

Применение схемы «в» – очистка воды без коагуляции – возможно при мутности в источнике водоснабжения менее 1,5 мг/л (рис. 3). Производится только двухступенчатое обеззараживание воды (первичное хлорирование производится перед поступлением на сооружения, вторичное хлорирование – перед РЧВ). Отстойники и камера реакций используются в качестве проточных емкостей для увеличения времени контакта воды с хлором.

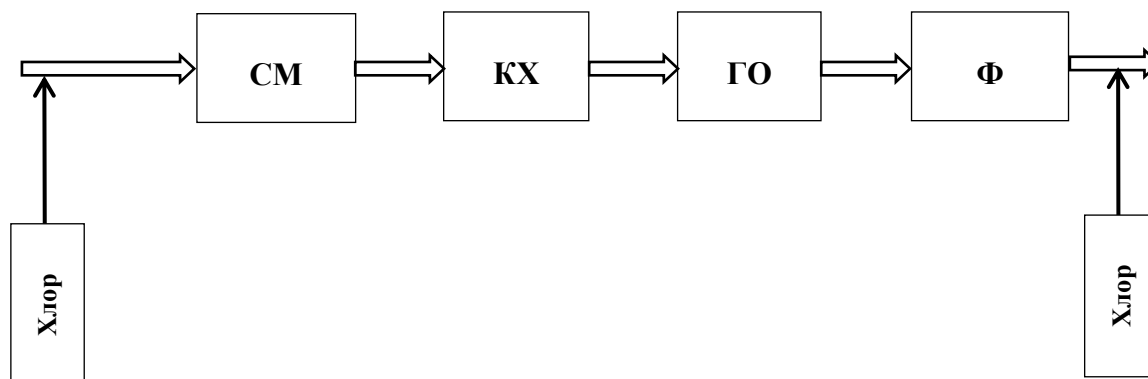


Рис. 3. Схема без коагуляции: СМ – смесители; КХ – камеры хлопьеобразования; ГО – горизонтальные отстойники; Ф – скорые фильтры

В случае осветления высокомутных вод, например, в период паводка мутность воды в р. Томь достигает значения 70 мг/дм^3 , обычная промывка фильтров насосно-фильтровальных станций оказывается недостаточно неэффективной [3]. Повышение эффективности промывки фильтров может быть достигнуто установкой следующих устройств и приспособлений:

1. защитных козырьков промывных желобов для уменьшения выноса в них песка при промывке;
2. дросселирующих отбойных щитов под желобами фильтра, направляющих поток промывной воды из-под желоба к середине фильтра;
3. вращающейся распределительной системы для верхней промывки фильтра в дополнение к обычной с целью отмывки загрязнений в верхнем слое фильтрующей загрузки и экономии промывной воды.

Список литературы:

1. Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка: Учебн. пособие для вузов. – Москва: Издательство МГУ, 1996. – 680 с.
2. Драгинский В.Л., Алексеева Л.П. Особенности применения коагулянтов для очистки природных цветных вод // Водоснабжение и санитарная техника. – 2008. – № 1. – С. 9–15.
3. Клячко В.А., Апельцин И.Э. Очистка природных вод. – М.: Издательство литературы по строительству, 1971. – 580 с.

Синтез адсорбента на основе вторичного стеклобоя

Кобякова А.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время во всех развитых странах проблемы экологического состояния окружающей среды и вторичного использования различных материалов являются главными. Остро стоит вопрос утилизации твердых бытовых отходов, среди которых стекло занимает особое место, в силу того, что представляет собой неразлагающийся отход, засоряющий почвенный слой земли [1]. Переработка и рациональное использование стеклобоя в качестве альтернативного источника минерального сырья является актуальным вопросом. Отходы стекла принято подразделять на сортовой (возвратный) и вторичный (покупной) стеклобой. Состав сортового боя полностью соответствует химическому составу стекла, вырабатываемому в стекловаренной печи. В связи с этим большинство стекольных заводов полностью возвращают брак собственного стекла в технологический процесс. При этом утилизация отходов обеспечивает (при 60 % использовании) экономию соды (1 т стеклобоя снижает расход кальцинированной соды на 140–145 кг), 6 % энергии, 50 % чистой воды и 54 % естественных ресурсов [2]. Вторичный стеклобой,

образующийся в сфере потребления, как правило, имеет переменный химический и фазовый состав, наличие примесей, что сдерживает его использование.

