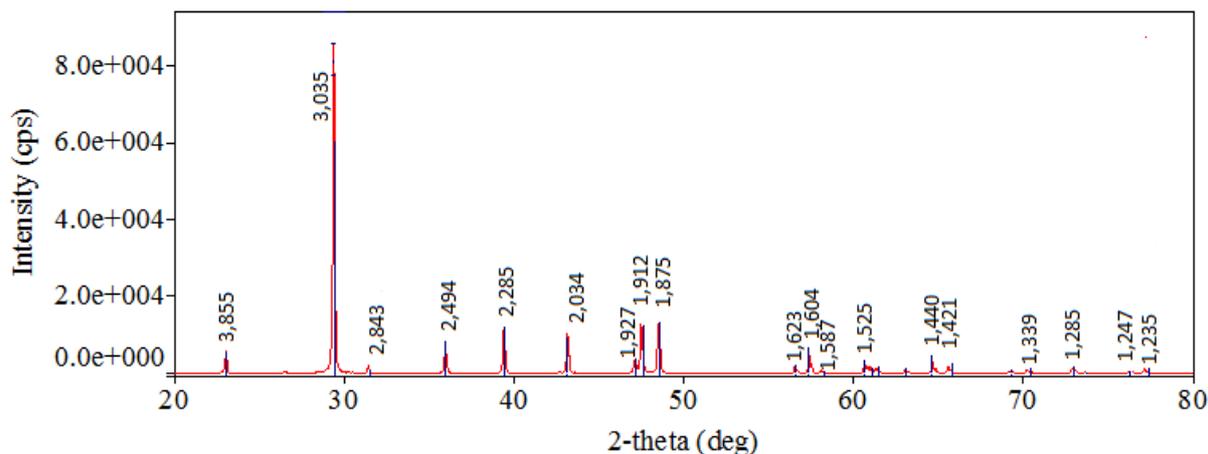


Рис. 1. Рентгеновская порошковая дифрактограмма мела Шеинского месторождения

Таблица 1

Массовая доля частиц, соответствующих заданным значениям размеров

Размер частиц, мкм	Массовая доля частиц заданного размера, %	
	Мел сухого помола	Мел мокрого помола
0,1–0,5	8,5	14,2
0,5–1	21,7	38,6
1–3	47,1	42,9
3–5	15,6	3,6
5–10	4,0	0,7
10–15	2,5	0
Более 15	0,6	0

Для мела сухого помола большая доля частиц (47,1 масс. %) находится в диапазоне 1–3 мкм, присутствуют частицы более 5 мкм в количестве 7,1 масс. %.

Для мела мокрого помола более 80,5 масс. % частиц находятся в диапазоне 0,5–3 мкм, количество частиц более 5 мкм – 0,7 масс. %.

Данные по дифференциальному распределению частиц мела (в логарифмической шкале), произведенного на промышленных установках сухим и мокрым способом помола представлены на рис. 2.

Средний размер частиц (D50) мела сухого помола составляет около 2 мкм, при максималь-

ном размере частиц (D99) более 15 мкм. Максимальный размер частиц мела мокрого помола составляет около 5 мкм, при среднем размере частиц – 1 мкм.

Лазерный анализатор позволяет определить размер частиц без учета их формы. С целью определения формы частиц проведено исследование указанных образцов методом сканирующей электронной микроскопии. При анализе электронных фотографий (рис. 3) установлено, что мел сухого и мокрого помола в основном состоит из разрушенных кокколитов и их обломков. Встречаются кокколиты двух морфотипов: термалиты и циклолиты. Размер кокколит морфологического типа тремалит по внешнему диаметру около 10

микрон, тогда как циклолиты около 5 мкм. В общей массе порошок сухого и мокрого помола представляет собой обломки кокколита разной формы и размера. Мел мокрого помола имеет более окатанные частицы, чем мел сухого помола.

