

14. Свергузова С.В. Сорбционная очистка модельных растворов от ионов железа(III) опилками коры и лиственной дуба черешчатого / Свергузова С.В., Юсупова А.И., Галилова Р.З., Шайхиев И.Г. // Вестник Казанского технологического университета (Казань). – 2018. Т.21. - № 6. - С. 77-82.
15. Свергузова С.В. Использование отходов переработки кукурузы для очистки водных сред от красителя «метиленовый голубой» / Свергузова С.В., Сапронова Ж.А., Шайхиев И.Г., Сапронов Д.В. // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. Т.17. – № 5.- С. 173-175.
16. Свергузова С.В. Удаление ионов кобальта высоких концентраций из модельных растворов с использованием экстрактов из отходов переработки *Pisum sativum* / Свергузова С.В., Шайхиев И.Г., Степанова С.В. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2016. - № 7. – С. 159-167.
17. Свергузова С.В. Использование отходов от переработки биомассы овса в качестве сорбционных материалов для удаления поллютантов из водных сред / Свергузова С.В., Шайхиев И.Г., Гречина А.С., Шайхиева К.Г. // Экономика строительства и природопользования. – 2018. - № 2(67). – С. 51-60.
18. Свергузова С.В. Адсорбция веретенного масла нативным и термомодифицированным листовым опадом каштанов / Свергузова С.В., Сапронова Ж.А., Святченко А.В., Отити Т. // Строительные материалы и изделия. – 2018.- Т.1. - № 1. – С. 4-11.
19. Свергузова С.В. Роль естественной гидрофобности растений в очистке нефтесодержащих эмульсий / Свергузова С.В., Сапронова Ж.А., Святченко А.В. // Вода: химия и экология. – 2018. – 07-09. – С. 84-90.
20. Núñez-Delgado A. Low cost organic and inorganic sorbents to fight soil and water pollution / A. Núñez-Delgado, E. Álvarez-Rodríguez, M.J. Fernández-Sanjujo // Environmental Science and Pollution Research. - 2019.- Volume 26, Issue 12. - P. 11511–11513.

УДК 544.723

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

РАСТИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ КАК СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СОРБЕНТОВ

Приведены сведения о возможности использования растительных материалов для получения сорбентов, обладающих высокой эффективностью по отношению к различным загрязнителям водных сред. Показано, что целлюлозосодержащие растительные отходы, подвергшиеся различным модификациям – кислотной, термической обработке – являются перспективными сорбционными материалами для извлечения ионов тяжелых металлов.

Ключевые слова: сорбент, очистка сточных вод, растительные отходы

В последние годы для удаления примесей, содержащихся в воде, успешно применяются сорбционные материалы на основе растительных отходов: скорлупы кокосового и кедрового орехов, шелуха риса, гречихи, древесная щепа, солома и многое другое [1-4].

Себестоимость таких сорбентов намного меньше, чем известных промышленных образцов, что в свою очередь значительно улучшит экологическое состояние водных экосистем за счет широкого применения доступного и недорогого материала [5].

Материалы из лузги подсолнечника, последовательно прошедшие кислотно-щелочную обработку, демонстрируют высокую эффективность очистки по отношению к ионам железа, марганца, меди, свинца, фенола, белка. Значения эффективности составляют соответственно 90.8%, 91.5, 93.5%, 55.4%, 41.3% и 39.0% [5,6].

Биосорбент, полученный из сельскохозяйственных отходов, содержит нерастворимые органические соединения и полифункциональные группы, такие как $-NH_2$, $-COO^-$, $-C=O$, OH^- и PO_4^{2-} . Эти ионы взаимодействуют с ионами металлов посредством электростатических сил притяжения, благодаря которым биосорбенты имеют эффективный потенциал для удаления $Cr(VI)$ и других загрязнителей из воды [7,8].

Карбонизация биомассы имеет ряд преимуществ по сравнению с другими способами модификации. Обычно процесс занимает всего несколько часов (вместо дней или месяцев), что позволяет создать более компактную конструкцию реактора. Высокие температуры процесса могут разрушать патогенные микроорганизмы. Вместе с тем необходимо избегать перегрева материала во избежание полного выгорания углерода [9].

Термическая модификация растительных отходов ожидаемо позволяет получить достаточно высокие показатели эффективности очистки модельных вод экспериментальными материалами, так, например, были проведены исследования по карбонизации рисовой шелухи [10], отходов манго [11].

Известно, что стенки клеток высших растений содержат примерно 90 % углеводов, основным представителем которых является природный полимер – целлюлоза. Кроме нее, в растениях также содержатся гемицеллюлоза, пектин, лигнин, смолистые вещества и др. [12].

