

Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. - 2015. - № 2 (13). - С. 97-109.

7. Галкина Ю.М., Перспективы ионообменной технологии очистки сточных вод гальванического производства. / Галкина Ю.М., Тарчигина Н.Ф. // Энергосбережение и водоподготовка. - №3. - 2008. - С. 25-27.

8. Субботин В.А., Реагентная очистка сточных вод от цинка и меди в присутствии солей аммония. Физико-химическая очистка и методы анализа промышленных сточных вод. / Субботин В.А., Кобякова Н.И. - Москва: ВНИИС, 1998. –240 с.

9. Волоцков Ф.П., Очистка и использование сточных вод гальванического производства. / Волоцков Ф.П. - Москва: Стройиздат, 1983. – 104с.

УДК 628.31

Шайхиев И.Г. д-р. техн. наук, доц.,
Нгуен Тхи Ким Тхоа, асп.
(КНИТУ, г. Казань, Россия)

Калиндеева И.А., ведущ. инж.
(АО «Завод им. Горького» г. Зеленодольск, Россия)

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОПИЛОК ДЕРЕВЬЕВ В КАЧЕСТВЕ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

*Проведен анализ литературных источников по использованию целлюлозосодержащих отходов деревопереработки и от переработки сельскохозяйственного сырья и в качестве сорбционных материалов для удаления поллютантов из водных сред. Найдено, что опилки, образующиеся при переработке древесной биомассы, являются перспективными сорбционными материалами для удаления ионов тяжелых металлов из природных и сточных вод. Сделан вывод о целесообразности исследований по удалению ионов тяжелых металлов опилками сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) и березы повислой (*Betula pendula*).*

Ключевые слова: целлюлозосодержащие отходы деревопереработки, сельского хозяйства, сорбционные материалы, поллютанты, удаление.

Адсорбционный метод очистки широко применяется в промышленном производстве и водоподготовке для удаления поллютантов различной природы из сточных и природных вод. Преимуществами адсорбционной очистки является возможность извлечения из водных сред загрязнителей любой концентрации, очистка до требований природоохранных и санитарно-гигиенических норм, простота процесса и оборудования и ряд других факторов.

Применяемые в промышленности активированные угли, как правило, имеют развитую поверхность с площадью более 500 м²/г и,

следовательно, обладают высокими адсорбционными характеристиками. Однако, активированным углям присущи и некоторые недостатки, такие как высокая стоимость и, в этой связи, необходимость регенерации, что существенно удорожает процессы водоподготовки и очистки сточных вод в промышленном производстве.

В настоящее время в мировом сообществе интенсивно развивается новое направление в практике очистки природных и сточных вод от поллютантов – использование в качестве сорбционных материалов природных минеральных соединений (ПМС) или же целлюлозо-, кератин- и танинсодержащих отходов промышленного и сельскохозяйственного производства.

Использование первых – ПМС характеризуется большими объемами и дешевизной, но, как правило, отличается малыми сорбционными показателями по отношению к загрязнителям. К тому же, возникает проблема утилизации насыщенного поллютантами сорбционного материала. Захоронение последних способствует отторжению больших площадей земельной поверхности.

Использование кератинсодержащих компонентов, как правило, животного происхождения (шерсть, рога, копыта, чешуя рыб) отличается высокими сорбционными характеристиками по отношению к ионам тяжелых металлов (ИТМ) и нефтепродуктам. Сдерживающим фактором широкого использования кератинсодержащих отходов является малый объем образования и проблемы при хранении.

Гораздо шире исследованы в качестве сорбционных материалов целлюлозосодержащие компоненты растительной биомассы, а также отходы от ее переработки. Особый интерес представляют отходы от переработки древесного сырья. В настоящее время в литературных источниках имеется несколько тысяч публикаций, посвященных использованию биомассы и отходов от переработки древесного сырья в качестве сорбционных материалов ИТМ, красителей, нефти и продуктов ее переработки и других поллютантов для очистки природных и сточных вод [1-12]. Положительным аспектом использования последних является многотоннажность образования и дешевизна. Также у целлюлозосодержащих отходов деревопереработки отрицательной чертой является проблема хранения последних, связанная с возможностью возгорания или загнивания.

