

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ДИАТОМИТА НА ЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА**juliabasjo@gmail.com**

Работа посвящена изучению структуры диатомита и ее изменению в результате применения различных лабораторных и промышленных способов измельчения диатомита, а также влиянию способов измельчения диатомита на его технологические свойства – адсорбционную способность и проницаемость, при использовании его в качестве адсорбента для очистки различных жидких сред. Показано, что диатомит сложен агрегатами частиц, которые устойчивы к механическому измельчению, но распадаются при распускании диатомита в воде. Рассмотрено влияние сухого и мокрого диспергирования диатомита при проведении гранулометрического анализа методом лазерной дифракции на точность получаемых результатов. Найдено, что при механическом измельчении диатомита с целью получения адсорбента предпочтительно использовать такие лабораторные и промышленные способы измельчения диатомита, в которых используется принцип дробления и размалывания диатомита с одновременной сушкой материала. При этом получается фракция диатомита (5–45 мкм), оптимальная для получения адсорбционного материала на его основе.

Ключевые слова: диатомит, адсорбент, очистка жидких сред, измельчение, адсорбционные свойства, проницаемость.

Введение. При очистке различных жидких сред, в частности, сточных вод предприятий, в качестве адсорбента может применяться опал-кристаллитовая горная порода – диатомит [1]. Однако его применение для промышленного производства адсорбента ограничено тем, что до сих пор мало изучены оптимальные способы переработки диатомита с целью получения адсорбента с заданными технологическими свойствами. Ранее в рамках государственного контракта 14.527.12.0008 от 11.10.2011 г. по теме «Совершенствование технологии и модернизация производства отбеливающих земель на основе опал-кристаллитовых пород для предприятий пищевой промышленности» были исследованы способы измельчения диатомита с целью получения на его основе отбеливающих земель [2].

Однако, на наш взгляд, требуется более детальное рассмотрение имеющихся данных о структуре диатомита, ее изменении при измельчении на мельницах различных типов и влиянии такого измельчения на адсорбционные свойства и проницаемость диатомита при использовании его в качестве адсорбента для очистки различных жидких сред.

В связи с этим, целью нашей работы стало исследование влияния структуры диатомита и ее изменения в результате применения различных лабораторных и промышленных способов измельчения диатомита на его технологические свойства, требуемые для получения адсорбента, используемого при очистке различных жидких сред.

Методология. В качестве объекта исследо-

вания использовали карьерный диатомит Инзенского месторождения Ульяновской области.

Гранулометрический состав высушенного диатомита Инзенского месторождения определяли на модуле лазерной дифракции HELOS с использованием модуля сухого диспергирования RODOS с модулем подачи образца VIBRI/L (метод сухого диспергирования) и с использованием модуля мокрого диспергирования QUIXEL (метод мокрого диспергирования).

Гранулометрический состав диатомита, измельченного на мельницах различных типов, определяли с помощью лазерного анализатора размеров частиц Fritsch Analysette 22.

Для исследования качественных характеристик измельчения диатомита на мельницах различных типов использовали фотографии поверхностей измельченного диатомита с увеличением в 50, 250 и 2500 крат, полученные с помощью полиэмиссионного электронного микроскопа Zeiss SUPRA55VP (ОАО «ГНЦ НИИАР», г. Димитровград Ульяновской области).

Для статистической обработки данных использовали пакет анализа программы Microsoft Excel.

Основная часть. Вопросы структуры и текстуры опал-кристаллитовых пород подробно рассмотрены в работах [3, 4]. Как отмечают авторы работы [3], диатомит имеет неоднородную коллоидную и хлопьевидную микроструктуру, текстура его, наоборот, однородна. Неоднородность микроструктуры диатомита связана с тем, что диатомит представлен не одинаковыми, а разнородными частицами.