Под влиянием теплового воздействия в молекуле целлюлозы происходят структурные превращения, многочисленные параллельно и последовательно протекающие реакции, приводящие к образованию разнообразных промежуточных и конечных продуктов [13].

Сельскохозяйственные отходы часто привлекают внимание исследователей как потенциальное сырье для производства сорбентов.

По некоторым данным, в мире производится 68 миллионов тонн апельсинов, объемы производства отходов их переработки оцениваются в диапазоне от 15 до 25 миллионов тонн.

Рисовая шелуха является основным побочным продуктом рисовой мукомольной промышленности, на ее долю приходится почти 20% производства риса. Поскольку рисовое растение является основной зерновой культурой в Малайзии с годовым объемом производства более 180 миллионов тонн, производство рисовой шелухи составляет более 36 миллионов тонн.

Как правило, фермеры и переработчики риса часто сжигают рисовую шелуху, что приводит к попаданию в атмосферу углекислого газа.

Переработка кофейных зерен является одним из наиболее загрязняющих видов деятельности в сельском хозяйстве из-за большого количества отходов, образующихся в процессе. По данным Международной организации кофе, производство кофе в 2008 году составило около 680 миллионов тонн. Часть отходов используется в качестве удобрения, но большая часть кофейной гущи сбрасывается или сжигается. Во всем мире кофе и чай в качестве напитка являются вторым наиболее потребляемым всеми гражданами после воды. В последние несколько лет потребление кофе быстро увеличилось, особенно среди молодежи. Согласно опросу, который включал 25 кафе в городе Триполи, Ливия, среднее образование отходов молотого кофе только в 25 кафе оценивается в диапазоне (36-45) тонн в год. Также подсчитано, что в одном из этих кафе в течение часа выпивается более 100 чашек кофе, в то время как в одном из обследованных кафе в городе Гданьск, Польша, ежедневно употребляется более 1600 чашек кофе, среднее количество отходов молотого кофе в 25-ти кафе оценивается в 72-90 тонн в год [9].

В Индии национальное производство грецкого ореха колеблется от 40 000 до 45 000 тонн в год, а процесс получения неочищенных грецких орехов дает более 25 000 тонн скорлупы и примерно 11 000 тонн отходов миндальной скорлупы ежегодно.

Оливковое масло почти полностью производится в Средиземноморском регионе. Поскольку спрос на оливковое масло во всем мире быстро растет, загрязнение окружающей среды, создаваемое отходами оливкового завода, является растущей проблемой. Оливковые мельницы производят огромное количество отходов, сообщалось, что из 1000 кг оливковых фруктов можно получить около 350 кг оливкового жмыха [9].

Использование этих и аналогичных целлюлозосодержащих отходов в качестве сырья для производства сорбционных материалов позволяет решить сразу несколько экологических проблем. Так, в разных странах были исследованы возможности использования в водоочистке отходов цитрусовых [14], бананов [15], кукурузы [16,17], арахиса [7,8,18,19].

Исследовались также другие целлюлозосодержащие отходы и материалы: листья деревьев [20-22], смешанные листовенно-волоконистые отходы [23], компоненты деревьев хвойных пород [24,25].

Известно [26], что лиственной каштановой опад эффективно очищает модельные воды от ионов никеля (рисунок 1).

Были предприняты попытки сравнить эффективность адсорбции гранулированного активированного угля на основе скорлупы кокосового ореха с эффективностью адсорбции коммерческого углерода Calgon F-300 в отношении адсорбции органических веществ из промышленных сточных вод пищевых производств. Изотерма адсорбции Фрейндлиха была использована для анализа адсорбционной эффективности двух активированных углей. Эти исследования показывают, что активированный кислотой углерод скорлупы кокосового ореха обладал более высокой адсорбцией для органического вещества, выраженной как химическая потребность в кислороде (ХПК), чем углерод кокосового ореха, активированный хлоридом бария, и углерод Calgon F-300 при всех используемых дозах углерода [27].

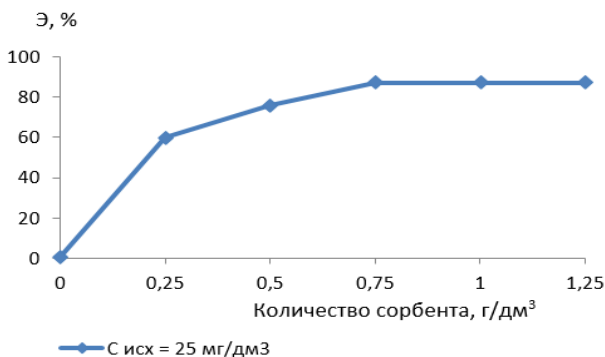


Рис. 1 - Эффективность очистки модельных вод от ионов никеля модифицированными листьями каштана

Адсорбция ионов Cu (II), Zn (II) и Ni (II) на активированном угле, полученном из скорлупы арахиса, была исследована в зависимости от pH водного раствора и концентрации ионов металла. Активированный уголь из скорлупы арахиса оказался эффективным адсорбентом для удаления этих ионов из водных растворов.. Количество адсорбированного катиона металла увеличивается с увеличением значения pH. Было также показано, что полученный адсорбент демонстрирует хорошие характеристики по удалению ионов Cr (VI) [7].