Реализованная на заводе технология поверхностной обработки, позволяет равномерно покрывать каждую частицу тонким слоем гидрофобизатора, поэтому микрофотографии обработанных и необработанных частиц не имеют существенных отличий.

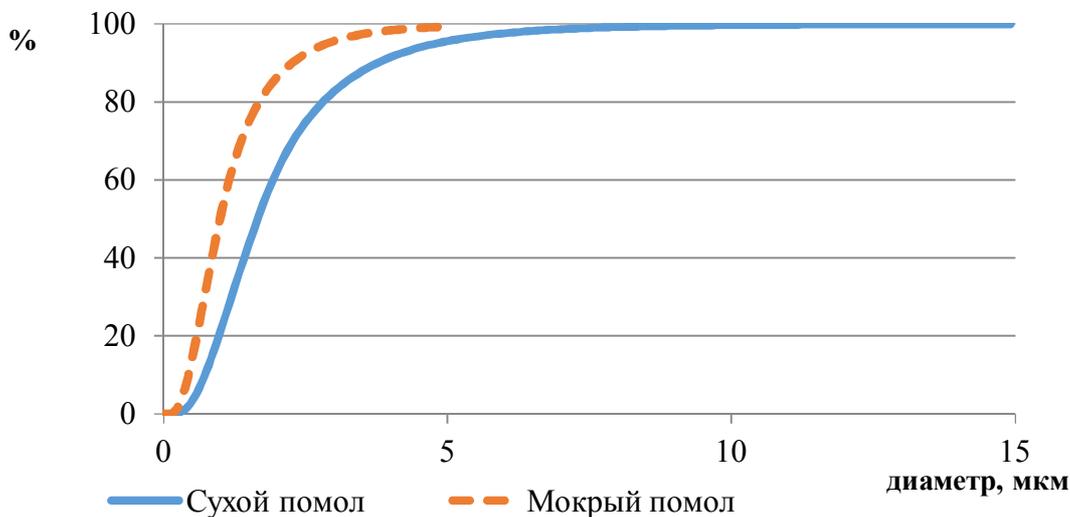


Рис. 2. Зависимость массовой доли и размера частиц мела от способа помола

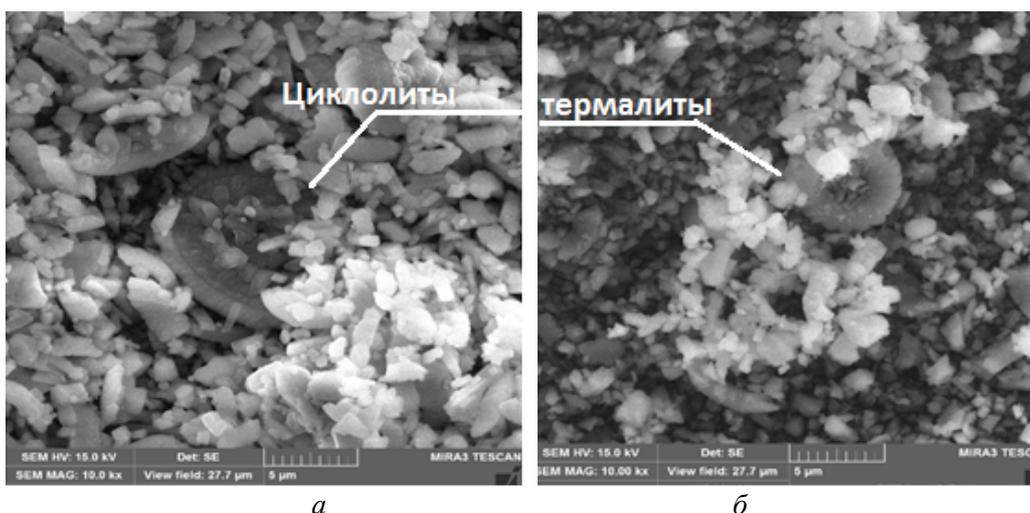


Рис. 3. Микрофотографии образцов мела сухого и мокрого способа измельчения
 а – образец №1 – $D_{50} = 2$ мкм, б – образец №3 $D_{50} = 1$ мкм

Определение гидрофобности мела проводили по следующей методике: стеклянный стакан заполняли дистиллированной водой на 50 мм ниже края. От подготовленной пробы отщипывали 2 г анализируемого порошка, засыпали его на поверхность воды. Стакан с водой и порошком оставляли в покое на 24 ч. Порошок считают гидрофобным, если за 24 ч он не оседает на дно, и не будет наблюдаться смачивания порошка водой.

