

Работа выполнена при поддержке Фонда содействия инновациям в рамках программы «УМНИК» по договору № 14916ГУ/2019 от 19.12.2019.

Литература

1. Хаджиев С. Н., Шпирт М. Я. Микроэлементы в нефтях и продуктах их переработки // Ин-т нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева РАН. М.: Наука. – 2012. – С. 3-76.
2. Минин В. А. Характеристика теплоснабжения небольших населенных пунктов Мурманской области // Труды Кольского научного центра РАН. – 2014. – №. 7 (26).
3. Goncharov K. V. et al. Processing of fuel oil ash from thermal power plant with extraction of vanadium and nickel //Non-Ferr. Met. – 2020. – Т. 1. – С. 3-7.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА ОСНОВЕ МИНЕРАЛЬНЫХ СОРБЕНТОВ
Кольцова А.В.**

Научный руководитель доцент А.П. Чернова
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

С развитием современной индустрии, сельскохозяйственной деятельности и ряда других причин происходит ухудшение качества воды. В связи с этим токсичные соединения, содержащиеся в питьевой воде, накапливаются в организме человека и отравляют его [1]. Решение этой проблемы способствовало появлению различных методов очистки питьевой воды от органических и неорганических соединений. Однако технологические процессы, применяемые сегодня, отличаются сложным исполнением и высокой стоимостью реализации. В настоящее время наиболее перспективным методом очистки питьевых вод, среди существующих, является сорбционный метод водоочистки [2]. Этот способ можно реализовать с использованием сорбентов на основе минерального сырья. Внедрение отечественных сорбентов имеет ряд преимуществ по сравнению с использованием импортных, а именно: существенное снижение затрат на производство и использование, развитие отечественной промышленности и увеличение экономического роста страны.

Данная статья посвящена исследованию сорбционной эффективности отечественных минеральных сорбентов для очистки питьевой воды от ионов Fe^{2+} , Ni^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cl^- , NO_3^- . Параллельно приведено исследование сорбции ионов кальция и магния (общая жесткость), а также показатель кислотности воды.

В качестве объектов исследования были выбраны сорбенты, месторождения которых находятся на территории Российской Федерации, а именно: палыгорскит 0-200 мкм (Борщевское месторождение, Калужской области), равнообъемная смесь сорбентов (вулканический цеолит – 30,2 %, трепел – 16,8 %, глауконитовый песок – 46,8 % и вермикулит – 6,2 %) 0-500 мкм и трепел с 20 (мас. %) CaO 0-500 мкм (Зикеевское месторождение, Калужской области).

Исследование эффективности сорбции минеральных сорбентов было проведено на модельных растворах. Модельные растворы, содержащие ионы Fe^{2+} , Ni^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cl^- , NO_3^- готовились из солей $FeSO_4(NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$ (соль Мора), $NiSO_4$, $MnSO_4$, $CuSO_4$, $ZnCl_2$, $CdCl_2$, $Pb(NO_3)_2$, KCl , KNO_3 соответственно с концентрацией от 1000 мг/л до 1 мг/л в зависимости от значения ПДК для питьевой воды. Кроме этого, исследовали сорбцию метиленового голубого на природных сорбентах, с исходной концентрацией 10 мг/л. Количественное содержание ионов до и после сорбции определяли методами спектрофотометрии на приборе UNICO 1201 для ионов Fe^{2+} , ($\lambda = 430$ нм), Ni^{2+} , ($\lambda = 475$ нм), метиленового голубого ($\lambda = 662$ нм), потенциометрии на иономере ИТАН для ионов Cl^- , NO_3^- , инверсионной вольтамперометрии по методике 08-47/203, ФР.1.29.2010.07102 на вольтамперметре СТА-2 (г. Томск) для ионов Mn^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} .

Сорбционную емкость A_e ($мг \cdot г^{-1}$) рассчитывали по формуле (1):

$$A_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{m}, \quad (1)$$

где A_e – сорбционная емкость, $мг \cdot г^{-1}$; C_0 – исходная концентрация, $мг \cdot л^{-1}$; C_e – равновесная концентрация, $мг \cdot л^{-1}$; V – объем, л; m – масса, г.

Результаты исследования сорбционной емкости на основе минеральных сорбентов представлены в таблице 1.

Для определения жесткости воды проведено титрование пробы раствором трилона Б (0,2 Н) при рН=10 в присутствии индикатора Эриохром черный.

