

Интернет-журнал «Мир науки» ISSN 2309-4265 <http://mir-nauki.com/>

Выпуск 2 - 2015 апрель — июнь <http://mir-nauki.com/issue-2-2015.html>

URL статьи: <http://mir-nauki.com/PDF/25TMN215.pdf>

УДК 541.128

## **Мартемьянова Ирина Владимировна**

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»  
Россия, Томск  
Аспирант  
E-mail: martemiv@yandex.ru

## **Мосолков Алексей Юрьевич**

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»  
Россия, Томск  
Аспирант  
E-mail: ornitolog99@gmail.com

## **Плотников Евгений Владимирович**

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»  
Россия, Томск  
Научный сотрудник  
Кандидат химических наук  
E-mail: plotnikov.e@mail.ru

## **Воронова Олеся Александровна**

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»  
Россия, Томск  
Ассистент кафедры физической и аналитической химии  
Кандидат химических наук  
E-mail: oaa@tpu.ru

## **Журавков Сергей Петрович**

ФГАОУ ВО Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
Россия, Томск  
Старший научный сотрудник лаборатории 12  
Кандидат химических наук  
E-mail: zhursp@yandex.ru

## **Мартемьянов Дмитрий Владимирович**

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»  
Россия, Томск  
Инженер-исследователь лаборатории 12  
E-mail: martemdv@yandex.ru

## **Короткова Елена Ивановна**

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»  
Россия, Томск  
Профессор кафедры физической и аналитической химии  
Доктор химических наук  
E-mail: eikor@mail.ru

## Исследование свойств наноструктурного адсорбента

**Аннотация.** Использование сорбентов для извлечения из воды ионов тяжёлых металлов является одним из эффективных методов очистки водных сред. Для увеличения эффективности извлечения ионов тяжёлых металлов из водных растворов, производят иммобилизацию нановолокон оксигидроксида алюминия на поверхности сорбционного носителя. Однако в литературе недостаточно описаны сорбционные свойства материалов, модифицированных нановолокнами оксигидроксида алюминия. В данной работе была исследована морфология поверхности модифицированного сорбента, определены его удельная поверхность и удельный объём пор, а также изучены сорбционные характеристики. Исследование показало, что на поверхности минерального носителя находятся иммобилизованные нановолокна оксигидроксида алюминия и определены их размеры. Доказано, что с увеличением фракционного состава образца сорбента, уменьшается его удельная поверхность и удельный объём пор. В результате сорбционных исследований удалось определить у полученного сорбента высокую степень извлечения ионов  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$  из модельных растворов.

**Ключевые слова:** адсорбент; очистка воды; свинец; оксигидроксид алюминия; цеолит; медь; наноструктурный сорбент; оксигидроксид железа; нановолокно; железо.

### Ссылка для цитирования этой статьи:

Мартемьянова И.В., Мосолков А.Ю., Плотников Е.В., Воронова О.А., Журавков С.П., Мартемьянов Д.В., Короткова Е.И. Исследование свойств наноструктурного адсорбента // Интернет-журнал «Мир науки» 2015 №2 <http://mir-nauki.com/PDF/25TMN215.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**Введение.** На протяжении последних десятилетий проблема загрязнения гидросферы Земли химическими веществами, представляет серьёзную угрозу для человека [1, 2]. Среди присутствующих в водных средах химических веществ, тяжёлые металлы представляют особую опасность [3]. Ионы тяжёлых металлов, находящиеся в воде, при попадании в организм человека способны к биоаккумуляции в тканях организма. При достижении определённой концентрации в организме, тяжёлые металлы могут вызвать отравления и мутации. Ионы тяжёлых металлов оседают на стенках тончайших систем организма, а также засоряют каналы печени и почечные каналы, что приводит к накоплению токсинов и продуктов жизнедеятельности клеток организма, то есть самоотравление организма. Среди различных методов очистки воды от ионов тяжёлых металлов, таких как: мембранный метод, химическая нейтрализация, сорбция, ионный обмен, в последние годы всё чаще в практике водоочистки используются сорбенты с модифицированным зарядом поверхности [4].