Образцы №1 и №3 сразу же после засыпания в стакан полностью осаждаются на дно в ре-

зультате смачивания водой. Образцы №2 и 4 поверхностнообработанные стеарином через 24 часа не смачиваются водой и не осаждаются на дно.

Разница в диапазоне размера частиц мела сухого и мокрого измельчения обуславливает различие их текстурных свойств.

На рис. 4 представлена зависимость суммарного объема пор от размера пор в исследуемых образцах мела. Ось абсцисс отражает размер пор в ангстремах Å , ось ординат отражает удельный объем пор в $\text{см}^3/\text{г}$.

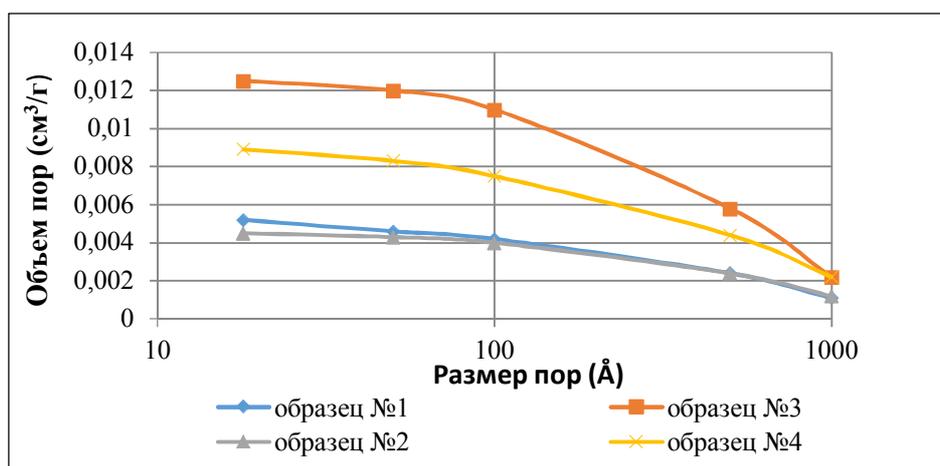


Рис. 4. Зависимость суммарного объема пор от размера пор в образцах мела

Согласно стандарта Международного союза теоретической и прикладной химии поры размером меньше 0,4 нм классифицируются как суб-микропоры, размером 0,4–2 нм – микропоры, 2–50 нм – мезопоры, диаметром более 50 нм – макропоры [11].

По полученным данным установлено, что все исследуемые образцы тонкодисперсного мела представляют собой порошок с комбинацией мезо- и макропор.

Анализ текстурных характеристик мела (табл. 2) показал следующие результаты:

- гидрофобизация мела со средним размером частиц 2 мкм (получен сухим помолом) уменьшает его удельную поверхность в 1,27 раза с 2,24 м²/г (образец № 1) до 1,76 м²/г (образец № 2) м²/г. Существенные изменения в соотношении количества макро- и мезопор от общего объема пор не произошли. При этом средний размер пор увеличился на 16 % – с 86,04 до 100,16 Å, а объем

пор уменьшился на 9,2 % с 0,004838 до 0,004429 см³/г.

- самую большую удельную поверхность и объем пор имеет образец № 3 – мел со средним размером частиц 1 мкм, получен мокрым помолом. Обработка поверхности частиц данного мела приводит к изменению процентного соотношения мезо- и макропор: количество мезопор уменьшилось с 55,2 (образец № 3) до 50 % (образец № 4) от общего количества пор. При этом удельная поверхность уменьшилась в 1,5 раза с 4,22 до 2,71 м²/г и объем пор сократился более чем на 30 % с 0,012169 до 0,008048 см³/г. Средний размер пор практически не изменился.