Жесткость рассчитывали по формуле (2):

$$Ж_{общ.} = \frac{C_{тр} \cdot V_{тр} \cdot 1000}{V}, \quad (2)$$

где $C_{тр}$ – концентрация раствора трилона Б, $моль/дм^3$ КВЭ, $V_{тр}$ – объем раствора трилона Б, пошедшего на титрование пробы, $см^3$, V – объем пробы воды, взятый для титрования, $см^3$.

Полученные результаты исследования жесткости воды до и после сорбции представлены в таблице 2.

Определение показателя рН водопроводной воды до и после сорбции проводилось методом потенциометрии.

Результаты исследования кислотности водопроводной воды до и после сорбции представлены в таблице 3.

СЕКЦИЯ 8. ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНОГО И УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

Таблица 1

Значение сорбционной емкости минеральных сорбентов ($P = 0,95; n = 3$)

Адсорбат	Исходная концентрация, мг·л ⁻¹	Сорбционная емкость, мг·г ⁻¹		
		Пальгорскит 0-200 мкм	Смесь сорбентов 0-500 мкм	Трепел с 20 (мас. %) СаО 0-500 мкм
Fe ²⁺	2,659 ± 0,008	0,029 ± 0,007	0,145 ± 0,001	0,043 ± 0,007
Ni ²⁺	4,06 ± 0,07	2,74 ± 0,07	3,72 ± 0,035	3,79 ± 0,035
Mn ²⁺	30 ± 8	19,8 ± 5,5	26,8 ± 7,2	24,2 ± 6,6
Cu ²⁺	9,6 ± 1,8	9,5 ± 1,8	9,5 ± 1,8	9,5 ± 1,8
Zn ²⁺	6,6 ± 2	6,49 ± 1,97	6,58 ± 1,99	6,58 ± 1,99
Cd ²⁺	9,7 ± 2,3	9,6 ± 2,3	9,6 ± 2,3	9,7 ± 2,3
Pb ²⁺	8,5 ± 1,8	8,5 ± 1,8	7,9 ± 1,7	8,4 ± 1,8
Cl ⁻	688 ± 69	41 ± 4	-	-
NO ₃ ⁻	6,6 ± 0,8	-	-	-
Метиленовый голубой	6,05 ± 0,06	4,4 ± 2,9	1,58 ± 0,06	4,31 ± 0,11

- превышение исходной концентрации.

Таблица 2

Значение жесткости воды до и после сорбции в статических условиях ($P = 0,95; n = 3$)

До сорбции, ммоль/л	После сорбции, ммоль/л		
	Пальгорскит 0-200 мкм	Смесь сорбентов 0-500 мкм	Трепел с 20 (мас. %) СаО 0-500 мкм
5,67 ± 0,36	6,0 ± 0,3	2,33 ± 0,12	2,0 ± 0,1

Таблица 3

Значение кислотности водопроводной воды до и после сорбции ($P = 0,95; n = 3$)

До сорбции	После сорбции		
	Пальгорскит 0-200 мкм	Смесь сорбентов 0-500 мкм	Трепел с 20 (мас. %) СаО 0-500 мкм
7,08 ± 0,02	7,82 ± 0,22	9,2 ± 0,1	9,25 ± 0,09

Было установлено, что наибольшую сорбционную эффективность (более 55%) по отношению к ионам тяжелых металлов, хлорид ионам и метиленовому голубому имеет пальгорскит (таблица 1). Однако он имеет неудовлетворительный показатель по сорбции ионов жесткости. В тоже время показано, что модифицированный трепел оксидом кальция можно использовать для умягчения водопроводной воды, значение которой уменьшилось в 3 раза (таблица 2). Также стоит отметить, что все исследуемые образцы минеральных сорбентов привели к смещению кислотности в щелочную область за счет наличия кремния и/или алюминия в составе минерала.

Несмотря на это, считаем, что проведенное исследование продемонстрировало возможность использования выбранных сорбентов в процессе водоочистки. Для внедрения сорбентов в промышленных масштабах, необходимо проводить дополнительные исследования для определения оптимальных условий их использования, а также оценить экономическую целесообразность применения таких сорбентов в сравнении с другими методами очистки воды.

Литература

1. Танасова А. С., Зайцев И. В. Влияние антропогенного загрязнения вод металлами на здоровье населения индустриально-нагруженного региона // Тенденции развития науки и образования. – 2016. – №. 14-3. – С. 40-42.
2. Юрмазова Т. А. и др. Адсорбция нефтепродуктов и неорганических ионов на минеральном сорбенте // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2018. – Т. 329. – №. 5. – С. 125-134.