

7. Salem S. Application of Iranian nano-porous Ca-bentonite for recovery of waste lubricant oil by distillation and adsorption techniques / S. Salem, A. Salem. A.A. Babae // Journal of Industrial and Engineering Chemistry. 2015. Vol. 23. P. 154-162.
8. Li Y. Effective removal of emulsified oil from oily wastewater using surfactant-modified sepiolite / Y. Li, M. Wang, D. Sun, Y. Li, T. Wu // Applied Clay Science. 2018. Vol. 157. P. 227-236.

УДК 544.723

Свергузова С.В., д.-р. техн. наук, проф.  
Сапронова Ж.А., д.-р. техн. наук, доц.  
Беловодский Е.А. асп.,  
Ивлева Е.С., маг.  
(БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

### ВОЗМОЖНОСТИ АДСОРБЦИОННОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

*Природные материалы, которые доступны в больших количествах или некоторые отходы промышленности и сельскохозяйственного производства, могут потенциально использоваться в качестве недорогих адсорбентов. Показано, что на основе различных отходов можно получить сорбенты, эффективные в отношении ионов тяжелых металлов.*

*Ключевые слова:* сорбент, очистка сточных вод, утилизация отходов.

В последние годы значительное внимание уделялось изучению удаления ионов тяжелых металлов из растворов путем адсорбции с использованием сельскохозяйственных материалов. Природные материалы, которые доступны в больших количествах или некоторые отходы сельскохозяйственного производства, могут потенциально использоваться в качестве недорогих адсорбентов, и они представляют собой неиспользованные ресурсы, которые широко доступны и являются экологически чистыми [1].

Неоспоримыми достоинствами [2] сорбционного метода являются селективность, высокая эффективность. При этом с помощью сорбционной очистки можно извлекать из воды такие загрязняющие вещества, которые не извлекаются другими методами.

Адсорбция ионов никеля глиной была предметом нескольких недавних исследований. Было обнаружено, что адсорбция никеля из водного раствора зависит от времени контакта, количества адсорбента, pH раствора и концентрации никеля [3].

В практике очистки сточных вод от растворенных органических соединений широко применяется сорбция активированным углем (АУ). Степень извлечения загрязнений при использовании этого метода

составляет 90–99%. Эффективность сорбции органических веществ активированным углем зависит от их химической природы и концентрации в воде, марки активированного угля. Согласно правилу уравнивания полярностей П.А. Ребиндера активированным углем из воды в большей степени будут сорбироваться вещества, имеющие меньшую растворимость. С повышением температуры возрастает скорость сорбции, но уменьшается количество сорбированного активированным углем вещества. Высокая эффективность извлечения органических примесей позволяет применять сорбционные методы для доочистки сточных вод и при повторном их использовании. Для расчета сорбционных установок необходимо иметь изотерму сорбции, знать константу адсорбции и задаться требуемой степени очистки, иначе говоря, величиной сорбата в обработанной сточной воде.

При адсорбционной очистке сточных вод рекомендуется также использовать самые разнообразные материалы: хитозан, алунит кальциевый, обработанный серной кислотой хлопок, сепиолит, перлит и др. [4-9].

Для очистки водных сред от ионов тяжелых металлов часто также используют природные глинистые материалы. Хотя природные глины несколько уступают по сорбционной активности цеолитам, но в связи с большими запасами природных глин во всех регионах, использование глинистых минералов в водоочистке имеет большую перспективу [10-14].

Известны сорбционные материалы, полученные путем модификации таких распространенных отходов, как: сатурационный осадок производства сахара из сахарной свеклы, железосодержащий песок, образующийся в ходе переработки бытовых и промышленных отходов, твердые отходы добычи полезных ископаемых, таких, как золото, железная руда и полиметаллические руды, содержащие силикаты и другие соединения [15-17].

Растительные отходы зачастую обладают комплексом физико-химических свойств, благодаря которым их можно использовать в качестве сорбентов при очистке сточных вод от различных загрязнителей. Различными модификациями – температурными, реагентными, воздействием плазмы, и др. их сорбционная емкость может быть значительно увеличена, повышено сродство к определенным загрязнителям, что послужило основой для многих научных исследований [18-20].

Авторами [21] предложено использовать для очистки сточных вод промышленные и сельскохозяйственные отходы и минеральное сырьё.

