

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДЕЛИ АДсорБЦИИ ИОНОВ Ni(II) ОБОЛОЧКАМИ СТРУЧКОВ ФАСОЛИ

*Исследовалась адсорбция ионов Ni(II) измельченными оболочками стручков фасоли (*Phaseolus vulgaris*) в статических условиях. Построена изотерма адсорбции ионов Ni(II) оболочками стручков фасоли и обчислена с использованием моделей Ленгмюра, Фрейндлиха, Дубинина-Радушкевича и Темкина. Определено, что изотерма адсорбции наиболее точно описывается моделью Ленгмюра, а сам процесс адсорбции имеет физическую природу.*

*Ключевые слова:* ионы Ni(II), оболочки стручков фасоли, изотерма адсорбции, модели адсорбции.

Отходы от переработки сельскохозяйственного сырья широко исследовались в качестве сорбционных материалов (СМ) различных поллютантов, в том числе и ионов тяжелых металлов (ИТМ) из водных сред [1-6].

Одними из значимых поллютантов в составе сточных вод гальванических и других производств являются ионы Ni<sup>2+</sup>. Попадание последних в природные воды, а затем в питьевую воду, оказывает специфическое действие на сердечнососудистую систему, нарушает процессы кроветворения, углеводный и белковый обмен, деятельность центральной нервной системы, вызывает дистрофические изменения в печени и селезенке человека. Никель принадлежит к числу канцерогенных элементов.

В связи с вышеизложенным, представляло интерес исследовать адсорбцию ионов Ni<sup>2+</sup> сельскохозяйственными отходами. Ранее показана возможность извлечения ионов Ni<sup>2+</sup> из водных сред отходами от переработки овса [7], ячменя [8], пшеницы [9, 10], риса [11, 12] и др. В настоящем сообщении определялся механизм адсорбции ионов Ni<sup>2+</sup> на биомассе высушенных и измельченных оболочек стручков фасоли (*Phaseolus vulgaris*).

Первоначально строилась изотерма адсорбции, которая приведена на рисунке 1.

Из изотермы адсорбции очевидно, что максимальная сорбционная емкость шелухи стручков фасоли по исследуемым ионам относительно невелика: и составляет 18 мг/г (0,3 ммоль/г).

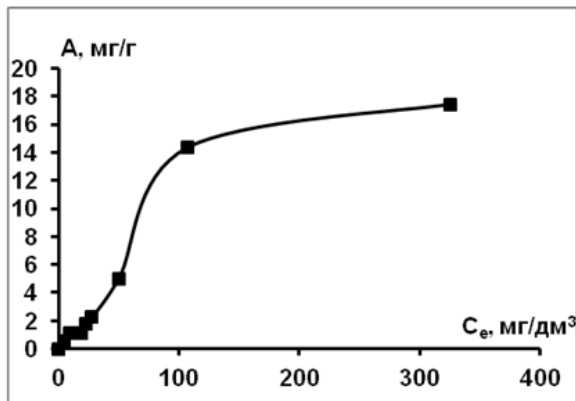


Рис 1. - Изотерма адсорбции ионов  $Ni^{2+}$  оболочками стручков фасоли

Очевидно, что изотермы адсорбции относятся к изотермам I типа по классификации Брунауэра, Деминга, Деминга и Теллера (БДДТ) или L-типу, согласно классификации Гильса и описывают мономолекулярную адсорбцию ионов на опилках фасоли.

Для определения механизма процесса адсорбции, полученные изотермы обрабатывались с помощью моделей адсорбции – Ленгмюра, Фрейндлиха, Дубинина-Радушкевича и Темкина, согласно уравнений 1-4:

$$\text{Ленгмюра} \quad \frac{1}{A} = \frac{1}{A_{\infty}} + \frac{1}{K_L \cdot A_{\infty} \cdot C_e} \quad 1$$

$$\text{Фрейндлиха} \quad \log A = \log K_F + n \log C_e \quad 2$$

$$\text{Дубинина-Радушкевича} \quad \ln A = \ln A_{\infty} - \left(\frac{R \cdot T}{E}\right)^2 \cdot \left(\ln \frac{C_s}{C_e}\right)^2 \quad 3$$

$$\text{Темкина} \quad A = \frac{R \cdot T}{b_{TE}} \cdot \ln a_{TE} + \frac{R \cdot T}{b_{TE}} \cdot \ln C_e \quad 4$$

Результаты обработки изотерм адсорбции ионов  $Ni^{2+}$  оболочками стручков фасоли в рамках вышеназванных моделей представлены на рисунках 2-5, соответственно.