По данным петрографического анализа, приведенным в отчете [5], диатомит содержит обломки створок диатомей, спикулы губок, сложенные опалом, в единичных случаях халцедоном, глобулы опала, микрочешуйчатый и пелитовый глинистый материал, алевритовый материал, обломки кварца, полевого шпата, тонкодисперсные оксиды железа.

Благодаря давлению вышележащих слоев породы, диатомит подвергается уплотнению, образуя пласты спрессованной породы, в случае диатомита Инзенского месторождения – мощностью более 50 м [6], с однородной текстурой.

Этому способствует и высокое водопоглощение карьерного диатомита (до 150 % [1]). Автор работы [7] отмечает, что действие воды на минералы происходит тремя путями: растворение, гидратация (вытеснение ионами H^+ оснований из силикатов и других минералов),

гидролиз – полный распад минералов. Вероятно, в породе присутствуют продукты гидролиза силикатов и алюмосиликатов щелочных и щелочноземельных металлов, раствор которых обладает клеящими свойствами, что также способствует уплотнению породы. Это согласуется с мнением авторов работы [8]. При этом полученные агрегаты настолько прочны, что не распадаются даже при механическом измельчении. Вместе с тем, следует предположить, что вследствие высокой гидрофильности диатомита, данные агрегаты частиц породы легко распадаются в воде.

Для проверки данного предположения, был определен гранулометрический состав карьерного диатомита методом сухого и мокрого диспергирования. Результаты приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Результаты анализа гранулометрического состава диатомита Инзенского месторождения методом сухого диспергирования

Фракции диатомита	Содержание фракций, %						
	\bar{x}	$\pm\Delta$	s	Лимиты		N	C_v , %
				min	max		
Менее 5 мкм	41,88	0,05	0,07	41,80	41,94	3	0,17
5–45 мкм	51,56	1,04	1,40	50,00	52,69	3	2,71
Более 45 мкм	5,32	0,22	0,30	5,00	5,60	3	5,69

Таблица 2

Результаты анализа гранулометрического состава диатомита Инзенского месторождения методом мокрого диспергирования

Фракции диатомита	Содержание фракций, %						
	\bar{x}	$\pm\Delta$	s	Лимиты		N	C_v , %
				min	max		
Менее 5 мкм	22,63	0,01	0,01	22,62	22,65	3	0,07
5–45 мкм	76,24	0,16	0,22	76,00	76,43	3	0,29
Более 45 мкм	0,93	0,02	0,03	0,90	0,95	3	2,72

Анализ данных, приведенных в таблицах 1, 2, показывает, что при использовании метода мокрого диспергирования происходит увеличение процентного содержания фракции 5–45 мкм с $51,56 \pm 1,04$ до $76,24 \pm 0,16$ %, а также уменьшение процентного содержания фракции крупных частиц (более 45 мкм) с $5,32 \pm 0,22$ до $0,93 \pm 0,02$ % по сравнению с использованием метода сухого диспергирования. Вероятнее всего, это следствие распада агрегатов частиц диатомита под действием воды. Это также свидетельствует о том, что метод мокрого диспергирования в данном случае является более точным для определения гранулометрического состава диатомита, по сравнению с сухим методом.

Вместе с тем, существуют мнения авторов работ [9, 10], которые указывают на то, что на результаты определения гранулометрического состава материала методом лазерной дифракции

могут оказывать влияние некоторые факторы, искажающие полученные результаты.

Автор работы [9] сообщает, что при одинаковом массовом содержании фракций менее 1 мкм и 5–1 мкм первых по числу частиц неизмеримо больше, что вносит определённую ошибку при переходе от численного распределения к массовому. К тому же, в методе лазерной дифракции нижний предел измеряемых частиц 0,4 мкм. Это занижает содержание фракций менее 1 мкм, в ходе чего происходит перераспределение общего фракционного состава в пользу более крупных фракций. В методе лазерной дифракции существенное влияние на результат оказывает и плотность частиц потока, увеличение погрешности измерений происходит при увеличении количества мелких фракций. Об этом же упоминает автор работы [10]: возможное пере-

крывание интерференционных картин мелких частиц (с большими углами отражения света) и крупных частиц (с малыми углами) дает на выходе практическое отсутствие крупных (песчаных) частиц, а содержание пылеватых частиц (особенно размером 1-5 мкм) в глинистом грунте по данным анализатора оказывается завышенным. Вопрос точности определения размера частиц диатомита методом лазерной дифракции остается открытым и требует более детального исследования.