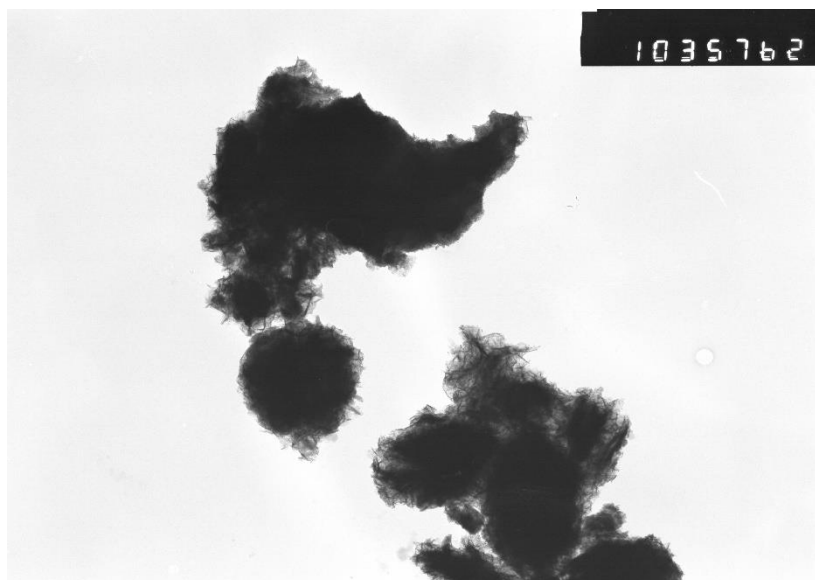
Целью данной работы является исследование наноструктурного сорбционного материала на основе природного цеолита, модифицированного нановолокнами оксигидроксида алюминия и оксигидроксидом железа и определение его физико-химических характеристик и сорбционных свойств, при извлечении ионов  $Pb^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  из модельных растворов.

**Материалы и методы исследования.** Для оценки морфологии модифицированной поверхности у исследуемых образцов сорбентов использовали метод просвечивающей электронной микроскопии (просвечивающий электронный микроскоп JEM-100-CXII (JEOL, Япония). При действии электронного пучка на образец сорбента электроны, которые проходят рядом с атомами вещества сорбента, отклоняются в направлении, которое определяется свойствами исследуемого образца. Этим объясняется определяемый контраст изображения. При изменении направления и энергии, электроны претерпевают неупругое рассеяние, будучи поглощённые исследуемым образцом или не взаимодействуя с сорбентом при прохождении. При поглощении электронов исследуемым образцом сорбента образуется рентгеновское или световое излучение, или выделяется тепло. Если частица исследуемого сорбента достаточно тонкая, то количество рассеянных электронов небольшое. Конструкции современных микроскопов позволяют использовать для получения изображения все возникающие эффекты, которые проявляются при действии электронного луча на объект.

Для оценки величины площади удельной поверхности ( $S_{уд}$ ) и значения удельного объема пор ( $P$ ) использовали метод тепловой десорбции азота на анализаторе «СОРБОМЕТР М». Измерение величины удельной поверхности с различными парциальными давлениями газа-адсорбата осуществляет прибор «СОРБОМЕТР М», по методу БЭТ в соответствии с ГОСТ 23401-90 и методу STSA, в результате чего возможно определять суммарный объем мезо- и макропор и объем микропор исследуемых образцов сорбентов.

Сорбция ионов  $Pb^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  проводилась в статическом режиме, при перемешивании на магнитной мешалке. Для проведения эксперимента брали навеску исследуемого образца массой ( $m$ ) 1 г, помещали её в стеклянный стакан ( $V= 100 \text{ см}^3$ ), заливали  $100 \text{ см}^3$  раствора ( $V$ ) с начальной концентрацией,  $C_0$   $Pb^{2+} = 2,49 \text{ мг/дм}^3$ ,  $C_0$   $Fe^{3+} = 10,37 \text{ мг/дм}^3$  и  $C_0$   $Cu^{2+} = 2,53 \text{ мг/дм}^3$ . Модельные растворы готовили на дистиллированной воде с использованием государственных стандартных образцов растворов ионов свинца, меди и железа. pH исходных растворов было следующим:  $Fe^{3+} - 2,4$ ,  $Cu^{2+} - 5,1$ ,  $Pb^{2+} - 5,2$ . Процесс осадительной сорбции для исследуемого образца проводили при времени контакта: 0,5, 1, 5, 15, 30, 60 и 150 минут. После проведения процесса сорбции, раствор отделяли от сорбента на бумажном фильтре «синяя лента» и определяли равновесные концентрации адсорбатов ( $C_p$ ). Концентрации ионов  $Pb^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ , определяли методом инверсионной вольтамперометрии [5], а концентрацию ионов  $Fe^{3+}$  анализировали фотокolorиметрически.