Известны следующие направления использования отходов стекла: промышленность строительных и теплоизоляционных материалов, дорожное строительство, стекольная промышленность и прочие области применения. В связи с экологическими проблемами и необходимостью экономии топливно-энергетических ресурсов исследования по созданию композиционных материалов с техногенными отходами, включая стеклобой, являются одними из интенсивно развивающихся направлений [5–7]. Наряду с этим возможности применения промышленного стеклобоя в качестве минерального сырья раскрыты еще не полностью, поэтому внимание исследователей привлекают новые направления использования отходов стекла. Например, разработка британских ученых, которые предложили использовать бой стекла в процессе очистки загрязненной воды для удаления свинца, кадмия и других токсичных металлов подобно ионообменному фильтру [8]. С этой целью разработан простой метод преобразования отходов стекла в минерал тоберморит, который как ионообменный материал способен извлекать ионы токсичных металлов из промышленных стоков, сточных вод или загрязненных грунтовых вод.

Цель работы – получение сорбента на основе вторичного стеклобоя для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов.

Задачи исследования:

1. разработать компонентный состав исходной шихты для синтеза тоберморита на основе стеклобоя;
2. изучить физико-химические характеристики синтезированных сорбентов;
3. оценить адсорбционную способность полученного минерала для очистки воды от тяжелых металлов.
4. разработать технологическую схему очистки сточных вод с помощью полученных сорбентов.

Тоберморитовая группа является представителем цепочечных силикатов, минерал относится к низкоосновным силикатам кальция с общей формулой $\text{Ca}_5\text{Si}_6\text{O}_{16}(\text{OH})_2n\text{H}_2\text{O}$ (где n меняется от двух до восьми молекул). В природе данный силикат образуется в результате метаморфизма карбонатных пород и обычно имеет белый или светло-розовый оттенки, полупрозрачный с шелковистым блеском [9]. Тобермориты имеют слоистое строение и отличаются друг от друга количеством межслоевой воды и межслоевыми расстояниями: тоберморит 14 Å (пломбьерит), тоберморит 11,3 Å, тоберморит 9,3 Å (риверсайдит). Искусственный аналог тоберморита синтезируется при взаимодействии портландцемента с водой и играет важную роль в процессе схватывания цемента [10], также его можно получать на основе различных видов отходов [11–13]. Молекулярная модель тоберморита (рис. 1) представлена слоями бесконечных цепочек тетраэдрических группировок $[\text{SiO}_4]^{4-}$, которые, соединяясь между собой, чередуются со слоями оксида кальция, выстраиваясь в упорядоченную структуру. В свободных полостях структуры располагаются молекулы воды. Синтетические гидросиликаты кальция отличаются от природных регулируемой степенью дисперсности, однородностью по составу и строению, низким содержанием примесей. Особенность структуры минерала позволяет использовать его в качестве ионообменного материала. Высокорастворимая поверхность дисперсных порошков гидросиликатов делает их эффективными экологически безопасными наполнителями и сорбентами различных веществ.

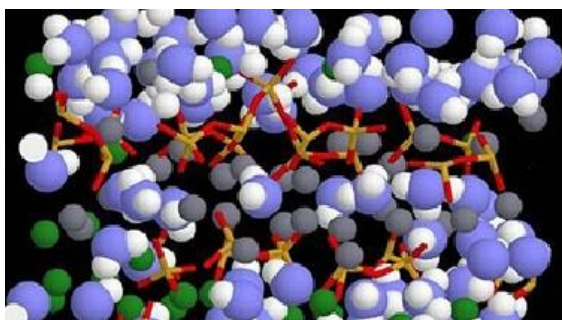


Рис. 1. Молекулярная модель C-S-H: серым и белым цветом показаны атомы кислорода и водорода в молекуле воды, черным – ионы кальция (внутрислойные и межслойные), палочками – атомы кремния и кислорода в тетраэдрах (иллюстрация PNAS)