Особую нишу в исследуемом вопросе занимают отходы переработки древесной биомассы. В процессе переработки древесины, более 50 % биомассы деревьев переходят в разряд отходов. К последним относятся сучья, щепы, стружка, кора, иголки и листья,

шишки, опилки и другие компоненты. Особую позицию составляют опилки, образующиеся при пилке древесной биомассы.

К наиболее значимым поллютантам, попадающим в природные воды в составе недостаточно очищенных сточных вод, относятся ионы тяжелых металлов. Попадание последних в природные водоемы приводит к угнетению, деградации и смерти гидробионтов. Поэтому вопросы извлечения ионов тяжелых металлов из сточных вод с достижением норм для водоотведения являются весьма актуальными.

В мировой литературе имеется некоторое количество публикаций, посвященных изучению процессов адсорбции ионов тяжелых металлов опилками деревьев различных пород. В частности, указывается на удаление ионов Cu^{2+} опилками азадирахты индийской (*Azadirachta indica*) [17], манго (*Mangifera indica*) [18], мансонии (*Mansonia altissima*) [19], дуба черешчатого (*Quercus robur*) [20-22], тополя (*Populus alba*) [21], ивы белой (*Salix alba*) [22] и других пород деревьев. Имеются публикации по извлечению ионов Ni^{2+} опилками сосны черной (*Pinus nigra*) [23], палисандра (*Dalbergia sissoo*) [24], акации ушковидной (*Acacia auriculiformis*) [25] и других видов деревьев. Ионы Cr^{6+} сорбировались на поверхности опилок азадирахты индийской (*Azadirachta indica*) [26], бука восточного (*Fagus orientalis* L.) [27] и других деревьев. Опилки осины обыкновенной (*Populus tremula*), ивы белой (*Salix alba*), ели обыкновенной (*Picea abies*), дуба черешчатого (*Quercus robur*) и робинии ложноакациевой (*Robinia pseudoacacia*) исследовались в качестве СМ для извлечения из водных растворов ионов Cd^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} и Zn^{2+} (табл. 1) [28].

Таблица 1 - Эффективность удаления ионов тяжелых металлов опилками деревьев различных видов [28]

Опилки деревьев вида	Эффективность удаления ионов тяжелых металлов, %			
	Cu(II)	Zn(II)	Ni(II)	Cd(II)
<i>Populus tremula</i>	22.0	5.1	14.0	2.8
<i>Salix alba</i>	21.6	5.9	10.2	3.5
<i>Picea abies</i>	23.6	6.1	6.5	3.0
<i>Quercus robur</i>	32.7	24.3	–	–
<i>Robinia pseudoacacia</i>	28.2	16.5	–	–

Как следует из приведенных в таблице 1 данных, эффективность удаления ионов тяжелых металлов опилками названных пород деревьев низка, что предполагает их модификацию различными способами.

Наиболее распространенными в Российской Федерации среди деревьев являются сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) и береза повислая (*Betula pendula*). При распиловке последних образуется большое количество опилок, которые необходимо утилизировать. Публикаций по использованию опилок названных деревьев в качестве сорбционных материалов ионов тяжелых металлов в мировой литературе относительно мало, что делает данное направление исследований актуальным.

В связи с вышеизложенным, на кафедре Инженерной экологии Казанского национального исследовательского технологического университета начались работы по исследованию опилок названных пород деревьев в качестве сорбционных материалов для извлечения ионов металлов из сточных вод гальванических производств, как в нативной форме, так и после модификации химическими и физико-химическими методами.