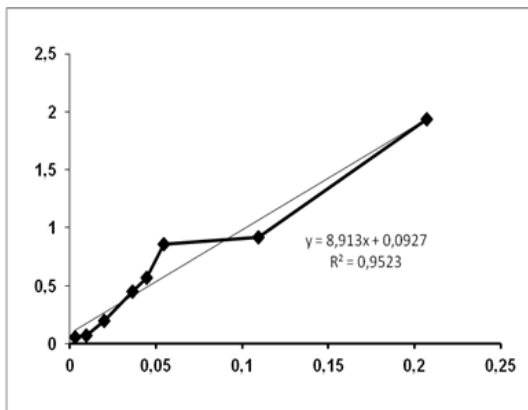


Рис. 2 – График зависимости в координатах  $1/A = f(1/C_e)$  процесса адсорбции ионов  $Ni^{2+}$  оболочками стручков фасоли

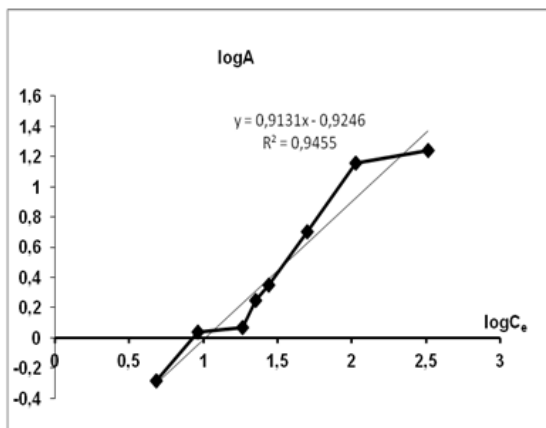


Рис. 3 – График зависимости в координатах  $\log A = f(\log C_e)$  процесса адсорбции ионов  $Ni^{2+}$  оболочками стручков фасоли

Критерием соответствия изотермы адсорбции той или иной модели является коэффициент аппроксимации ( $R^2$ ). Если значение  $R^2 = 1$ , то данное обстоятельство означает, что наблюдается полное соответствие процесса данной модели адсорбции. Чем ближе значение коэффициента аппроксимации к единице, тем лучше данная модель описывает исследуемый процесс.

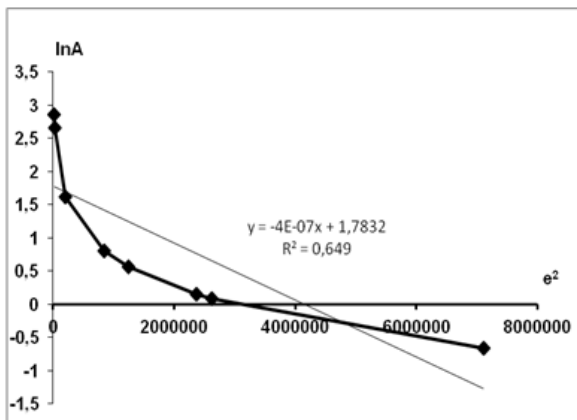


Рис. 4 – График зависимости в координатах  $\ln A = f(e^2)$  процесса адсорбции ионов  $Ni^{2+}$  оболочками стручков фасоли

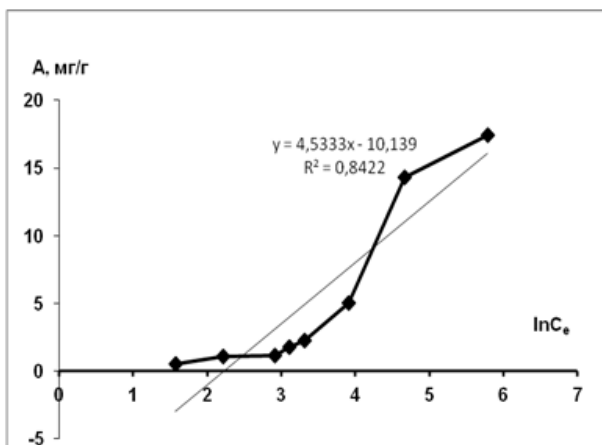


Рис. 5 – График зависимости в координатах  $A = f(\ln C_e)$  процесса адсорбции ионов  $Ni^{2+}$  оболочками стручков фасоли

Как следует из приведенных данных, процесс адсорбции ионов  $Ni^{2+}$  и нативной шелухой фасоли наиболее точно описывается моделью Ленгмюра ( $R^2 = 0,952$ ), т.е. процесс адсорбция происходит на поверхности твердого тела, которое состоит из элементарных участков, каждый из которых может адсорбировать только одну

молекулу сорбата, независимо от того, заняты соседние участки или нет [13].