Из классической литературы известно, что процесс автоклавного твердения известково-песчаных изделий можно интенсифицировать, вводя в состав исходной смеси добавки, ускоряющие процесс образования цементирующего вещества [14]. Все добавки условно делят на две группы. Первая включает большое количество растворимых в воде соединений, которые, находясь в растворе, ускоряют реакцию взаимодействия с кремнеземом в условиях автоклавной обработки. Вторая группа представляет собой активные тонкодисперсные добавки, вводящие в состав массы кремнезем, глинозем или оксид железа, а также их соединения. В настоящей работе опробованы составы с дополнительно введенным железосодержащим шламом водоподготовки (далее ЖСШ), состоящим преимущественно из гетита и лепидокрокита, включающих железо в оксидно-гидроксидной форме (FeOОН). Содержание основных компонентов смеси для синтеза тоберморита рассчитывалось с учетом стехиометрической формулы тоберморита и химического состава самих компонентов (табл. 1, 2).

Таблица 1. Химический состав тоберморита и компонентов смеси

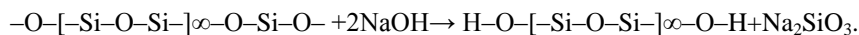
Оксидный состав тоберморита			Компонент смеси	Массовое содержание, %		
оксид	число молей	мас. %		SiO ₂	CaO	NaOH
SiO ₂	6	49	стеклобой	72	6	-
CaO	5	38	известь	-	95	-
H ₂ O	5,5	13	едкий натр	-	-	98,5

Таблица 1. Содержание компонентов в исходных смесях

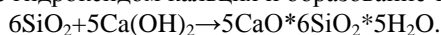
Компонент смеси	Массовое содержание, %				
	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
Стеклобой	54,4	54,5	54,5	54,5	58,1
Известь	42,4	41,5	38,5	34,5	38,5
Едкий натр	3,2	3,0	2,0	1,0	3,4
ЖСШ	-	1,0	5,0	10,0	-

Для наиболее полного протекания реакций необходимо, чтобы исходные материалы имели высокую степень дисперсности, поэтому смесь предварительно измельчалась в шаровой мельнице до порошкообразного состояния с последующим прессованием образцов в виде таблеток (d=30 мм). Далее образцы подвергались термообработке в автоклаве при 190 °С, давлении 10 атм. в течение 5 ч. Данные параметры автоклавирования предварительно подобраны экспериментально, путем изменения температурно-временного режима (температура менялась в пределах 170...200 °С, давление 5–12 атм., выдержка 4–6 ч) и оценки фазового состава синтезированного продукта [16]. Химические процессы, протекающие при термообработке, можно представить в следующем виде:

1. На первой стадии щелочного взаимодействия происходит разрыв кремнекислородного каркаса стекла, в результате чего стекло разрушается. Активное действие ионов щелочи приводит к высвобождению на поверхности стекла ионов OH⁻ и повышению его реакционной способности. В высокощелочной среде кремнезем, входящий в состав стекла, частично переходит в растворимый силикат.



2. На второй стадии синтеза гидросиликатов кальция в первую очередь происходит взаимодействие активного кремнезема стекла с гидроксидом кальция и образование тоберморита.



Полученные адсорбенты исследовали методами комплексного термического и рентгенофазового анализов (РФА). На термограммах всех образцов наблюдаются три эндозффекта, связанные со следующими процессами: 90-113 °С – дегидратация низкоосновных гидросиликатов кальция; 440-455 °С – разложение Ca(OH)₂; 670-714 °С – разложение мелкодисперсного CaCO₃. На термограмме образца 3 и образца 5 практически отсутствует пик, связанный с разложением Ca(OH)₂. Это указывает на то, что весь гидроксид кальция вступил во взаимодействие с образованием гидросиликатов кальция, что подтверждается данными РФА. На термограмме образца 5 наблюдается экзозффект 700-750 °С, указывающий на кристаллизацию волластонита из тоберморита. Несмотря на то, что гидросиликаты кальция в присутствии CaCO₃ трудно определяются из-за совпадения самого интенсивного пика (3.03 Å), в фазовом составе образцов 3 и 5 (рис. 4, 5) преобладают гидросиликаты кальция тоберморитовой группы

(тоберморит, риверсайдит и пломбьерит). На дифрактограмме образца 1 обнаружены дифракционные максимумы, принадлежащие тобермориту, кальциту (CaCO_3) и порتلандиту ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).