Известен способ получения углеродистого сорбента из скорлупы кедровых орехов, емкость по меди составляет 0,25 ммоль-экв/г. При модификации скорлупы лесного ореха методом одностадийной карбонизации с последующей активацией водяным паром достигается емкость по меди составляет 3,14 ммоль/г. Пиролизованная скорлупа вишневых косточек, окисленная различными агентами, также позволяет эффективно извлекать ионы меди [28].

Таким образом, обзор научных публикаций показывает, что растительные материалы повсеместно исследуются как потенциальное сырье для производства эффективных сорбентов для извлечения тяжелых металлов и других поллютантов.

Библиографический список

1. Громько, Н.В. Применение подсолнечной лузги в качестве сорбента для очистки природных вод от ионов тяжелых металлов / Н.В. Громько // Международный научный журнал «Инновационная наука». - №1. – 2016. – С. 41-42.
2. N.T. Hoai, Oil spill cleanup using stearic-acid-modified natural cotton / N.T. Hoai, N.N. Sang, T.D. Hoang, J. Mater // Environ. Sci. – 2016. – N 7. – P. 2498-2504.
3. Осокин, В.М. Исследования по получению новых сорбентов из растительного сырья для очистки воды / В. М. Осокин, В.А. Сомин // Ползуновский вестник. – 2013. – № 1. – С. 280-282.
4. Дудник, А.Н. Изучение процесса карбонизации лузги подсолнечника / А.Н. Дудник, П.Е. Стрижак, И.С. Соколовская, А.И. Трипольский, Е.Ю. Калишин, В.В. Донец // Современная наука:3 сборник научных статей. – 2011. - № 3 (8). – С. 74-78.
5. Ямансарова, Э.Т. Исследование сорбционных свойств материалов на основе растительного сырья по отношению к органическим и неорганическим примесям / Э. Т. Ямансарова, Н. В. Громьк, М. И. Абдуллин, О. С. Куковинец, О. Б. Зворыгина // Вестник Башкирского университета. - 2016. - Т. 21. №2 - С. 314-318.
6. К. А. Жашуева, Очистка воды от ионов тяжелых металлов адсорбентами на основе растительных отходов / К. А. Жашуева, Н. О. Сиволобова Н. В.

Грачева, А. В. Сикарская // Вестник технологического университета. - 2017. - Т.20, №7. - С. 142-143.

7. Luis C. Romero, Peanut Shell Activated Carbon: Adsorption Capacities for Copper(II), Zinc(II), Nickel(II) and Chromium(VI) Ions from Aqueous Solutions / Luis C. Romero, Antonio Bonomo, Elio E. Gonzo // Adsorption Science & Technology. - Vol. 22 No. 3. - 2004. - 10 p.

8. Mohammad Ilyas, Removal of Cr (VI) from Aqueous Solutions Using Peanut shell as Adsorbent / Mohammad Ilyas, Aziz Ahmad, Muhammad Saeed // J.Chem.Soc.Pak. - Vol. 35, No.3. - 2013. - P. 760-768.

9. Mohamed Sulyman, Low-cost Adsorbents Derived from Agricultural By-products/Wastes for Enhancing Contaminant Uptakes from Wastewater: A Review / Mohamed Sulyman, Jacek Namiesnik, Andrzej Gierak // Pol. J. Environ. Stud. - Vol. 26, No. 2. - 2017. - P. 479-510.

10. Тертышный, О.А. Получение сорбентов карбонизацией рисовой шелухи для очистки воды от нефтепродуктов / О.А. Тертышный, Е.В. Тертышная, Д.В. Гура // Праці Одеського політехнічного університету. - 2013. - № 3(42). - С. 306-309.

11. Мое, З. Анализ процессов термической и термоокислительной деструкции отходов консервирования плодов манго / З. Мое, Н.Л. Сое, С.В. Мьинг, В.Н. Клущин // Успехи в химии и химической технологии. - 2016. - Т. XXX, № 9. - С. 64-66.

12. Гальбрайт, Л.С. Целлюлоза и ее производные / Л.С. Гальбрайт // Соросовский образовательный журнал. - 1996. - № 11. - С. 47-53.

