

2. Звегинцева А.А. Оценка качества природных вод как важное условие организации рекреационных территорий / Звегинцева А.А., Василенко М.И. // В сб. докл. V Междунар. молодежной науч. конф.: Инновационные подходы в решении современных проблем рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды: Белгород: Изд-во БГТУ. – 2019. – С. 200-205.

3. Ясовеев М.Г. Природные факторы оздоровления: Учебное пособие / М.Г. Ясовеев, Ю.М. Досин. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание. - 2014. - 259 с.

4. Лопух П.С. Закономерности развития природы водоемов замедленного водообмена, их использование и охрана / П.С. Лопух. – Минск. - 2000. – 332 с.

УДК 628.31

Камалова Н.А., маг.,
Садыкова С.В., асп.,
Шайхиев И.Г., д-р техн. наук, доц.,
Галимова Р.З., канд. техн. наук, доц.
(КНИТУ, г. Казань, Россия)

АДСОРБЦИЯ ИОНОВ $Zn(II)$ ХВОЕЙ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ (*LARIX SIBIRICA*)

*Исследована адсорбция ионов Zn^{2+} нативной хвоей лиственницы сибирской (*Larix sibirica*) в статических условиях. Построены изотермы адсорбции ионов цинка хвоей *Larix sibirica* и обработаны в рамках моделей Ленгмюра, Фрейндлиха, Темкина и Дубинина-Радушкевича. Найдено, что процесс адсорбции описывается моделью Ленгмюра, а кинетика сорбции подчиняется модели псевдо-второго порядка.*

*Ключевые слова: хвоя лиственницы (*Larix sibirica*), ионы $Zn(II)$, адсорбция, изотермы адсорбции.*

Компоненты биомассы деревьев хвойных пород (иголки, кора, шишки), а также отходы от их переработки (опилки, стружка) исследованы в качестве эффективных сорбционных материалов для извлечения поллютантов различной природы (ионы тяжелых металлов, красители, пестициды, нефть и продукты ее переработки) из природных и сточных вод [1-4].

Среди рассмотренных родов хвойных деревьев определенный интерес представляют деревья лиственницы сибирской (*Larix sibirica*), которые широко произрастают в средней полосе Российской Федерации, Сибири и на Дальнем Востоке. Данное обстоятельство объясняется тем, что *Larix sibirica*, также как и деревья листовых пород сбрасывает хвою на зимний период, что облегчает ее сбор и дальнейшее использование в качестве вторичных материальных ресурсов.

Ранее показана возможность использования хвои лиственницы в качестве сорбционного материала для удаления нефти с водной поверхности [5] и ионов Cu^{2+} и Ni^{2+} [6-8] из модельных растворов. В продолжение ранее проведенных исследований, проведены эксперименты по изучению адсорбции ионов Zn^{2+} хвоей *Larix sibirica*. Первоначально строилась изотерма адсорбции ионов Zn^{2+} при температуре 20 °С, приведенная на рисунок 1.

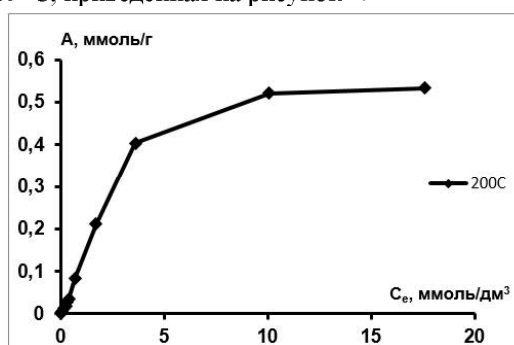


Рис. 1 – Изотерма адсорбции ионов Zn^{2+} хвоей *Larix sibirica*

Очевидно, что изотерма относится к изотермам I типа по классификации БДДТ и описывает мономолекулярную адсорбцию ионов Zn^{2+} на иглах *Larix Sibirica*.

Полученная изотерма была обработана с помощью четырех мономолекулярных моделей адсорбции: Ленгмюра, Фрейндлиха, Темкина и Дубинина-Радушкевича соглас

Ленгмюра	$\frac{1}{A} = \frac{1}{A_{\infty}} + \frac{1}{K_L \cdot A_{\infty} \cdot C_e}$
Фрейндлиха	$\log A = \log K_F + n \log C_e$
Дубинина- Радушкевича	$\ln A = \ln A_{\infty} - \left(\frac{R \cdot T}{E}\right)^2 \cdot \left(\ln \frac{C_s}{C_e}\right)^2$
Темкина	$A = \frac{R \cdot T}{b_{TE}} \cdot \ln a_{TE} + \frac{R \cdot T}{b_{TE}} \cdot \ln C_e$

На рисунках 2-5 представлены графики зависимости процессов адсорбции ионов Zn^{2+} хвоей лиственницы в координатах моделей Ленгмюра, Фрейндлиха, Темкина и Дубинина-Радушкевича соответственно, также их уравнения и значения коэффициентов аппроксимации. Критерием соответствия той или иной модели адсорбции является коэффициент аппроксимации (R^2). Чем ближе значение R^2 к единице, тем лучше данная модель описывает исследуемый процесс.

