

ОТХОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В КАЧЕСТВЕ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИОНОВ НИКЕЛЯ

Ключевые слова: плодовые оболочки пшеницы, овса и ячменя, ионы никеля, сорбция, серная кислота, модификация.

Изучена возможность использования отходов переработки злаковых культур для удаления ионов никеля из модельных растворов. Определены сорбционные показатели плодовых оболочек пшеницы, овса и ячменя по отношению к ионам никеля. Показано, что обработка плодовых оболочек растворами серной кислоты низкой концентрации способствует увеличению сорбционной емкости. Найдено, что из исследованных сорбционных материалов наибольшей сорбционной емкостью по отношению к ионам никеля обладают плодовые оболочки ячменя.

Keywords: fruit shell of wheat, oats and barley, nickel ions, sorption, sulfuric acid, modification.

The possibility of using waste processing of cereal crops for the removal of nickel ions from model solutions. Sorption parameters defined fruit shells of wheat, oats and barley in relation to nickel ions. It is shown that treatment of fruit shells solutions of sulfuric acid concentration increases the low adsorption capacity. Found that the sorption materials of the most studied sorption capacity to the nickel ions have a barley shell.

В продолжение работ [1-4] по исследованию отходов переработки сельскохозяйственного сырья в качестве сорбционных материалов (СМ) для удаления поллютантов из водных сред, исследована возможность удаления ионов никеля из модельных водных растворов с использованием плодовых оболочек зерен пшеницы (ПОЗП), овса (ПОЗО) и ячменя (ПОЗЯ).

Ранее была показана возможность удаления ионов $Ni(II)$ из природных и сточных вод с использованием в качестве дешевых СМ рисовой [5] и ячменной соломы [6], коферыжек [7] и стержней [8] кукурузных початков, багассы сахарного тростника [9, 10] и жома сахарной свеклы [11]. Применительно к тропическим и субтропическим районам Земного шара в качестве СМ для извлечения ионов Ni^{2+} исследованы скорлупа арахиса [12], кожура апельсинов [13] и мандаринов [14], шелуха соевых бобов [15], отходы от переработки чая [16], мексиканского подсолнечника [17] и других сельскохозяйственных культур.

Первоначально строились изотермы сорбции ионов $Ni(II)$ исследуемыми СМ и определялась максимальная сорбционная емкость. Для этого в плоскодонные колбы емкостью 250 мл наливалось по 200 мл растворов, содержащих ионы $Ni(II)$ в концентрациях от 20 мг/дм³ до 4000 мг/дм³ и помещались навески исследуемых СМ массой по 1 г. В модельных растворах в качестве загрязнителя использовался $NiCl_2 \cdot 6H_2O$. Навеска соли бралась с учетом кристаллизационной воды.

Колбы с находящимися в них навесками СМ и соответствующими растворами плотно закрывались пробками и энергично встряхивались в течение 3 часов. Затем СМ удалялась фильтрацией, а в фильтрах определялись остаточные концентрации ионов никеля согласно стандартным методикам [18]. Из графиков изотерм сорбции (рис. 1) очевидно, что с увеличением концентрации ионов Ni^{2+} в растворе до 1000 мг/дм³ сорбционная емкость по названным ионам исследуемыми СМ

первоначально резко возрастает. Дальнейшее увеличение концентрации ионов $Ni(II)$ в рабочем модельном растворе приводит к насыщению СМ поллютантом и равновесные кривые постепенно выходят на плато.

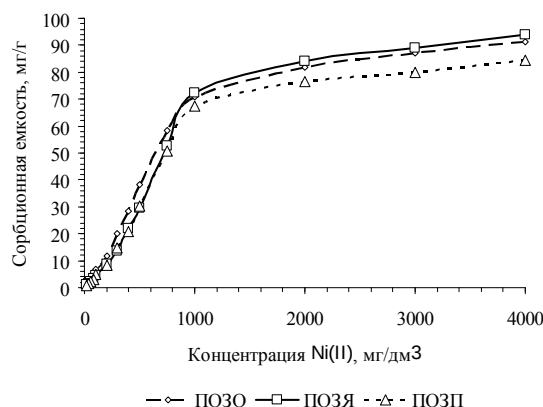


Рис. 1 – Изотермы сорбции ионов никеля плодовыми оболочками зерновых культур

Проведенными исследованиями найдено, что максимальная сорбционная емкость по отношению к ионам Ni^{2+} составляет: для оболочек пшеницы – 80,3 мг/г, оболочек овса – 82,7 мг/г, оболочек ячменя – 87,0 мг/г.