**Результаты и их обсуждение.** Для изучения поверхности исследуемого образца наноструктурного сорбционного материала применяли метод просвечивающей электронной микроскопии. На рисунке 1 представлен образец сорбента на основе природного цеолита Чугуевского месторождения (размер фракции менее 0,1 мм), модифицированного нановолокнами оксогидроксида алюминия и оксогидроксидом железа, при увеличении в 10000 раз. На поверхности цеолита и на поверхности скоплений оксогидроксида железа видны иммобилизованные нановолокна оксогидроксида алюминия, с размером волокон 50-200 нм в длину и в ширину 2 нм.



*Рисунок 1. Микрофотография образца сорбционного материала на основе природного цеолита с частицами оксогидроксида железа и нановолокнами оксогидроксида алюминия (увеличение в 10000 раз).*

Были определены структурные характеристики образцов исследуемого сорбционного материала. В таблице представлены величина удельной поверхности ( $S_{уд}$ ) и удельный объем пор ( $P$ ) у полученных образцов сорбентов.

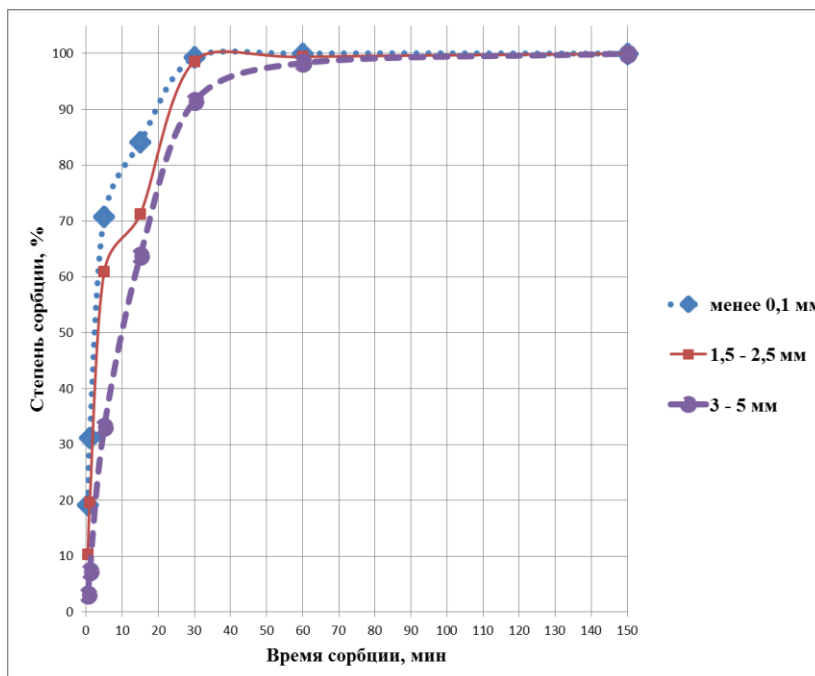
**Таблица**

**Величина удельной поверхности и удельный объем пор исследуемого сорбционного материала при разном гранулометрическом составе**

Фракционный состав сорбента, мм	Удельная поверхность ( $S_{уд}$ ), $m^2/g$	Удельный объем пор ( $P$ ), $cm^3/g$
менее 0,1	163,6	0,23
1,5-2,5	76,2	0,12
3-5	63,8	0,1

Из результатов, представленных в таблице видно, что с увеличением размера частиц исследуемого образца сорбента, снижается его величина удельной поверхности и удельный объем пор.

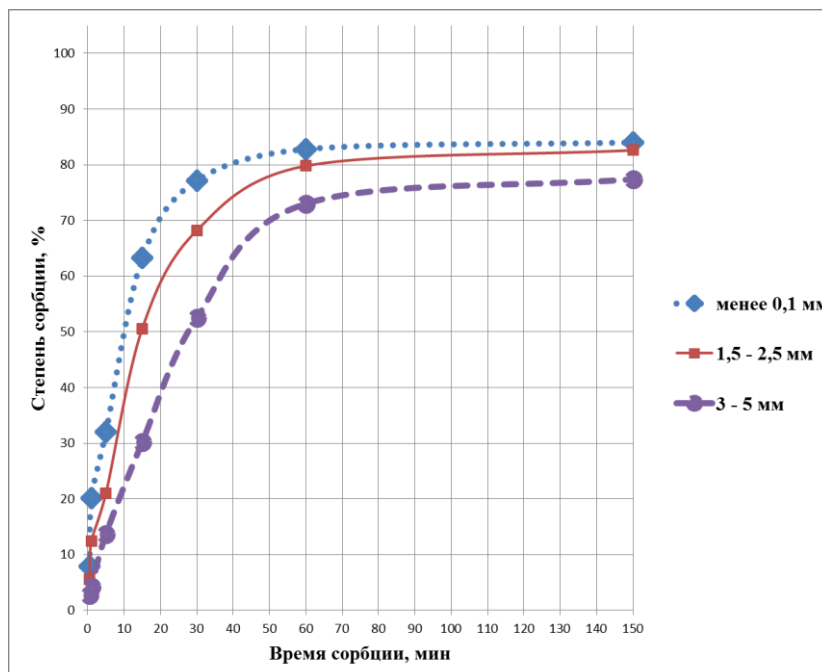
При использовании исследуемого сорбента в процессе статической сорбции, была определена степень извлечения ионов  $Pb^{2+}$  из модельного раствора, при различном времени контакта. Сорбционные свойства исследуемого материала представлены на рисунке 2.