- изотермы низкотемпературной адсорбции и десорбции азота на образцах тонкодисперсного мела без обработки поверхности частиц и гидрофобизированных стеарином представлены на рис. 5 и рис. 6.

Таблица 2

Текстурные характеристики анализируемых материалов

№ образца	Параметры	Удельная поверхность, м ² /г	Объем пор, см ³ /г	Средний размер пор, Å
1	D ₅₀ = 2 мкм	2,2491	0,004838	86,04
2	D ₅₀ = 2 мкм, гидрофобный	1,7688	0,004429	100,16
3	D ₅₀ = 1 мкм	4,2291	0,012169	115,09
4	D ₅₀ = 1 мкм, гидрофобный	2,7177	0,008048	118,45

По классификации изотерм адсорбции Брунауэра [12] полученные изотермы относятся к IV типу изотерм, которые соответствуют физической сорбции. Характерный признак изотермы IV типа – наличие петли капиллярно-конденсационного гистерезиса.

Согласно классификации ИЮПАК полученные петли гистерезиса относятся к типу H1.

Из полученных данных установлено, что количество адсорбированного газообразного азота

больше всего в образце № 3-мел, без поверхностной обработки, со средним размером частиц 1 мкм, получаемый мокрым помолом. Для мела с уменьшением среднего размера частиц с 2 до 1 мкм (образец № 1 и № 3) наблюдается увеличение адсорбции при P/P₀=0,60 в 2,1 раза с 0,9 до 1,9 см³/г.

Обработка поверхности частиц мела со средним размером частиц 2 мкм способствует снижению количества адсорбированного азота при

$P/P_0=0,60$ с $0,9$ до $0,7$ $\text{см}^3/\text{г}$, т.е. на 20 %; для мела со средним размером частиц 1 $\mu\text{м}$ – с $1,9$ до $1,1$ $\text{см}^3/\text{г}$, т.е. на 42 %.

При $P/P_0=0,95$ для гидрофобного мела адсорбция составляет 2 и 5 $\text{см}^3/\text{г}$, что на 15 % при среднем размере частиц 2 $\mu\text{м}$ и на 36 % при среднем размере частиц 1 $\mu\text{м}$ меньше, чем для образцов мела аналогичного гранулометрического состава без поверхностной обработки, соответственно.

Адсорбция более 1 $\text{см}^3/\text{г}$ для образца № 1 достигается при $P/P_0=0,70$; для образца № 2 - при $P/P_0=0,85$; для образца № 3 - уже при $P/P_0=0,06$; для образца № 4- при $P/P_0=0,47$. Данные результаты коррелируются с полученными значениями объема пор в каждом исследуемом образце. Большая адсорбция образца № 3 обусловлена большим объемом пор по сравнению с другими образцами.