Рисовая шелуха является сельскохозяйственным отходом, образующимся в странах-производителях риса, особенно в Египте. Ежегодное мировое производство риса составляет около 500 миллионов метрических тонн, из которых 10–20% приходится на рисовую шелуху. Сухая рисовая шелуха содержит 70–85% органических веществ (лигнин, целлюлоза, сахара и т. Д.), А остальное - кремнезем, который присутствует в клеточной мембране. В последние годы внимание было сосредоточено на использовании немодифицированной или модифицированной рисовой шелухи в качестве адсорбента для удаления загрязняющих веществ. Сообщалось, что модифицированный рис шелуха является потенциально полезным материалом для удаления Cu и Pb из водных растворов [22].

Адсорбция предлагает гибкость в дизайне и эксплуатации, и во многих случаях она будет генерировать очищенные стоки высокого качества. Кроме того, благодаря обратимой природе большинства процессов адсорбции, адсорбенты могут быть регенерированы с помощью подходящих процессов десорбции для многократного использования, и многие процессы десорбции имеют низкую стоимость обслуживания, высокую эффективность и простоту эксплуатации. Таким образом, процесс адсорбции вышел на первый план в качестве одного из основных методов удаления тяжелых металлов из воды / сточных вод [23].

Промышленные побочные продукты, такие как летучая зола, отработанное железо, железные шлаки, водный оксид титана, могут быть химически модифицированы для повышения его эффективности удаления при удалении металла из сточных вод.

Летучая зола также была исследована в качестве адсорбентов для удаления токсичных металлов - ионов Cu (II) и Pb (II). Опилки, обработанные 1,5-динатрий-гидрофосфатом, использовали для адсорбции Cr (VI) при pH 2. Сорбенты на основе железа, такие как ферросорб плюс и синтетический нанокристаллический акаганит, недавно использовались для одновременного удаления тяжелых металлов [24].

Из представленной информации можно сделать вывод, что сорбционная очистка является часто используемым способом обработки сточных вод, содержащих тяжелые металлы. Различные отходы промышленности и сельского хозяйства являются привлекательным сырьем для получения сорбентов, поскольку обладают низкой стоимостью. Разработка новых сорбционных материалов на основе отходов промышленности является актуальной задачей.

### Библиографический список

1. Khairia M. Al-Qahtani. Water purification using different waste fruit cortexes for the removal of heavy metals / Khairia M. Al-Qahtani // *Journal of Taibah University for Science*. - 2016. - 10. - p. 700–708.
2. Ключихин В.З. Обзор адсорбционных методов глубокой очистки городских биологически очищенных сточных вод / В.З. Ключихин // Горький: Горьковский инженерно-строительный институт. – 1985. –20 с.
3. Al-Shahrani, S. S. Treatment of Wastewater Contaminated with Nickel Using Khulays Activated Bentonite / S. S. Al-Shahrani // *International Journal of Engineering & Technology*. - Vol:12 No:04. – p. 14-18.
4. Chiou, M.S. Adsorbtion behavior of reactive dye in aqueous solution on chemical cross-linced chitosan beads / M.S. Chiou, H.Y. Li // *Chemosphere*. – 2003. – N 50.– P. 1095–1105.
5. Unal, H.I. The use of sepiolite for decolorization of sugar juice / H.I. Unal, B. Erdogan // *Applied Clay Science*. – 1998. – N 12. – P. 419–429.
6. Rytwo, G. Adsorbtion of diquat, paraquat and methyl green on sepiolite: experimental result and model calculations / G. Rytwo, D. Tropp, C. Serban // *Applied Clay Science*. – 2002. – N 20. – P. 273–282.
7. Dogan, M. Adsorbtion kinetics of methyl violet onto perlite / M. Dogan, M. Alkan // *Chemosphere*. – 2003. – N 50. – P. 517–528.
8. Alkan, M. Adsorbtion of copper (II) onto perlite / M. Alkan, M. Dogan // *Journal of Colloid and Interface Science*. – 2001. – N 243. – P. 280–291.
9. Al-Qodah, Z. Adsorbtion of dye using shale oil ash / Z. Al-Qodah // *Wat. Res*. – December 2000. – Vol. 34 – N 17. – P. 4295–4305.
10. Машкова, С.А. Получение и исследование адсорбционных свойств модифицированных природных сорбентов / С.А. Машкова, Р.И. Разов и др. // *Химия и химическая технология*. – 2005. – Т. 48, вып. 5. – С. 112–114.
11. Сомин, В.А. Умягчение подземных вод с использованием нового сорбента на основе бентонитовых глин / В.А. Сомин, Л.В. Куртукова, Л.Ф. Комарова // *Экология и промышленность России*. – 2015. - №1. – С. 30-33.
12. Везенцев, А.И. Сорбция ионов железа (III), меди (II) и свинца (II), обогащенными и модифицированными гидроалюмосиликатами / А.И. Везенцев, Е.В Баранникова // *Сорбционные и хроматографические процессы*. – 2008. – Т.8. Вып. 5. – С. 807-811.
13. Кормош, Е.В. Модифицирование монтмориллонитсодержащих глин для комплексной сорбционной очистки сточных вод: дис. ... канд. техн. наук: 02.00.11. – Белгород, 2009. – 120 с.
14. Трофимова, Ф.А. Структурное и кристаллохимическое обоснование технологического модифицирования щелочноземельных бентонитов и бентонитоподобных глин: автореф. дис. ... канд. геолого-минерал. наук: 25.00.05. – М., 2006. – 24 с.
15. Сапронова, Ж.А. Разработка комплексной технологии очистки сточных вод нефтехимических предприятий на основе активированных отходов сахарной промышленности на примере белгородской области: дисс... д-ра техн. наук: 03.02.08. – Уфа, 2016. – 341 с.