Библиографический список

1. Шайхиев И.Г. Использование отходов деревопереработки в качестве реагентов для очистки сточных вод / И.Г. Шайхиев // Все материалы. Энциклопедический справочник. - 2008.-№ 12. - С. 29-42.
2. Шайхиев И.Г. Использование компонентов хвойных деревьев для удаления поллютантов из водных сред. 1. Сосновые / И.Г. Шайхиев, К.И. Шайхиева // Вестник технологического университета. – 2016. – т. 19. - № 4. – С. 127-141.
3. Шайхиев И.Г. Использование компонентов хвойных деревьев для удаления поллютантов из водных сред. 2. Еловые / И.Г. Шайхиев, К.И. Шайхиева // Вестник технологического университета. – 2016. – т. 19. - № 5. – С. 161-165.
4. Шайхиев И.Г. Использование компонентов хвойных деревьев для удаления поллютантов из водных сред. 3. Пихтовые / И.Г. Шайхиев, К.И. Шайхиева // Вестник технологического университета. – 2016. – т. 19. - № 6. – С. 160-164.
5. Шайхиев И.Г. Использование компонентов хвойных деревьев для удаления поллютантов из водных сред. 4. Лиственничные / И.Г. Шайхиев, К.И. Шайхиева // Вестник технологического университета. – 2016. – т. 19. - № 11. – С. 199-202.
6. Шайхиев И.Г. Использование компонентов хвойных деревьев для удаления поллютантов из водных сред. 5. Кедровые / И.Г. Шайхиев, К.И. Шайхиева // Вестник технологического университета. – 2016. – т. 19. - № 16. – С. 177-179.
7. Шайхиев И.Г. Использование компонентов хвойных деревьев для удаления поллютантов из водных сред. 6. Кипарисовые / И.Г. Шайхиев, К.И. Шайхиева // Вестник технологического университета. – 2016. – т. 19. - № 22. – С. 162-167.

8. Шайхиев И.Г. Использование компонентов хвойных деревьев для удаления поллютантов из водных сред. 7. Псевдотсуговые / И.Г. Шайхиев, К.И. Шайхиева // Вестник технологического университета. – 2017. – т. 20. - № 2. – С. 165-167.
9. Шайхиев И.Г. Использование компонентов хвойных деревьев для удаления поллютантов из водных сред. 8. Араукариевые / И.Г. Шайхиев, К.И. Шайхиева // Вестник технологического университета. – 2017. – т. 20. - № 10. – С. 152-154.
10. Alekseeva A. The use of leaves of different tree species as a sorption material for extraction of heavy metal ions from aqueous media / A. Alekseeva, D. Fazullin, D. Kharlyamov, G. Mavrin and ets // International Journal of Pharmacy & Technology. – 2016. - Vol. 8. - No. 2. – P. 14375-14391.
11. Bulgariu L. The utilization of leaf-based adsorbents for dyes removal: A review / L. Bulgariu, L.B. Escudero, O.S. Bello, M. Iqbal and ets. // Journal of Molecular Liquid. – 2019. – vol. 276. – P. 728–747.
12. Saka C. Applications on agricultural and forest waste adsorbents for the removal of lead (II) from contaminated waters / C. Saka, O. Sahin, M.M. Kucuk // International Journal of Environmental Science and Technology. – 2012. – vol. 9. – P. 379–394.
13. Dawood S. Review on dye removal from its aqueous solution into alternative cost effective and non-conventional adsorbents / S. Dawood, T.K. Sen // Journal of Chemical and Process Engineering. – 2014. – vol. 1. – P. 1-11.
14. Sulyman M. Low-cost Adsorbents Derived from Agricultural By-products/Wastes for Enhancing Contaminant Uptakes from Wastewater: A Review / M. Sulyman, J. Namiesnik, A. Gierak // Polish Journal of Environmental Studies. – 2017. - Vol. 26. - № 2. – P. 479-510.
15. Sen A. Heavy metals removal in aqueous environments using bark as a biosorbent / A. Sen, H. Pereira, M.A. Olivella, I. Villaescusa // International Journal of Environmental Science and Technology. – 2015. – vol. 12. – P. 391–404.
16. Malik D.S. Removal of heavy metals from emerging cellulosic low-cost adsorbents: a review / D.S. Malik, C.K. Jain, A.K. Yadav // Applied Water Science. – 2017. – vol. 7. – P. 2113–2136.
17. Rao P.S. Comparative sorption of copper and nickel from aqueous solutions by natural neem (*Azadirachta indica*) sawdust and acid treated sawdust / K.V. N.Suresh Reddy, S. Kalyani, A. Krishnaiah // Wood Science and Technology. – 2007. – vol. 41. – P. 427-442.
18. Ajmal M. Role of sawdust in the removal of copper(II) from industrial wastes / M. Ajmal, A. H. Khan, S. Ahmad, A. Ahmad // Water Research. – 1998. – vol 32 - № 10. – P. 3085-3091.
19. Ofomaja A.E. Competitive modeling for the biosorptive removal of copper and lead ions from aqueous solution by *Mansonia* wood sawdust / A.E. Ofomaja, E.I. Unuabonah, N.A. Oladoja // Bioresource Technology. – 2010. – vol. 101. – P. 3844-3852.
20. D. Lucaci, Wood waste for Cu²⁺ removal from wastewater. A Comparative study, / D. Lucaci, M. Visa, A. Duta // Environmental Engineering & Management Journal. - 10, 2. – 2011. – P. 169-174.

