

椰子为基础的生物吸附剂在水处理中应用的研究进展

来伟良

(煤科集团杭州环保研究院, 浙江 杭州 311201)

摘要:利用大量现有生物材料(尤其是农业废物)作为吸附剂的生物吸附是水处理的一项新兴技术。水处理中可用某些农业废物作为生物吸附剂。椰子(比如:椰棕、壳等等)作为生物吸附剂用以去除水中不同类型的污染物显示出重要作用。椰子为基础的农业废物具有低成本和高吸附的特点,使其作为有效生物吸附剂去除各种水污染物获得广泛关注。本文介绍了各种以椰子为基础的生物吸附剂和它们吸附水污染物的能力。这种吸附剂材料丰富、吸附力强、低成本、可再生,是考虑其作为水处理和垃圾处理替代品的重要因素。大量文献报道了椰子为基础的生物吸附剂在去除各种水污染物方面有良好潜力。

关键词:水处理;吸附;椰子废物;生物吸附剂;吸附能力

中图分类号:X703

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2015)01-0001-03

COCONUT-BASED BIOSORBENTS FOR WATER TREATMENT-A REVIEW

LAI Wei-liang

(CCTEG Hangzhou Environmental Research Institute, Hangzhou 311201, China)

Abstract: Biosorption is an emerging technique for water treatment utilizing abundantly available biomaterials (especially agricultural wastes). Among several agricultural wastes studied as biosorbents for water treatment, coconut has been of great importance as various parts of this tree (e.g. coir, shell, etc.) have been extensively studied as biosorbents for the removal of diverse type of pollutants from water. Coconut-based agricultural wastes have gained wide attention as effective biosorbents due to low-cost and significant adsorption potential for the removal of various aquatic pollutants. In this review, an extensive list of coconut-based biosorbents has been compiled and their adsorption capacities for various aquatic pollutants as available in the literature are presented. Available abundantly, high biosorption capacity, cost-effectiveness and renewability are the important factors making these materials as economical alternatives for water treatment and waste remediation. It is evident from the literature survey that coconut-based biosorbents have shown good potential for the removal of various aquatic pollutants.

Key words: Water treatment; Adsorption; Coconut wastes; Biosorbents; Sorption capacities

近几年来,饮用水中检测出大量危害人们健康的各种有毒化学品和化合物。有毒物质浓度的

增大已严重危害到人类健康,因此急需开发低成本、有利于环境污染防治的水处理技术去除饮用水中的有毒物质。

尽管已有很多技术成功的控制了水污染^[1],然而这些方法大多具有高运营和维护成本,并会产生有毒淤泥且处理工艺复杂的缺点。相对而言,吸附过程方便、易操作、设计简单,被认为是更好的水处理方法^[2]。这个过程可去除污染物或使其浓度降到最低,因此在水污染控制中具有广泛的适用性。对于废水处理来说活性炭无疑被视为万能吸附剂,并常用于除去水中的各种污染物,但由于其成本偏高,使其在废水处理中的应用受到限制。尽管有大量文献报道了一些非传统吸附剂去除水中污染物的技术,但这些低成本吸附剂的吸附能力均小于传统活性炭的吸附能力。

因为农业废料具有便宜、可再生和数量充足的优点,所以近几十年来利用农业废料作为吸附剂的吸附法已成为一个低成本、高效的废水处理方法。在众多以农业废料为生物吸附剂的废水处理技术中,椰子一直被认为是非常重要的生物吸附剂。椰树的各个部分(比如椰棕、椰壳等)作为生物吸附剂用以去除水中不同类型的污染物已被广泛研究。

