

## ИЗУЧЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРИРОДНОГО ЦЕОЛИТА СОКИРНИЦКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

*П.Н. Максимов<sup>a</sup>, аспирант, М.А. Рудмин, к.г.-м.н., доц., Д.В. Мартемьянов, инженер  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30  
E-mail: <sup>a</sup>pnm1@tpu.ru*

**Аннотация:** Использование природного цеолита в процессах водоочистки. Изучение удельной поверхности и удельного объёма пор минерала. Определение гидродинамических свойств цеолита Сокирницкого месторождения.

**Ключевые слова:** Природный цеолит, очистка воды, гидродинамические свойства, Сокирницкое месторождение, удельная поверхность, фильтровальный модуль, водопроводная вода.

**Abstract:** The use of natural zeolite in water purification processes. The study of the specific surface area and specific pore volume of the mineral. Determination of hydrodynamic properties of zeolite from the Sokirnitsky deposit.

**Keyword:** Natural zeolite, water purification, hydrodynamic properties, Sokyrnitskoye deposit, specific surface area, filter module, tap water.

В современном обществе, антропогенное влияние человека на природу приобретает всё большие масштабы [1]. Гидросфера является одной из наиболее уязвимых природных составляющих и требует более бережного к себе отношения. Не более 1 процента воды, из поверхностных источников в России, можно использовать в питьевых целях, без предварительной очистки. Потребление не очищенной воды, содержащей различные примеси, может отрицательно сказаться на здоровье человека и на его жизни. Поэтому для обеспечения безопасной жизнедеятельности человека, перед использованием, необходимо очищать природную воду [2–4].

В практической водоочистке применяют различные методы и подходы для придания загрязнённой воде требуемых характеристик. Широкое распространение в процессах водоочистки имеют сорбционные технологии [5]. Они просты в использовании и имеют высокую эффективность при очистке воды. Среди используемых сорбционных материалов, находят применение такие виды как: минеральные, растительные, синтетические, модифицированные, наноструктурные, комбинированные, из отходов производства и т. д. [6–8]. Широкое использование в процессах очистки воды, получило применение минеральных сорбентов, таких как: шунгиты, цеолиты, горелые породы, кварцевый песок, гематиты, кремень и многие другие. В результате этого, является необходимой задачей всестороннее исследование минералов, для дальнейшего использования в водоочистке.

В представленной работе объектом исследования выступает природный цеолит Сокирницкого месторождения (Закарпатская область, Украина). Изучались образцы данного минерала с различными гранулометрическими составами: 0,5–1 мм, 1–1,5 мм, 1,5–2,5 мм и 2,5–4 мм. Проводили исследование на определение величины удельной поверхности и удельного объёма пор, с использованием метода БЭТ. Также осуществлялось изучение гидродинамических свойств этих материалов. Для этого брался фильтровальный модуль из нержавеющей стали, и наполовину заполнялся исследуемым материалом. Высота модуля составляла 200 мм (заполнялся цеолитом на 100 мм), диаметр – 100 мм. Свободная половина используемого модуля заполнялась водопроводной водой, и по мере её убывания, производилась дополнительная доливка. Масса цеолита различных фракций (помещённых в фильтровальный модуль) варьировалась от 625 г до 689 г, в зависимости от насыпной плотности.

Таблица 1

*Данные по удельной поверхности и удельному объёму пор у цеолита Сокирницкого месторождения с разным гранулометрическим составом*

Размер гранул, мм	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	Удельный объём пор, см <sup>3</sup> /г
0,5–1	21,2	0,009
1–1,5	19,39	0,008
1,5–2,5	17,43	0,007
2,5–4	12,67	0,005

Из представленных данных видно, что цеолит Сокирницкого месторождения обладает хорошей удельной поверхностью. С увеличением гранулометрического состава образца, наблюдается снижение изучаемых характеристик.

Таблица 2

*Гидродинамические характеристики цеолита Сокирницкого месторождения с разным гранулометрическим составом*

Размер гранул, мм	Пропущенный объём, дм <sup>3</sup>	Производительность, дм <sup>3</sup> /час
0,5–1	1	26
	50	17
	100	14
	150	11
	200	9
1–1,5	1	92
	50	72
	100	68
	150	61
	200	54
1,5–2,5	1	128
	50	122
	100	117
	150	115
	200	101
2,5–4	1	238
	50	235
	100	229
	150	224
	200	221

Из показателей, представленных в таблице 2 видно, что исследуемый Сокирницкий цеолит разных фракций, имеет хорошую гидродинамическую проницаемость, которая со временем проведения процесса снижается. Самая высокая производительность фильтруемой водопроводной воды наблюдается у фракции 2,5–4 мм. С уменьшением гранулометрического состава цеолита, производительность по фильтрации падает. Чем выше гранулометрический состав исследуемого цеолита, тем меньше происходит снижение производительности фильтруемой водопроводной воды. Это можно объяснить меньшим уплотнением материала и большим межзерновым пространством, по которому идёт водная среда.

Работа выполнена при финансовой поддержке FSWW-2023-0010.

Список использованных источников:

1. Мазур И.И., Инженерная экология. Общий курс. Справочное пособие / И.И. Мазур, О.И. Молдаванов, В.Н. Шишов – М. : Высш. школа, 1996. – 637 с.
2. Фрог Б.Н. Водоподготовка / Б.Н. Фрог, А.П. Левченко. – М. : МГУ, 1996. – 680 с.
3. Телитченко М.М. Введение в проблемы биохимической экологии: Биотехнология, сельское хозяйство, охрана среды / М.М. Телитченко, С.А. Остроумов. – М. : Наука, 1990. – 285 с.
4. Клячков В.А. Очистка природных вод / В.А. Клячкова, И.Э. Апельцина. – М. : Стройиздат, 1971. – 579 с.
5. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды / А.Д. Смирнов. – Л. : Химия, 1982. – 168 с.
6. Мартемьянов Д.В. Определение сорбционных характеристик различных минералов при извлечении ионов As<sup>5+</sup>, Cr<sup>6+</sup>, Ni<sup>2+</sup> из водных сред / Д.В. Мартемьянов, А.И. Галанов, Т.А. Юрмазова // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 8 (часть 3). – С. 666–670.
7. Использование природного глауконита для очистки воды из реки Ушайка / П.Б. Бухарева, Д.В. Мартемьянов, О.Б. Назаренко, И.В. Мартемьянова // Энергетика: Эффективность, надежность, безопасность : материалы XXI всероссийской научно-технической конференции. – Томск, 2015. – 2 Т. – С. 113–116.
8. Исследование сорбционных свойств синтетического адсорбента в процессах водоочистки / В.В. Зарубин, Д.В. Мартемьянов, И.В. Мартемьянова, А.В. Рыков // Энергетика: Эффективность, надежность, безопасность : материалы XXI всероссийской научно-технической конференции. – Томск, 2015. – 2 Т. – С. 187–189.