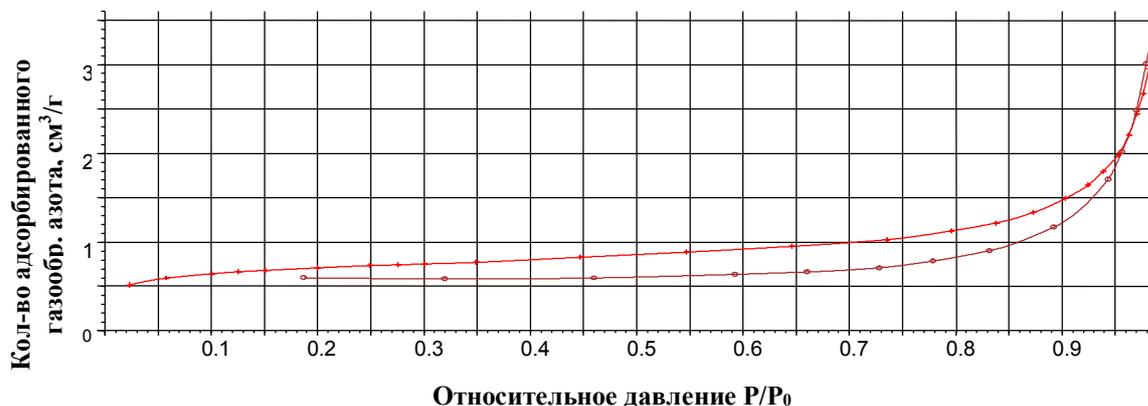


Рис.5. Изотермы низкотемпературной адсорбции и десорбции азота образцом сухого помело. (Ось «X» – относительное давление P/P_0 , где P – измеряемое давление, P_0 – давление насыщения; ось «Y» – количество адсорбированного газообразного азота).

—+— Адсорбция —o— Десорбция

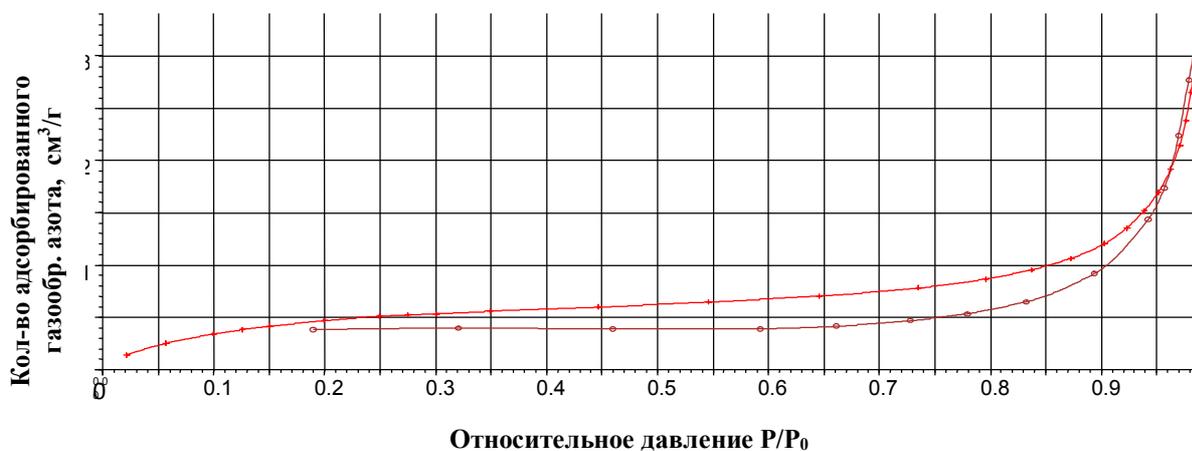


Рис. 6. Изотермы низкотемпературной адсорбции и десорбции азота образцом гидрофобизированного мела. (Ось «X» – относительное давление P/P_0 , где P – измеряемое давление, P_0 – давление насыщения; ось «Y» - количество адсорбированного газообразного азота).

—+— Адсорбция —o— Десорбция

Выводы:

1. Доказано, что технический продукт тонкого измельчения природного мела представлен частицами кальцита со средним размером 1 – 2 микрона с характерной комбинацией макро- и мезопор.

2. Установлено, что мокрый помол мела позволяет получить порошок с более узким дисперсным распределением частиц со средним размером (D_{50}) – 1 $\mu\text{м}$ и с максимальным (D_{99}) – 4 $\mu\text{м}$.

3. Показано, что обработка поверхности частиц мела стеарином позволяет получить порошок, частицы которого не смачиваются водой, т.е. обладают гидрофобными свойствами.