В дальнейшем определялось кинетика удаления из модельных растворов ионов $Ni(II)$ с концентрацией 100 мг/дм³ в статических условиях. Для проведения экспериментов в плоскодонные колбы емкостью 250 мл помещались навески исследуемых СМ по 0,1 г. Навески вносились исходя из содержания СМ в количестве 1 г/дм³. В колбы наливалось по 100 мл модельных растворов, содержащих ионы $Ni(II)$ в указанной ранее концентрации. Колбы с находящимися в них навесками СМ и модельными растворами плотно закрывались пробками и перемешивались в течение 5 часов. Через определенные промежутки времени пробы отфильтровывались от СМ и в фильтрах

определялись остаточные концентрации ионов Ni(II).

Зависимости изменения концентрации ионов Ni^{2+} в растворах от времени взаимодействия с СМ и вида плодовых оболочек зерновых культур приведены на рисунке 2.

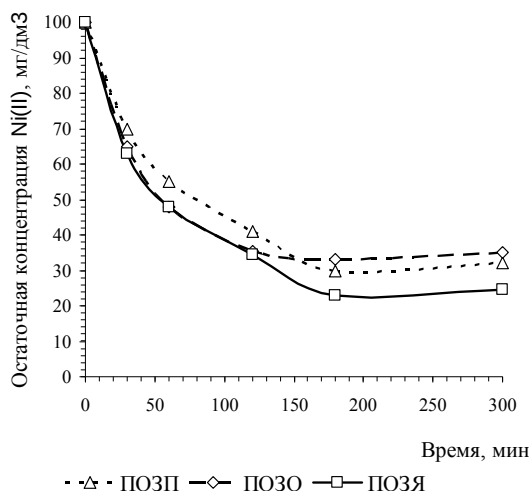


Рис. 2 – Зависимость изменения концентрации ионов никеля в растворах в зависимости от времени контактирования и вида плодовых оболочек

Как видно из приведенных на рисунке 2 данных, наименьшая концентрация ионов никеля в модельном растворе достигается при использовании оболочек ячменя, наименьшая – при использовании оболочек овса после 5 часов взаимодействия исследуемых СМ с сорбатом.

С целью увеличения сорбционных характеристик, проводилась обработка исследуемых плодовых оболочек зерновых культур растворами серной кислоты малой концентрации в течение определенных промежутков времени. В колбы объемом 250 мл наливалось 200 мл 0,5, 1 и 3 %-ные растворы серной кислоты и помещалось по 10 г исследуемых СМ. Содержимое колб тщательно перемешивалось в течение 10, 20, 30, 45 и 60 минут. Затем СМ промывались дистиллированной водой до достижения промывным раствором нейтрального значения рН и высушивались в сушильном шкафу до достижения постоянной массы.

У полученных после кислотной обработки образцов СМ определялось максимальное значение сорбционной емкости по отношению к ионам Ni(II).

Значения сорбционной емкости по ионам Ni^{2+} в зависимости от концентрации раствора серной кислоты и времени контактирования приведены в таблице 1.

Как следует из приведенных в таблице 1 данных, наибольшие значения сорбционной емкости по ионам Ni(II) наблюдаются у плодовых оболочек, обработанных 1 %-ным раствором серной кислоты в течение 20 минут. Отмечено, что увеличение времени контактирования плодовых оболочек с растворами серной кислоты способствует снижению максимальной сорбционной

емкости. Проведенными экспериментами и расчетами показано, что обработка исследуемых СМ 1 %-ным раствором H_2SO_4 способствует увеличению максимальной сорбционной емкости: по ПОЗП – на 4,97 %, по ПОЗО – на 8,56 % и по ПОЗЯ – на 7,47 %.

Таблица 1 – Значения максимальной сорбционной емкости плодовых оболочек зерновых культур по ионам никеля в зависимости от времени контакта и концентрации раствора серной кислоты

Время контакта с раствором H_2SO_4 , мин	Сорбционная емкость, мг/дм ³		
	Концентрация раствора H_2SO_4 , %		
	0,5	1	3
Оболочки зерен овса			
10	73,22	87,13	82,37
20	70,07	91,1	85,5
30	68,9	90,2	83,2
45	66,3	90,1	82,9
60	66,8	88,92	81,1
Оболочки зерен ячменя			
10	74,5	91,2	87,4
20	75,18	94,0	88,5
30	71,9	89,8	84,7
45	69,56	89,0	82,9
60	68,9	87,3	81,0
Оболочки зерен пшеницы			
10	80,2	81,3	79,3
20	80,07	84,5	80,05
30	77,89	82,03	78,12
45	79,76	79,45	72,9
60	74,6	75,8	70,4

В последующем исследовалось влияние кислотной обработки на изменение остаточной концентрации ионов никеля в модельных растворах в результате контактирования с образцами плодовых оболочек злаковых культур, подвергнутых кислотной обработке. Начальная концентрация ионов никеля в растворе составила 100 мг/л, методика проведения эксперимента приведена выше.