21. D. Lucaci, Adsorption of Cu²⁺ on white poplar and oak sawdust. / D. Lucaci, A. Duta, // Environmental Engineering & Management Journal. - 8, 4. – 2009. - 871-876.
22. D. Lucaci, Comparative adsorption of copper, on oak, poplar and willow sawdust / D. Lucaci, A. Duta, // Bulletin of the Transilvania University of Brasov. - Series I, 2, 51. – 2009. - 143-150.
23. Argun M.E. Nickel adsorption on the modified pine tree materials / M.E. Argun, S. Dursun, K. Gur. C. Ozdemir and ets. // Environmental Technology. – 2005. - Vol. 26. – P. 479-487.
24. Rehman H. Sorption Studies of Nickel Ions onto Sawdust of Dalbergia sissoo / H. Rehman, M. Shakirullah, I. Ahmad, S. Shah, Hameedullah // Journal of the Chinese Chemical Society. – 2006. – vol. 53. - 1045-1052.
25. Denisova T.R. Investigation of nikel ions adsorption by Acacia auriculiformis components / T.R. Denisova, I.Ya. Sippel, Kim Thi Thoa Nguyen, R.Z. Galimova, I.G. Shaikhiev / International Journal of Green Pharmacy. – 2018. – vol. 12. - № 4. – P. S895-S899.
24. Shukla S.S. Removal of nickel from aqueous solutions by sawdust / S.S. Shukla, L.J. Yu, K.L. Dorris, A. Shukla // Journal of Hazardous Materials. – 2005. – vol. B121. – P. 241-246.
26. Vinodhini V. Packed bed column studies on Cr (VI) removal from tannery wastewater by neem sawdust / V. Vinodhini, N. Das // Desalination. – 2010. – vol. 264. – P. 9-14.
27. F.N. Acar. The removal of chromium(VI) from aqueous solutions by Fagus orientalis L. / F.N. Acar, E. Malkoc // Bioresource Technology. – 2004. – vol. 94 – P. 13-15.
28. Љџибан М. Wood sawdust and wood originate materials as adsorbents for heavy metal ions / М. Љџибан, М. Клаљња // Holz als Roh- und Werkstoff. – 2004. – vol. 62. – № 1. – P.69-73.

УДК 628.3

Шайхиев И.Г., д-р техн. наук, доц.,
(КНИТУ, г. Казань, Россия)

Свергузова С.В., д-р техн. наук, проф.
(БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТАНИНСОДЕРЖАЩИХ КОМПОНЕНТОВ БИОМАССЫ *QUERCUS ROBUR* ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ СРЕД ОТ ПОЛЛЮТАНТОВ

Оценка возможности использования для очистки водных сред отходов древесной биомассы. Большое количество танинов содержится в компонентах деревьев рода Дубы (Quercus). Наличие большого количества – ОН групп в танинах в составе дуб желудей, как можно ожидать, будет способствовать высоким сорбционным характеристикам по отношению к ионам тяжелых металлов.