Как было указано ранее в работе [1], для повышения эффективности очистки различных жидких сред с использованием диатомита в качестве адсорбента необходимо подбирать такие значения среднего диаметра его частиц, при которых одновременно достигаются максимально возможные (оптимальные) значения проницаемости и адсорбции.

Достигнуть оптимальных значений проницаемости и адсорбции можно при правильном выборе измельчающего агрегата. Для получения адсорбента использовали истирание диатомита керамическими шарами (с помощью лабораторной шаровой мельницы мокрого помола). По данным авторов [11], мокрый помол на шаровой мельнице дает более равномерный гранулометрический состав, по сравнению с сухим помолом. Также исследовали влияние высокоэнергичного удара размольными шарами (с помощью лабораторной планетарной мельницы) на технологические свойства получаемого адсорбента на основе диатомита. По данным авторов работы [12], свойства конечного продукта при применении высокоэнергичного удара размольными шарами в планетарной мельнице регулируются не энергией удара и его частотой, а вводимой ударной мощностью.

Авторы работы [13] считают, что технологические свойства диатомита могут быть улучшены

после его кальцинирования. В связи с этим также рассматривали возможные промышленные варианты измельчения диатомита с применением дробления билами, размалывания и одновременной сушкой диатомита с помощью промышленных моделей молотковой тангенциальной мельницы и сушильно-дробильного агрегата Atritor.

Были определены качественные характеристики измельчения диатомита на мельницах разных типов.

К качественным характеристикам измельчения диатомита на мельницах разных типов относятся следующие характеристики: измельчение до начальных размеров частиц, сохранение первоначальной формы частиц, однородность материала по гранулометрическому составу, приближение к рекомендуемым показателям по сферичности и округлости частиц по стандарту [14], наличие крупных обломков измельченных кусков породы, забивание пор частиц пелитовым материалом, слипание и агрегирование частиц. Измельчение до начальных размеров частиц, сохранение первоначальной формы частиц определяют величину удельной поверхности, и, следовательно, адсорбционную способность диатомита. В работе [15] отмечено, что именно пористость и форма частиц диатомитов оказывают существенное влияние на их фильтрующие свойства. Сферичность и округлость частиц, наличие крупных обломков измельченных кусков породы, однородность материала по гранулометрическому составу определяют его высокую проницаемость. Необходимо отметить, что на адсорбционную способность и проницаемость отрицательно влияют забивание пор частиц пелитовым материалом, слипание и агрегирование частиц.

Качественные характеристики измельчения диатомита в зависимости от типа мельницы приведены в таблице 3.

Таблица 3

Качественные характеристики измельчения диатомита в зависимости от типа мельницы

Характеристики измельчения диатомита	Шаровая мельница	Планетарная мельница	Молотковая тангенциальная мельница	Сушильно-дробильный агрегат Atritor
Измельчение до начальных размеров частиц	+	+	-	-
Сохранение первоначальной формы частиц	-	+	+	+
Однородность материала по гранулометрическому составу	+	+	-	+
Приближение к рекомендуемым показателям по сферичности и округлости частиц по стандарту [14]	+	+	+	+
Наличие крупных обломков измельченных кусков породы	-	-	+	+
Забивание пор частиц пелитовым материалом	-	+	+	-
Слипание и агрегирование частиц	+	-	-	-

Анализ данных, приведенных в табл. 3, показывает преимущество измельчения диатомита с помощью сушильно-дробильного агрегата Atritor, так как при этом происходит сохранение первоначальной формы частиц, наблюдается однородность материала по гранулометрическому составу, показатели сферичности и округлости частиц приближаются к рекомендуемым значениям по стандарту [14].