### **Библиографический список**

1. Шайхиев И.Г. Использование растительных сельскохозяйственных отходов для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов. ч. I. / И.Г. Шайхиев // Все материалы. Энциклопедический справочник. - 2010. – № 3. – С. 15-25.
2. Шайхиев И.Г. Использование растительных сельскохозяйственных отходов для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов. ч. II. / И.Г. Шайхиев // Все материалы. Энциклопедический справочник. - 2010. – № 4. – С. 30-40.
3. Afroze S. A Review on heavy metal ions and dye adsorption from water by agricultural solid waste adsorbents / S. Afroze, T.K. Sen // Water Air Soil Pollution. - 2018. - Vol. 229: 225. 50 p.
4. Dai Y. Utilizations of agricultural waste as adsorbent for the removal of contaminants: A review / Y. Dai, Q. Sun, W. Wang, L. Lu and ets. // Chemosphere. - 2018. - Vol. 211. - P. 235-253.
5. Acharya J. Removal of heavy metal ions from wastewater by chemically modified agricultural waste material as potential adsorbent - A review / J. Acharya, U. Kumar, P.M. Rafi // International Journal of Current Engineering and Technology. - 2018. -Vol. 8. - No. 3. - P. 526-530.
6. Шайхиев И.Г. Использование отходов сельского хозяйства для очистки сточных вод гальванических производств / И.Г. Шайхиев // Вестник машиностроения. - 2006. - № 4.- С. 73-77.
7. Шайхиев И.Г. Использование отходов от переработки биомассы овса в качестве сорбционных материалов для удаления поллютантов из водных сред (обзор литературы). / И.Г. Шайхиев, С.В. Свергузова, А.С. Гречина, К.И. Шайхиева. // Экономика строительства и природопользования. - 2018. - № 2(67). - С. 51-60.
8. Шайхиев И.Г. Использование отходов от переработки ячменя в качестве сорбционных материалов для удаления поллютантов из водных сред (обзор литературы). / И.Г. Шайхиев, О.А. Гальблауб, А.С. Гречина. // Вестник технологического университета. - 2017. - т. 20. - № 23. - С. 110-117.
9. Степанова С.В. Очистка модельных стоков, содержащих ионы тяжелых металлов, шелухой пшеницы / С.В. Степанова, И.Г. Шайхиев, С.В. Свергузова // Вестник Белгородского технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2014. - № 6. – С. 183-186.
10. Степанова С.В. Отходы переработки зерновых культур в качестве сорбционных материалов ионов никеля / С.В. Степанова, И.Г. Шайхиев // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – т. 17. - № 1. – С. 181-183.
11. Bansal M. Use of Agricultural waste for the removal of nickel ions from aqueous solutions: equilibrium and kinetics studies / M. Bansal, D. Singh, V.K. Garg, P. Rose // International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and

Architectural Engineering. – 2009. – Vol. 3. - № 3. - P. 174-180.

12. Farhan A.T.A. Kinetics study of nickel (II) ions sorption by thermally treated rice husk / A.T.A. Farhan, K.K. Ong, W.M.Z. Wan Yunus, M.L. Jabit and ets. // Nature Environment and Pollution Technology. – 2017. – vol. 16. - № 3. – P. 889-892.

13. Галимова Р.З. Обработка результатов исследования процесса адсорбции с использованием программного обеспечения Microsoft Excel: учебное пособие / Р.З. Галимова, И.Г. Шайхиев, С.В. Свергузова // Издательство БГТУ. - 2017. – 60 с.

УДК 66.022.55

666-492

**Шаповалов В.А. маг.,**

**Шкарпеткин Е.А. канд. техн. наук, доц.**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ГРНАУЛИРОВАНИЯ\***

*В данной статье был рассмотрен один из вариантов теоретического подхода определения производительности гранулирующего барабана с учетом его геометрических параметров. Получено уравнение позволяющее учесть взаимосвязь длины конуса, радиуса, степени заполнения и физические свойства материала.*

*Ключевые слова: переработка, агломерация, гранулятор, расчет параметров, производительность, сырьевые и техногенные материалы.*

В настоящее время технологии компактирования материалов широко используются в производственных процессах металлургической, химической, пищевой, строительной и др. отраслей промышленности. Отдельно следует отметить перспективы их применения для хранения, утилизации и переработки техногенных материалов с целью сокращения негативного воздействия на окружающую среду и получения экономического эффекта от расширения ассортимента продукции, например, при производстве топливных гранул и пиллет, аглопорита, пеностекла и др. [1-3]

Эффективность процесса получения агломератов (производимого продукта в виде гранул, брикетов) зависит от технического уровня используемого оборудования, одним из важнейших показателей которого является производительность.

Далее рассмотрим случай расчета производительности (рис. 1). Производительность гранулятора ( $Q$ , м<sup>3</sup>/ч) можно записать в виде обобщенного уравнения:

$$Q = \frac{3600 \cdot V_6 \cdot \varphi \cdot k}{t \cdot k_y}, \quad (1)$$