本文概述了多种以椰子为基础的生物吸附剂去除不同水污染物(金属、染料、酚类化合物、放射性元素等等)的吸附能力,讨论了以椰子为基础的生物吸附剂在水体修复中的应用。

1 椰子为基础的生物吸附剂用于水处理

1.1 椰子为基础的生物吸附剂从水中去除金属

使用示踪剂和其他技术研究了 Cr^{3+} 离子吸附到椰壳的过程^[3]: 100 mg 椰壳, 30 min 时可得到最大吸附量, 吸附了约 91 % 的 Cr^{3+} 离子。最大的 Langmuir 吸附容量达到 18.25 $\mu\text{mol/g}$ 。二价金属离子 (Ba、Co、Pb、Ni) 和硫酸盐加入到水溶液中可使吸附增加, 而硼酸盐、碳酸盐和草酸根离子的存在会使吸附显著降低。Mohan 等研究者^[4] 从椰子壳纤维中制备了低成本的活性炭, 用于除去水或废水中的 Cr^{3+} 。把这种低成本的活性炭与市售的活性炭纤维布做比较, 25 °C 下它们对 Cr^{3+} 的最大吸附能力分别为 12.2 和 39.56 mg/g, 并且随着温度的增加吸附力增大。与 Cr^{3+} 相比, 人们把更多的精力放在 Cr^{6+} 上。Selvi 等研究者^[5] 报道了使用椰子树锯屑活性炭用于去除水溶液中的 Cr^{6+} , 发现 Cr^{6+} 的吸附与 pH 有关, 而酸性 pH 范围是去除 Cr^{6+} 最理想条件。

椰纤维可用于除去电镀废水中的六价铬。在吸附剂用量 2 % (w/v)、粒径 < 75 μm 、 Cr^{6+} 初始浓度 1 647 mg/L、体系 pH=2、平衡时间 18 h 条件下, 最大移除量为 99.99 %。椰纤维在 15、30、45 和 60 °C 下最大吸附容量分别为 138.04、197.23、262.89 和 317.65 mg Cr^{6+} /g 椰纤维。

把 NH_3^+Cl^- 官能团接到聚丙烯酰胺椰纤维上, 官能团处于链的末端 (PGCP- NH_3^+Cl^-), 该吸附剂可移除废水中的 Cr^{6+} 。把聚丙烯酰胺接到椰纤维上改善了吸附剂的热稳定性, 提高了 PGCP- NH_3^+Cl^- 热降解的表观活化能。通过 X 衍射和扫描电子显微镜研究了该吸附剂的结晶度和形态, 发现其结晶区减少, 降低了接枝链的抗拉强度, 提高了接枝链的自由流动性。在 30 °C、 Cr^{6+} 初始浓度为 25.0 mg/L、pH3.0、吸附剂用量 2.0 g/L 条件下, 最大吸附量为 99.4 % (12.43 mg/g)。 Cr^{6+} 的吸附动力学遵循假二级动力学模型。吸附过程为放热反应。

椰纤维化学改性后可用于吸附水溶液中的 Co^{2+} 离子。琥珀酸酐酯化后再由 NaHCO_3 活化可对椰纤维进行化学改性, 以提高 Co^{2+} 的吸附能力。化学改性后的椰纤维显示出比原始吸附剂更好的吸附能力: 改性后的吸附剂在固体表面产生了更多吸附金属的位点。使用 1M HCl 可使吸附金属离子后吸附剂完全恢复。

1.2 椰子为基础的生物吸附剂从水中去除染料

Kadirvelu 等作者^[6] 报道了把椰子树锯末转换成活性炭用于印染行业废水的处理。脱色在 60 min 内达到平衡。颜色、化学需氧量、生物需氧量、总固体含量和总硬度的最大去除率分别为 100、56、35、60 和 36 %。pH 对颜色的去除似乎没有影响。Namasivayam 等研究者^[7] 使用椰壳作为吸附剂除去酸性染料 (酸性紫和酸性亮蓝) 和碱性染料 (罗丹明 B 和亚甲基蓝)。椰壳对酸性紫、酸性亮蓝和罗丹明 B 的吸附容量分别为 1.65、16.67 和 203.25 mg/g。过量 OH^- 离子与染料阴离子竞争吸附位点使得酸性紫和酸性亮蓝在碱性 pH 范围内显示出低的吸附能力; 而亚甲基蓝显示出相反的趋势, 亚甲基蓝在强酸性 pH 范围内显示出低吸附能力, 这个现象归因于过量 H^+ 离子与染料阳离子竞争吸附位点。

也可使用阳离子表面活性剂 (十六烷基三甲基溴化铵, DTAB) 对椰纤维表面改性, 用于吸附阴离子染料。吸附动力学遵循二级速率方程。改性后的椰纤维对酸性亮蓝和施安橙的吸附容量分别为