16. Iakovleva, E. Synthesis of sorbents from industrial solid wastes by modification with atomic layer deposition (ALD) for mine water treatment / E. Iakovleva, M. Sillanpaa, Sh. Khan, K. Kamwilaisak, Sh. Wang, W.Z. Tang // *Mine water and circular economy: 13th international mine water association congress, Pauna, Lappeenranta-Finland, 25-30 June, 2017.* – LUT: Lappeenranta university of technology. - 2017. – P. 43-54.
17. Kubekova, Sh. N. Silicophosphate sorbents, based on ore-processing plants' waste in Kazakhstan / Sh.N. Kubekova, V.I. Kapralova, Sh.A. Telkov // *International journal of environmental & science education.* – 2016. – Vol. 11. - N 12. – P. 4985-4996.
18. Shaikhiev I.G., Use of components of trees of the genus *Acacia* to remove pollutants from natural and sewage. / Shaikhiev I.G., Thi Tхоа Nguyen Kim, Shaykchieva K.I. // *Vestnick of Kazan Technological University.* – 2017. – Vol 20, N 11. – P. 153–155.
19. Kelle, H.I. Determination of the viability of an agricultural solid waste; corncob as an oil spill sorbent mop / H.I. Kelle, A.N. Eboatu, O. Ofoegbu, I.P. Udeozo // *IOSR Journal of Applied Chemistry.* – 2013. – Vol. 6. Is. 2. – P. 30-57.
20. Annunciado, T.R. Experimental investigation of various vegetable fibers as sorbent materials for oil spills / T.R. Annunciado, T.H.D. Sydenstricker, S.C. Amico // *Marine Pollution Bulletin.* – 2005. – N. 50. – P. 1340–1346.
21. Илющенко, В.П. Разработка эффективных сорбентов на основе минерального сырья Белгородской области / В.П. Илющенко, А.И. Везенцев, М.А. Трубицын А.А. Ромашцак // *Сорбенты как фактор качества жизни и здоровья: материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, Белгород, 11–14 октября, 2004.* – Белгород:Изд-во БелГУ, 2004. – С. 29-33.
22. Hala Ahmed Hegazi. Removal of heavy metals from wastewater using agricultural and industrial wastes as adsorbents / Hala Ahmed Hegazi // *HBRC Journal.* – 2013. – 9. – p. 276–282.
23. Ming Hua. Heavy metal removal from water/wastewater by nanosized metal oxides: A review / Ming Hua, Shujuan Zhang, Bingcai Pan, Weiming Zhang, Lu Lv, Quanxing Zhang // *Journal of Hazardous Materials.* – 2012. – 21. – p. 317–331.
24. Barakat, M.A. New trends in removing heavy metals from industrial wastewater / M.A. Barakat // *Arabian Journal of Chemistry.* -2011. - 4. p. 361–377.