Исследование адсорбционных свойств сорбентов показало, что степень очистки от ионов тяжелых металлов (Cu, Zn, Ni) составила 71,8- 99,9 %. Лучшие сорбционные свойства показал образец 5 (таблица 3). Данные РФА показали, что в образце 5 было синтезировано наибольшее количество минералов тоберморитовой группы. На термограмме данного образца практически отсутствовал пик, соответствующий разложению гидроксида кальция. Этот факт указывает на то, что весь гидроксид кальция вступил в реакцию, с образованием низкоосновных гидросиликатов кальция тоберморитовой группы. Водопоглощение образца 5 оказалось наибольшим и составило 69%. Это указывает на высокую пористость сорбента, что является одной из главных характеристик любого сорбента.

Таблица 3. Результаты изучения адсорбционных свойств тоберморитовых адсорбентов меди ($10,6 \text{ мг/дм}^3$), цинка ($88,9 \text{ мг/дм}^3$) и никеля ($1,49 \text{ мг/дм}^3$).

а- содержание ионов тяжелых металлов после очистки, б-эффективность адсорбции (%)

Условия эксперимента	Показатели эффективности очистки воды от ионов:					
	Cu		Zn		Ni	
	а	б	а	б	а	б
Образец 1	0,15	98,6	9,3	89,5	0,23	84,6
Образец 2	0,25	97,6	25,1	71,8	0,28	81,2
Образец 3	0,12	98,9	1,29	98,5	0,064	95,7
Образец 4	0,17	98,4	6,6	92,6	0,21	85,9
Образец 5	0,022	99,8	0,22	99,8	0,0015	99,9

Полученные в работе экспериментальные результаты являются основой для разработки технологической схемы очистки сточных вод при статических условиях (рис.2). Сточная вода и сорбент подаются в смеситель-реактор (1), где происходит интенсивное перемешивание смеси, после чего смесь поступает в отстойник (2). После отстаивания в течение суток происходит выпуск отработанного сорбента и очищенной воды.

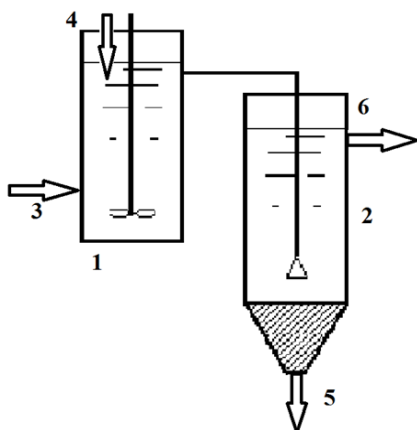


Рис.2. Схема сорбционной установки для очистки сточных вод гальванического производства: 1-смеситель-реактор, 2-отстойник, 3-подача сточной воды на очистку, 4-ввод сорбента, 5-выпуск отработанного сорбента, 6-выпуск очищенной воды.

Выводы:

- Установлена принципиальная возможность получения тоберморитовых адсорбентов из стеклобоя и отходов водоподготовки, пригодных для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов.
 - Установлено, что наилучшую адсорбционную способность (до 99,9%) имеют образцы, содержащие: 58,1 % стеклобоя, 38,5 % гашеной извести и 3,4 % гидроксида натрия, что объясняется образованием наибольшего количества гидросиликатов кальция тоберморитовой группы.
- Предложена технологическая схема установки по очистке сточных вод при статических условиях с использованием адсорбента, синтезированного из отходов стекла

Список литературы

1. Imteaz M.A., Ali M.M.Y., Arulrajah A. Possible environmental impacts of recycled glass used as a pavement base material // Waste Management&Research. – 2012. – V. 30. – № 9. – P. 917–921.