Также необходимо отметить, что при ис-

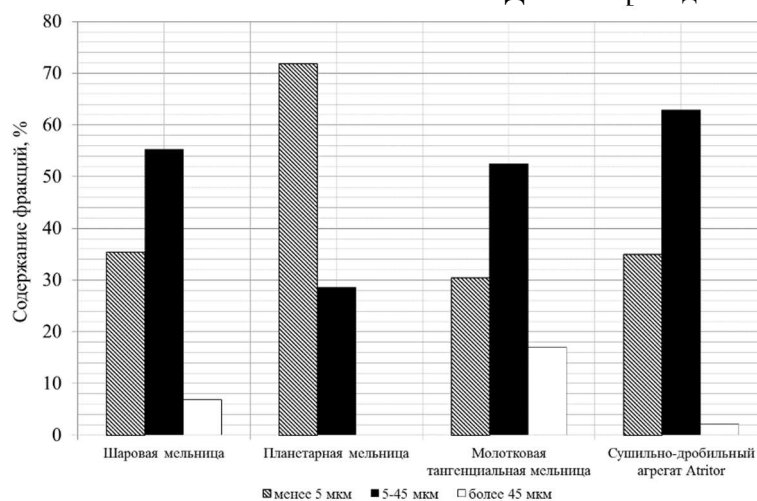


Рис. 1. Гранулометрические составы диатомита, измельченного на мельницах разного типа

Анализ данных, приведённых на рис. 1, позволяет сделать вывод, что диатомит наименьшего размера (с преобладанием фракций менее 5 мкм и 5–45 мкм), а, следовательно, и с наибольшей адсорбционной способностью получается на планетарной мельнице. Однако для достижения высоких значений проницаемости предпочтительно получение фракции 5–45 мкм, которая преобладает при измельчении диатомита на сушильно-дробильном агрегате Atritor.

Анализ полученных данных, приведенных на рис. 1 и в табл. 3, показывает преимущество процессов дробления и размалывания с одновременной сушкой диатомита перед истиранием при получении адсорбента на основе диатомита.

Выводы. Показано, что диатомит сложен агрегатами частиц, которые устойчивы к механическому измельчению, но распадаются при распускании диатомита в воде. Найдено, что при механическом измельчении диатомита с целью получения адсорбента предпочтительно использовать такие лабораторные и промышленные способы измельчения диатомита, в которых используется принцип дробления и размалывания диатомита с одновременной сушкой материала. При этом получается фракция диатомита (5–45 мкм), оптимальная для получения максимально возможных

пользовании процессов дробления и размалывания породы с одновременной сушкой с помощью промышленных моделей молотковой тангенциальной мельницы и сушильно-дробильного агрегата Atritor приводит к получению крупных обломков породы, что должно положительно сказываться на проницаемости получаемого адсорбента.

Были изучены гранулометрические составы диатомита, измельченного на мельницах разных типов. Данные приведены на рис. 1.

значений адсорбционной способности и проницаемости адсорбента для очистки различных жидких сред.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Убаськина Ю.А., Коростелева Ю.А. Исследование возможности практического применения диатомита для очистки сточных вод // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. №7. С. 92–96.
2. Гостева Г.Г., Петренко Е.В., Журавлева Г.Н. Производство отбеливающих земель из диатомита: Часть 4. Промышленная технология // Новые технологии. 2013. №2. С. 86–90.
3. Хворова И.В., Дмитрик А.Л. Микроструктуры кремнистых пород. Труды ГИН АН СССР. Вып. 246. М.: Наука, 1972. 82 с.
4. Атлас текстур и структур осадочных горных пород. Часть 3. Кремнистые породы. Под ред. Жамойда А.И., Хабакова А.В. М.: Недра, 1973. 340 с.
5. Отчет о детальной разведке эксплуатируемого Инзенского месторождения диатомитов в Инзенском районе Ульяновской области, проведенной в 1972, 77 гг. В 4 томах. Том 1. Текст отчета и таблицы к подсчету запасов. Ульяновск: Ульяновская геологическая партия, 1978. 726 с.