*Рисунок 2. Эффективность сорбции ионов  $Pb^{2+}$  из модельного раствора образцами наноструктурного адсорбента*

На графике (рисунок 2) видно, что наилучшие свойства при извлечении ионов  $Pb^{2+}$  из модельного раствора показывает образец с размером фракции менее 0,1 мм. Самые низкие сорбционные свойства демонстрирует образец с размером фракции 3-5 мм. При 60 минутах процесса, сорбционные свойства всех исследуемых образцов практически одинаковые.

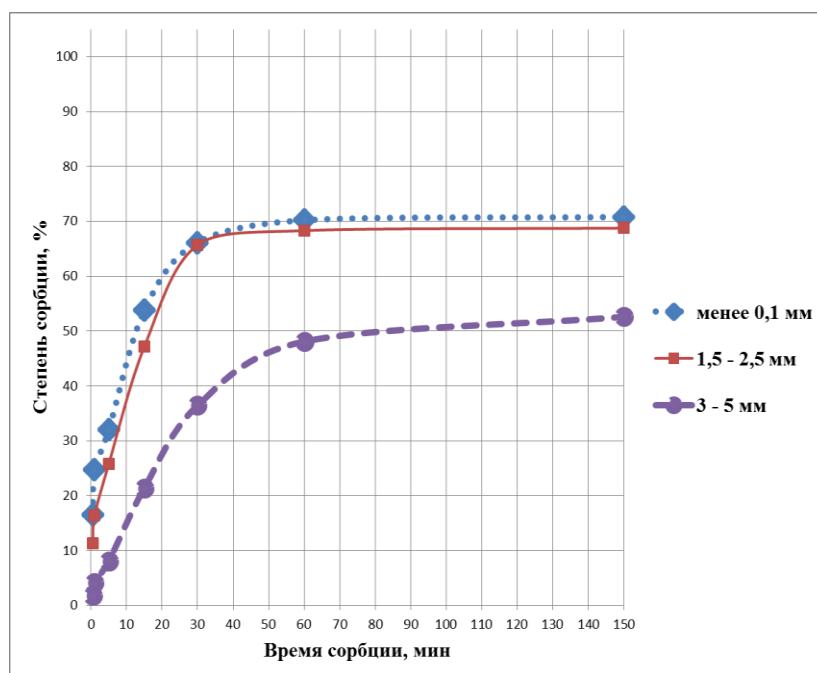
На рисунке 3 представлены экспериментальные результаты по исследованию сорбционных свойств наноструктурного адсорбента при извлечении ионов  $Fe^{3+}$  из модельного раствора.



*Рисунок 3. Эффективность сорбции ионов  $Fe^{3+}$  из модельного раствора образцами наноструктурного сорбента*

Согласно экспериментальным данным, представленным на рисунке 3 - наилучшие свойства при извлечении ионов  $Fe^{3+}$  из модельного раствора проявляет фракция с размером частиц менее 0,1 мм. Более низкую сорбционную эффективность демонстрирует образец с размером фракции 3-5 мм.

Сорбционные характеристики наноструктурного материала при извлечении ионов  $Cu^{2+}$  из модельного раствора показаны на рисунке 4.



**Рисунок 4.** Эффективность сорбции ионов  $Cu^{2+}$  из модельного раствора образцами наноструктурного адсорбента

На графике видно, что у образцов с размером фракции менее 0,1 мм и 1,5-2,5 мм сорбционные характеристики практически одинаковые. Образец сорбента с гранулометрическим составом 3-5 мм показывает гораздо более низкие свойства, при извлечении ионов  $Cu^{2+}$  из модельного раствора.

**Выводы.** При исследовании морфологии поверхности образцов сорбента, установлено, что оксигидроксид алюминия, иммобилизованный на поверхности цеолита находится в виде нановолокон, а оксигидроксид железа в виде отдельных агломератов.