4. Выявлено, что обработка поверхности частиц мела стеарином способствует уменьшению адсорбции азота при $P/P_0=0,95$ на 15 % при среднем размере частиц 2 $\mu\text{м}$ и на 36 % при среднем размере частиц 1 $\mu\text{м}$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Козловский Е.А. Горная энциклопедия/ТЗ/Советская энциклопедия. Москва, 1987. 592 с.
2. Шуменко С.И. Литология и породообразующие организмы (кокколитофориды) верхнемеловых отложений востока Украины и области Курской магнитной аномалии. Харьков: Изд-во Харьков. гос. ун-та, 1971. 163 с.
3. Иванов Н.С., Мясников Н.Ф. Производство и потребление мела. Белгород: Изд-во Полиграф-Интер, 2000. 263 с.
4. Горькова И.М., Душкина Н.А., Окнина Н.А. Природа прочности и деформационные особенности мела и некоторых меловых пород. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 486 с.
5. Мамбиш С.Е. Минеральные наполнители в промышленности пластмасс // Пластические массы. 2007. №12. С. 3–5.
6. Паус К.Ф., Евтушенко И.С. Химия и технология мела. М.: Стройиздат, 1977. 138 с.
7. Ксантоса М., пер с англ. под ред. Кулезнева В.Н. Функциональные наполнители для пластмасс. СПб.: Научные основы и технологии, 2010. 462 с.
8. Петров И., Сейдов А.Ш. Анализ товарных рынков карбоната кальция. М.: Abercode., 2005. 180 с.
9. Кац Г.С., Милевски Д.В. Наполнители для полимерных композиционных материалов. М.: Химия, 1981. 736 с.
10. Петров И.М. Обзор рынка карбоната кальция природного тонкодисперсного в странах СНГ. Infomine Research Group, 2010. 179 с.
11. Rouquerol J., Avnir D., Fairbridge C.W., Everett D.H., Haynes J.M., Pernicone N., Ramsay J.D.F, Sing K.S.W., Unger K.K. Pure and Applied Chemistry, 1994. Vol. 66, Issue 8. Pp. 1739–1758.
12. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. Пер. с англ. 2-е изд. М.: Мир, 1984. 306 с.

Информация об авторах

Везенцев Александр Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры общей химии института фармации, химии и биологии. E-mail: vesentsev@bsu.edu.ru. Белгородский государственный национальный исследовательский университет. Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85.

Кривенко Юлия Юрьевна, магистрант кафедры общей химии института фармации, химии и биологии. E-mail: yulya.kilanova20@gmail.com. Белгородский государственный национальный исследовательский университет. Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85.

Поступила 02.05.2021 г.

© Везенцев А.И., Кривенко Ю.Ю., 2021

**Vezentsev A.I., Krivenko Yu. Yu.
Belgorod State National Research University
E-mail: vesentsev@bsu.edu.ru

HYDROPHOBIZATION OF FINE CHALK

Abstract. Natural fine chalk (calcium carbonate) is widely used functional filler for composite materials used in many industries. The development of in-depth studies of the physicochemical properties of hydrophobic chalk contributes to the expansion of its application. The analysis of scientific and technical literature has shown that at the moment there are no studies of the parameters of the porous structure and textural parameters of natural chalk of various granulometric composition, especially superficially treated (hydrophobized) with fatty carboxylic acids. Carboxylic acids of C17 to C20 fractions are practically applied for hydrophobization of calcium carbonate that is conditioned by presence of these acids with enough long hydrocarbon chains and reactive carboxyl group. The treatment of chalk with hydrophobizing additive gives it the following advantages over untreated chalk: prevention of moisture accumulation, absence of caking and improvement of technological properties (flowability, compatibility with polymer and others). The paper presents the results of chemical and mineralogical analyses of natural chalk from the Sheinsky deposit, data on the differential distribution of particles, the degree of hydrophobicity, and the study of the textural characteristics of natural and hydrophobized fine chalk. The influence of the grinding method on the granulometric composition is evaluated and the cumulative effect of the grinding method and hydrophobization on the texture characteristics of chalk is revealed. It is established that the surface treatment of chalk particles with fatty acids (C18 content not less than 65 wt %) affects the process of nitrogen gas adsorption.