13. Конкин, А.А. Углеродные и другие жаростойкие волокнистые материалы / А.А. Конкин. - М.: Химия, 1974. - 376 с.

14. Sivakumar, D. Treating dairy industry effluent using orange peel powder / D. Sivakumar, D. Shankar, J.S. Sundaram // JCPS. - 2016. - Vol. 9, Is. 3. - P. 1550-1552.

15. T.M. Al Khusaibi, Treatment of dairy wastewater using orange and banana peels / T.M. Al Khusaibi, J.J. Dumanan, M.G. Devi, L.N. Rao, S. Feroz // Journal of chemical and pharmaceutical research. - 2015. - N 7(4). -P. 1385-1391.

16. H.I. Kelle, Determination of the viability of an agricultural solid waste; corncob as an oil spill sorbent mop / H.I. Kelle, A.N. Eboatu, O. Ofogebu, I.P. Udezo // IOSR Journal of Applied Chemistry. - 2013. - Vol. 6, Is. 2. - P. 30-57.

17. Suteu, D. Agricultural waste corn cob as a sorbent for removing reactive dye orange 16: equilibrium and kinetic study / D. Suteu, T. Malutan, D. Bilba // Cellulose Chem. Technol. - 2011. - N 45 (5-6). - P. 413-420.

18. Олейникова, И.И. Получение фитосорбента из скорлупы арахиса и исследование его свойств / И.И. Олейникова, Н.Г. Габрук, Ву Хоанг Иен // Современные наукоемкие технологии. - №8. - 2010. - С. 96-98.

19. S. Boumchita, Application of Peanut shell as a low-cost adsorbent for the removal of anionic dye from aqueous solutions / S. Boumchita, A. Lahrichi, Y. Benjelloun, S. Lairini, V. Nenov, F. Zerrouq // JMES. - 2017. - Vol. 8, Iss. 7. - P. 2353-2364.

20. Алексеева, А.А. Применение листового опада для удаления пленки нефти с поверхности воды / А.А. Алексеева, С.В. Степанова // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – №22. – С. 304-306.

21. Шаймарданова, А.Ш. Очистка вод от ионов железа модифицированными сорбционными материалами на основе листового опада: автореф. дис. ... канд. техн. наук. :03.02.08. – Казань, 2017. – 16 с.

22. Сапронова, Ж.А. Роль естественной гидрофобности растений в очистке нефтесодержащих эмульсий / Ж.А. Сапронова, С.В. Свергузова, А.В. Святченко // Вода: химия и экология. – 2018. – №7-9. С. 85-91.

23. Annunciato, T.R. Experimental investigation of various vegetable fibers as sorbent materials for oil spills / T.R. Annunciato, T.H.D. Sydenstricker, S.C. Amico // Marine Pollution Bulletin. – 2005. – N 50. – P. 1340–1346.

24. Шайхиев, И.Г. Исследование хвои сосновых деревьев в качестве сорбционных материалов для удаления нефти и масел с водной поверхности / И. Г. Шайхиев, С. В. Степанова, К. И. Шайхиева // Вестник технологического университета. – 2017. – Т.20. – №3. –С. 183-186.

25. Веприкова Е.В. Магнитные сорбенты на основе коры сосны для сбора нефти и нефтепродуктов / Е.В. Веприкова, С.И. Цыганова, Е.А. Терещенко // Химия растительного сырья. – 2015. - №2. – С. 219-224.

26. Sapronova, Zh.A. Sewage treatment in megacities by modified chestnut tree waste /Zh. Sapronova, S. Sverguzova, K. Sulim, A. Svyatchenko and E. Chebotaeva // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. - 365 (2018). - 022058 – 7 p.

27. Amuda O.S., Industrial wastewater treatment using natural material as adsorbent / Amuda O.S., Ibrahim A.O. // African Journal of Biotechnology. - 2006. - Vol. 5 (16). - P. 1483-1487.

28. Митракова Т.Н. Применение материалов естественного происхождения для сорбционной очистки сточных вод от ионов меди (II). Дисс....канд. техн. наук: 03.02.08. – Курск, 2017. - 126 с.

УДК 504.064.45

**Севостьянов В.С., д-р техн. наук, проф.,
Шамгулов Р.Ю., асп.
(БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)**

ТЕРМОЛИЗ В ПЕРЕРАБОТКЕ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ

В данной статье дана классификация ТБО(ТКО), рассмотрены проблемы переработки изношенных шин и РТИ. Проанализированы существующие способы переработки ТКО и автопокрышек. На основе анализа предлагается способ переработки отходов методом низкотемпературного термоллиза.

Ключевые слова: Изношенные автошины, РТИ, ТКО, низкотемпературный термоллиз, переработка, дробление, измельчение, экология, производство.