Изучение адсорбционных свойств исследуемого сорбента позволило выявить наиболее эффективный образец при извлечении ионов  $Pb^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  из модельных растворов. Этот образец с размером частиц менее 0,1 мм имеет наилучшие сорбционные характеристики и наибольшую величину удельной поверхности и удельного объема пор.

Работа выполнена в рамках госзадания "Наука" Министерства образования и науки РФ при поддержке гранта РФФИ № 15-04-01110.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев Р. А. Водоснабжение и санитарная техника. – М.: Издательство, 1999. – 246 с.
2. Фрог Б. Н., Левченко А. П. Водоподготовка. – М.: Изд-во МГУ, 1996. – 680 с.
3. Тягунов Г. В., Ярошенко Ю. Г. Экология: учебник - М.: Интермет Инжиниринг, 2000. – 300 с.
4. Мартемьянов Д. В., Галанов А. И., Юрмазова Т. А. Определение сорбционных характеристик различных минералов при извлечении  $As^{5+}$ ,  $Cr^{6+}$ ,  $Ni^{2+}$  из водных сред // Фундаментальные исследования № 8 (часть 3), 2013 год, с. 666-670.
5. Скачков В. Б. Измерение массовой концентрации химических веществ методом инверсионной вольтамперометрии: Сборник методических указаний – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – 271 с.

**Martemianova Irina Vladimirovna**

National Research Tomsk Polytechnic University  
Russia, Tomsk  
E-mail: martemiv@yandex.ru

**Mosolkov Alexey Yurievich**

National Research Tomsk Polytechnic University  
Russia, Tomsk  
E-mail: ornitolog99@gmail.com

**Plotnikov Evgenii Vladimirovich**

National Research Tomsk Polytechnic University  
Russia, Tomsk  
E-mail: plotnikov.e@mail.ru

**Voronova Olesya Aleksandrovna**

National Research Tomsk Polytechnic University  
Russia, Tomsk  
E-mail: oaa@tpu.ru

**Zhuravkov Sergey Petrovich**

National Research Tomsk Polytechnic University  
Russia, Tomsk  
E-mail: zhursp@yandex.ru

**Martemianov Dmitrii Vladimirovich**

National Research Tomsk Polytechnic University  
Russia, Tomsk  
E-mail: martemdv@yandex.ru

**Korotkova Elena Ivanovna**

National Research Tomsk Polytechnic University  
Russia, Tomsk  
E-mail: eikor@mail.ru



## **Investigation of properties of nanostructured adsorbent**

**Abstract.** Sorbents are widely used for the extraction of heavy metals as one of the effective methods of water purification. However, properties of materials modified with nanofibers of oxohydroxide aluminum insufficiently described in the literature. Here we present results of the surface morphology investigation of the modified sorbent and its sorption characteristics. Nanofibers of oxohydroxide of aluminum were immobilized on the surface of the sorbent to increase the efficiency of extraction of heavy metal ions from aqueous media. Surface immobilized nanofibers and their sizes were determined. It proved that with the increase of the fractional composition of the sample of the sorbent decreases its specific surface area and specific pore volume. Sorption studies showed sorbent has a high degree of extraction of ions of  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  and  $\text{Fe}^{3+}$  from model solutions.

**Keywords:** adsorbent; water purification; lead; aluminum oxohydroxide; zeolite; copper; nanostructured sorbent; iron oxohydroxide; nanofibers; iron.

## REFERENCES

1. Belyaev R. A. Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika. – M.: Izdatel'stvo, 1999. – 246 s.
2. Frog B. N., Levchenko A. P. Vodopodgotovka. – M.: Izd-vo MGU, 1996. – 680 s.
3. Tyagunov G. V., Yaroshenko Yu. G. Ekologiya: uchebnik - M.: Internet Inzhiniring, 2000. – 300 s.
4. Martem'yanov D. V., Galanov A. I., Yurmazova T. A. Opredelenie sorbtsionnykh kharakteristik razlichnykh mineralov pri izvlechenii As<sup>5+</sup>, Cr<sup>6+</sup>, Ni<sup>2+</sup> iz vodnykh sred // Fundamental'nye issledovaniya № 8 (chast' 3), 2013 god, s. 666-670.
5. Skachkov V. B. Izmerenie massovoy kontsentratsii khimicheskikh veshchestv metodom inversionnoy vol'tamperometrii: Sbornik metodicheskikh ukazaniy – M.: Federal'nyy tsentr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, 2003. – 271 s.