Keywords: chalk, calcium carbonate, filler of composite materials, hydrophobization, adsorption, desorption, texture characteristics.

REFERENCES

1. Kozlovsky E.A. Mountain Encyclopedia / T3 / Soviet Encyclopedia [Gornaya enciklopediya/T3/Sovetskaya enciklopediya]. Moscow, 1987. 592 p. (rus)
2. Shumenko S.I. Lithology and breeding organisms (kokkolitoforids) of the uppermal sediments of the East of Ukraine and the region of the Kursk magnetic anomaly [Litologiya i porodoobrazuyushchie organizmy (kokkolitoforidy) verhnemelovyh otlozhenij vostoka Ukrainy i oblasti Kurskoj magnitnoj anomalii]. Kharkov: Publishing house Kharkov. State un-ta, 1971. 163 p. (rus)
3. Ivanov N.S., Myasnikov N.F. Production and consumption of chalk [Proizvodstvo i potreblenie mela]. Belgorod: Publishing House Polygraph Inter, 2000. 263 p. (rus)
4. Gorkyova I.M., Dushkina N.A., Oknina N.A. The nature of the strength and deformation features of the chalk and some chalk breeds [Priroda prochnosti i deformacionnye osobennosti mela i nekotoryh melovyh porod]. M.: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1962. 486 p. (rus)
5. Mambish S.E. Mineral fillers in plastics industry [Mineral'nye napolniteli v promyshlennosti plastmass]. Plastic masses. 2007. No. 12. Pp. 3–5. (rus)
6. Paus K.F., Evtushenko I.S. Chemistry and chalk technology [Himiya i tekhnologiya mela]. M.: Stroyzdat, 1977. 138 p. (rus)
7. Xantos M., Per with English. Ed. Kulsezneva V.N. Functional fillers for plastics [Funkcional'nye napolniteli dlya plastmass]. St. Petersburg: Scientific Basics and Technologies, 2010. 462 p. (rus)
8. Petrov I., Seidov A.Sh. Analysis of Calcium Carbonate Commodity Markets [Analiz tovarnyh rynkov karbonata kal'ciya]. M.: Abercode., 2005. 180 p. (rus)
9. Katz G.S., Milevski D.V. Fillers for polymer composite materials [Napolniteli dlya polimernyh kompozicionnyh materialov]. M.: Chemistry, 1981. 736 p. (rus)
10. Petrov I.M. Overview of the calcium carbonate carbonate market in the CIS countries [Obzor rynka karbonata kal'ciya prirodnoho tonkodispersnogo v stranah SNG]. Infomine Research Group, 2010. 179 p. (rus)
11. Rouquerol J., Avnir D., Fairbridge C.W., Everett D.H., Haynes J.M., Pernicone N., Ramsay J.D.F, Sing K.S.W., Unger K.K. Pure and Applied Chemistry, 1994. Vol. 66, Issue 8. Pp. 1739–1758.
12. Greg S., Sing K. Adsorption, specific surface area, porosity [Adsorbciya, udel'naya poverhnost', poristost']. Per. from English 2nd ed. M.: Mir, 1984. 306 p. (rus)

Information about the authors

Vezentsev, Alexander I. Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of General Chemistry of the Institute of Pharmacy, Chemistry and Biology. E-mail: vesentsev@bsu.edu.ru. Belgorod State National Research University. Russia, 308015, Belgorod, str. Pobedy, 85.

Krivenko, Yulia Yu. Master's student of the Department of General Chemistry of the Institute of Pharmacy, Chemistry and Biology. E-mail: yulya.kilanova20@gmail.com. Belgorod State National Research University. Russia, 308015, Belgorod, str. Pobedy, 85.

Received 02.05.2021

Для цитирования:

Везенцев А.И., Кривенко Ю.Ю. Гидрофобизация тонкодисперсного мела // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 6. С. 63–70. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-6-63-70

For citation:

Vezentsev A.I., Krivenko Yu.Yu. Hydrophobization of fine chalk. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 6. Pp. 63–70. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-6-63-70