Проведенными экспериментами и расчетами определено, что остаточная концентрация ионов Ni(II) в модельном растворе после 300-минутного контактирования с кислотообработанными образцами ПОЗО составила 35 мг/дм³, что меньше на 14,6 % такового показателя после взаимодействия модельного раствора с исходными образцами оболочек овса. Соответственно, для экспериментов с кислотообработанными оболочками ячменя данные показатели составили 24,5 мг/дм³ (уменьшение на 15,5 %), для экспериментов с образцами ПОЗП после обработки кислотой – 32 мг/дм³ (уменьшение на 8,6 %).

Таким образом, проведенными экспериментами определено, что обработка плодовых оболочек зерновых культур 1 %-ным

раствором серной кислоты в течение 20 минут способствует увеличению максимальной сорбционной емкости по ионам Ni^{2+} , а также снижению остаточной концентрации названных ионов в модельных растворах по сравнению с экспериментами с использованием исходных образцов СМ.

Литература

1. И.Г. Шайхиев, С.В. Степанова, В.В. Доможиров, И.Ш. Абдуллин, *Вестник Казанского технологического университета*, 12, 110-117 (2011).
2. И.Г. Шайхиев, С.В. Степанова, С.М. Трушков, И.Ш. Абдуллин, *Вестник Казанского технологического университета*, 13, 129-135 (2011).
3. И.Г. Шайхиев, С.В. Степанова, О.А. Кондаленко, И.Ш. Абдуллин, *Вестник Казанского технологического университета*, 15, 244-250 (2011).
4. С.В. Степанова, Т.И. Шайхиев, С.В. Фридланд, *Вестник Казанского технологического университета*, 15, 318-321 (2013).
5. Кавагути Ацуси, Асакура Сюдзи, *Chem. and Chem. Ind.*, **35**, 4, 281-282 (1982).
6. V. J. Larsen, H.-H. Schierup, *J. Environ. Qual.*, 2, 188-193 (1981).
7. R. W. Henderson, G. R. Lightsey, N. A. Poonawala, *Bull. Environ. Contain and Toxikol.*, **18**, 3, 340-344 (1977).
8. I. Banu, *Biotechnol. Ind. Alim.*, 2, 331-336 (2006).
9. P. Kumar, S. S. Dara, *Water Sci. and Technol.*, **13**, 7, 353-361 (1981).
10. P. Kumar, S. S. Dara, *Agr. Wastes*, **4**, 3, 213-223 (1982).
11. Z. Reddad, C. Gerente, A. Yues, L. Cloirec Pierre, *Environ. Sci. and Technol.*, **36**, 9, 2067-2073 (2002).
12. R.W. Henderson, S. Andrews David, R. Lightsey George, *Bull. Environ. Contam. and Toxicol.*, 3, 355-359 (1977).
13. M. Ajmal, R. A. K. Rao, R. Ahmad, J. Ahmad, *J. Hazardous Mater.*, **79**, 1-2, 117-131 (2000).
14. F. A. Pavan, M.S. Lima, E.C. Lima, C. Airoidi, Gushikem Yoshitaka, *J. Hazardous Mater.*, **137**, 1, 527-533 (2006).
15. W. E. Marshall, E. T. Champagne, *Sci. and Health*, 2, 241-261 (1995).
16. Emine Malkoc, Nuhoglu Yasar, *Mater.*, 1-3, 120-128 (2005).
17. A. E. Okoronkwo, A. F. Aiyesanmi, E. F. Olasehinde, *Desalination and Water Treatment*, 12, 352-359 (2009).
18. ПНД Ф 14.146-96. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации никеля в сточных водах фотометрическим методом с диметилглиоксимом, М: Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ. – 1996. – 15 с.

© С. В. Степанова – к.т.н., доц. каф. инженерной экологии КНИТУ, ssvkan@mail.ru, И. Г. Шайхиев – д.т.н., проф., зав. каф. инженерной экологии КНИТУ.