159 和 89 mg/g。吸附染料的可能机理是离子交换和化学吸附。

1.3 椰子为基础的生物吸附剂从水中去除酚类污染物

Hameed 等研究者^[8]评估了以椰壳为基础的活性炭对 2,4,6-三氯苯酚(TCP)的吸附能力,发现随着初始 TCP 浓度和搅拌时间的增加吸附力增强,且酸性 pH 范围更利于吸附 TCP。这个过程的吸附动力学遵循假二级动力学模型,吸附过程由化学吸附控制。初始 TCP 浓度为 100 mg/L,在 pH = 2 时 TCP 去除率达到最大(92.93 %)。

用椰壳制备的活性炭可用于吸附除去对氯苯酚(PCP)和 2,4,6-三氯苯酚。用 KOH 制备的椰壳活性炭(CSAC)显示出高表面积和最佳的吸附能力。在优化的条件下,该活性炭对 PCP 和 TCP 分别显示出 99.9 %和 99.8 %的去除率;然而商业活性炭对 PCP 和 TCP 只有 97.7 %和 95.5 %的去除率。对于两种活性炭移除 PCP 和 TCP 最理想的 pH 为 2±0.5,在这个 pH 下对氯酚类化合物显示出最佳去除率。吸附遵循假二级动力学模型。酸性 pH 有利于两种氯酚的吸附。该吸附属于化学吸附。

1.4 椰子为基础的生物吸附剂从水中去除放射性元素

一种由椰纤维(CP)制备的新型吸附剂可用于移除水中的放射性元素 U⁶⁺。该吸附剂(PGCP-COOH)在链末端带有羧酸官能团。使用过二硫酸钾和硫代硫酸钠作为氧化还原剂,甲叉双丙烯酰

胺为交联剂,把聚甲基丙烯酸羟乙酯接到 CP 上,可制得该吸附剂,其在 pH 为 4.0~6.0 范围内达到最大吸附量。对 U⁶⁺的最大吸附量为 109.6 mg/g。其吸附遵循假一级动力学模型,是放热反应,并且随着离子强度的增加 U⁶⁺吸附量降低。被吸附剂吸附的 U⁶⁺可用 0.1M 的 HCl 有效脱附(脱附率约为 96.2±3.3 %),因此该吸附剂可循环使用(至少可循环使用四次),并且没有明显的容量损失。

2 结论

使用椰子为基础的生物吸附剂可用以去除水和废水中的各种污染物,并表现出优良的特性,比如对许多污染物有出色的吸附能力而且这些吸附材料低成本、无毒、有好的生物相容性。

参考文献

- [1]Pontius F. W., Water Quality and Treatment 4th Edn. New York: McGraw-Hill Inc.; 1990.
- [2]Faust S. D., Aly O. M., Adsorption Process for Water Treatment. Stoneham: Butterworths Publishers; 1987.
- [3]Ahmad R., Hasany S. M., Chaudhary M. H., Adsorpt Sci Technol 2005;23:467.
- [4]Mohan D., Singh K. P., Singh V. K., J Hazard Mater 2006;B135: 280.
- [5]Selvi K., Pattabhi S., Kadirvelu K., Bioresour Technol 2001;80:87.
- [6]Kadirvelu K., Palanival M., Kalpana R., Rajeswari S., Bioresour Technol 2000;74:263.
- [7]Namasivayam C., Kumar M. D., Selvi K., Begum R. A., Vanathi T., Yamuna R. T., Biomass Bioenergy 2001;21:477.
- [8]Hameed B. H., Tan I. A. W., Ahmad A. L., Chem Eng J 2008;144: 235.

(上接第 11 页)

7 结语

(1)江苏某铸造公司排放的酸洗磷化废水根据清污分流、分质收集、分质处理、分质回收的"四分"原则,采用上述的处理方法处理,其出水符合当地的纳管要求,磷和 COD 具有很高的去除效果,达 96 %以上。

(2)整个污水处理系统工艺清晰、简单、运行稳定、处理成本低、操作方便,具有良好的示范和

推广作用。

参考文献

- [1]董宇,王秀慧.工装表面处理前处理工艺的研究[J].装备制造技术,2013(7):63-65.
- [2]陈泉源,张泾生,朱凌云.新型气浮设备的原理及其特点[J].矿冶工程,2005,25(1):20-22.
- [3]徐亮,赵川圭,朱红力.工业酸洗废水处理[J].工厂建设与设计,1993,2:39-42.
- [4]申柠,魏用宁,杨顺生.汽车磷化废水的处理工艺研究[J].环境科学与管理,2007,32(9):115-117.