6. Кремнистые породы СССР. Под ред. Ди- станова У.Г. Казань: Татарское книжное изда- тельство, 1976. 412 с.

7. Логвиненко Н.В. Петрография осадочных пород (с основами методики исследования). 3-е изд., перераб., и доп. М.: Высшая школа, 1984. 416 с.

8. Горбунов Г.И., Жуков А.Д. Научные ос- новы формирования структуры и свойств строи- тельных материалов. М.: Московский государ- ственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. 555 с.

9. Конончук П.Ю. Адаптация метода опти- ческой счётной микроскопии для определения гранулометрического состава почв : дис... канд. с.-х. наук. СПб., 2009. 197 с.

10. Трофимов В.Т., Королев В.А., Николаева С. К. К вопросу об определении гранулометриче- ского состава грунтов с использованием лазер- ных анализаторов // Инженерные изыскания. 2014. №5-6. С. 29–35.

11. Гусев А.М., Трусков В.А. Методика по- мола исходных материалов // Труды Междуна- родного симпозиума «Надежность и качество»: междунар. симпозиум «Надежность и качество» (Пенза, 23 мая - 2 июня 2011 г.). Пенза: Изд-во ПГУ. 2011. Т.2. С.134–136.

12. Abdellaoui M., Gaffet E. The physics of me- chanical alloying in a planetary ball mill: mathemat- ical treatment // Acta metallurgica et materialia. 1995. Т. 43. №3. С. 1087–1098.

13. Ediz N., Bentli İ., Tatar İ. Improvement in filtration characteristics of diatomite by calcination // International Journal of Mineral Processing. 2010. Т. 94. №3. С. 129-134.

14. ГОСТ Р 51761-2013. Пропанты алюмоси- ликатные. Технические условия. М.: Стандарти- форм, 2014. 27 с.

15. Скобеев И.К. Фильтрующие материалы. М.: Недра, 1978. 200 с.

Информация об авторах

Убаськина Юлия Александровна, кандидат химических наук, научный сотрудник.

E-mail: juliabasjo@gmail.com

НИИ «Курчатовский институт» – ИРЕА.

Россия, 107076, г. Москва, Богородский вал, д. 3.

Поступила в сентябре 2017 г.

© Убаськина Ю.А., 2017

Ubaskina J.A.

THE INFLUENCE OF THE STRUCTURE OF DIATOMITE ON ITS TECHNOLOGICAL PROPERTIES

The work is dedicated to the study of the structure of diatomite and its change as a result of the application of various laboratory and industrial methods for grinding diatomite. It is studied the influence of methods of grinding diatomite on its technological properties - adsorption capacity and permeability for its using as an adsorbent for cleaning various liquids. It is shown that the diatomite is composed of aggregates of particles resistant to mechanical grinding but disintegrating when the diatomite is mixed with water. The effect of dry and wet dispersing of diatomite when determination of granulometric analysis by the method of laser dif- fraction is considered on the accuracy of the obtained results of analysis. It has been found that in order to obtain the adsorbent during the mechanical grinding of diatomite it is preferable to use such laboratory and industrial methods for grinding diatomite in which the principle of crushing and grinding of diatomite with simultaneous drying of the material is used. This way allows to obtain a fraction of diatomite (5–45 μm) opti- mal for producing adsorption material.

Keywords: diatomite, adsorbent, cleaning of liquid media, grinding, adsorption properties, permeability.

Information about the authors

Ubaskina Julia Aleksandrovna, Ph.D., researcher.

E-mail: juliabasjo@gmail.com

NRC «Kurchatov Institute» – IREA.

Russia, 107076, Moscow, Bogorodsky shaft, 3.

Received in September 2017

© Ubaskina J.A., 2017