2. Боженев П.И. В сб.: Безотходные технологии и использование вторичных продуктов и отходов в промышленности строительных материалов. – М.: Стройиздат, 1985. – С. 38–40.
3. Edwards K.L., Axinte E., Tabacaru L.L. A critical study of the emergence of glass and glassy metals as «green» materials // *Materials&Design*. – 2013. – V. 50. – P. 712–723.
4. Mueller J.R., Boehm M.W., Drummond C. Direction of CRT waste glass processing: Electronics recycling industry communication // *Waste Management*. – 2012. – V. 32. – № 8. – P. 1560–1565.
5. Alani A., MacMullen J., Telik O., Zhang Z.Y. Investigation into the thermal performance of recycled glass screed for construction purposes // *Construction and Building Materials*. – 2012. – V. 29. – P. 527–532.
6. Зайцева Е.И. Строительные безобжиговые композиты на основе боя технических стекол // *Ж. Рос. Хим. об-ва им. Д.И. Менделеева*. – 2003. – Т. XLVII. – № 4. – С. 26–31.
7. Makowski C., Finkl C.W., Rusenko K. Suitability of Recycled Glass Cullet as Artificial Dune Fill along Coastal Environments // *Journal of Coastal Research*. – 2013. – V. 29. – № 4. – P. 772–782.
8. Coleman N.J. 11 Ctobermorite ion exchanger from recycled container glass // *Int. J. of Environment and Waste Management*. – 2011. – V. 8. – № 3/4. – P. 366–382.
9. Либау Ф. Структурная химия силикатов. – М.: Мир, 1988. – 416 с.
10. Антипина С.А., Верещагин В.И. Термостойкий материал для литья алюминия // *Известия Томского политехнического университета*. – 2009. – Т. 314. – № 3. – С. 8–11.
11. Coleman N.J. Interactions of Cd (II) with waste_derived 11 C tobermorites // *Separation and Purification Technology*. – 2006. – V. 48. – P. 62–70.
12. Reinik J., Heinmaa I., Mikkola J.P., Kirso U. Hydrothermal alkaline treatment of oil shale ash for synthesis of tobermorites // *Fuel*. – 2007. – V. 86. – P. 669–676.
13. Coleman N.J., Trice C.J., Nicholson J.W. 11 Ctobermorite from cement bypass dust and waste container glass: a feasibility study // *Int. J. Miner. Process*. – 2009. – V. 93. – P. 73–78.
14. Боженев П.И. Технология автоклавных материалов. – Л.: Стройиздат, 1978. – 368 с.
15. Лебедева Е.Ю., Казьмина О.В. Синтез тоберморита на основе промышленного стеклобоя. Перспективы развития фундаментальных наук: Труды IX Междунар. конф. студентов и молодых учёных. – Томск, 2012. – С. 420–422.

Экологическая оценка состояния атмосферного воздуха на примере г. Воронежа

Костылева Л.Н., Булгакова Л.М.

Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.

Жуковского и Ю.А. Гагарина»,

Воронежский государственный университет инженерных технологий, г. Воронеж, Россия

Атмосферный воздух является одним из наиболее значимых факторов среды обитания, оказывающих влияние на здоровье человека. Воздушная среда города значительно отличается по своим характеристикам от состояния воздушной атмосферы в природных системах, находящихся в тех же природно-климатических условиях. Любое отклонение от нормы и, следовательно, загрязнение воздуха неблагоприятно влияет на здоровье людей, поэтому охрана атмосферного воздуха считается приоритетной проблемой оздоровления природной среды в целом.

Исследования проводились на примере г. Воронежа. Основные источники поступления загрязняющих веществ в атмосферный воздух представлены промышленными предприятиями города и автотранспортом. Причем автотранспорт является основным источником загрязнения атмосферы, на его долю в г. Воронеже приходится 85 % общего загрязнения воздушного бассейна; а 15 % - на стационарные источники загрязнения: промышленные предприятия и теплоэнергетику.

В г. Воронеже зарегистрировано 12426 действующих источников загрязнения воздушного бассейна, в выбросах которых присутствуют 324 наименования веществ. Ежегодно в приземный слой атмосферы города от стационарных источников поступает порядка 15 тыс. 370 тонн химических веществ.

В структуре выбросов подавляющая доля (около 80,3%) приходится на газообразные и жидкие загрязняющие вещества.

Основной вклад в загрязнение атмосферы г. Воронежа вносят:

- предприятия дорожно-транспортного комплекса - 20%;
- предприятия пищевой промышленности - 20%;
- предприятия теплоэнергетики - 17%;