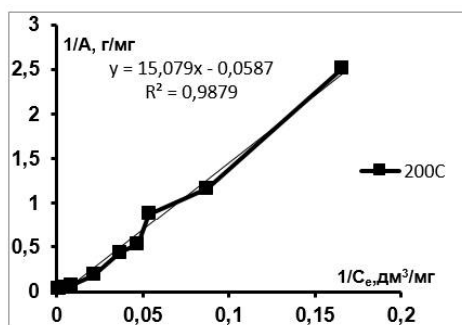


Рис. 2 – График зависимости в координатах $1/A = f(1/C_e)$ процесса адсорбции ионов Zn^{2+} хвоей *Larix sibirica*

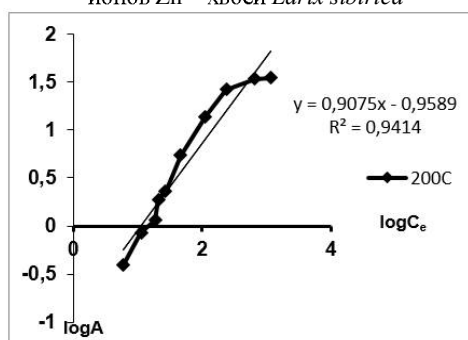


Рис. 3 – График зависимости в координатах $\log A = f(\log C_e)$ процессов адсорбции ионов Zn^{2+} хвоей *Larix sibirica*

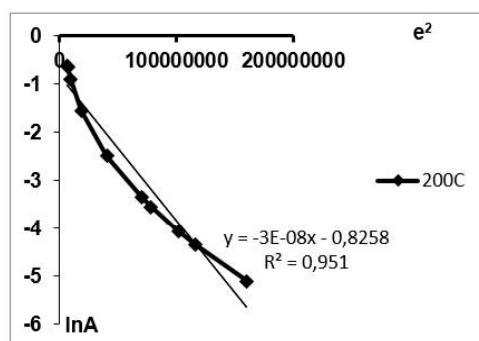


Рис. 4 – График зависимости в координатах $\ln A = f(e^2)$ процессов адсорбции ионов Zn^{2+} хвоей *Larix sibirica*

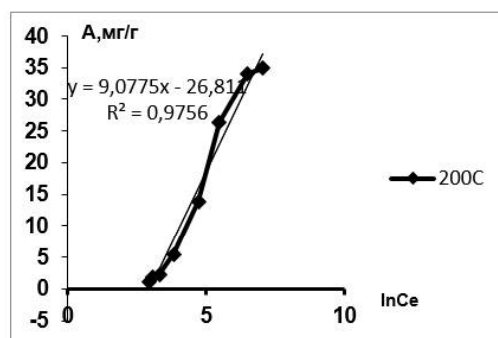


Рис. 5 – График зависимости в координатах $A = f(\ln C_e)$ процессов адсорбции ионов Zn^{2+} хвоей *Larix sibirica*

В ходе эксперимента были получены зависимости (рисунки 1-5), так же установлено, что процесс сорбции ионов Zn^{2+} описывается лучше всего моделью Ленгмюра ($R^2 = 0,988$).

Данное обстоятельство свидетельствует о том, что процесс адсорбции протекает на поверхности иголок, которые состоят из активных центров с одинаковой энергией сорбции. Рассчитанные термодинамические показатели ($E = 4,082$ кДж/моль, $\Delta G^0 = -8,280$ кДж/моль) свидетельствуют о протекании физической адсорбции, так как значения энергии адсорбции менее 8 кДж/моль, а значения энергии Гиббса в диапазоне от -20 до 0 кДж/моль говорят о самопроизвольном протекании физической адсорбции.

Также определено, что процесс адсорбции ионов Zn^{2+} относится к кинетической модели псевдо-второго порядка. Данное обстоятельство свидетельствует о том, что химическая реакция обмена лимитирует процесс адсорбции. В этом случае предполагается, что реакция между сорбатом и функциональными группами сорбционного материала является реакцией второго порядка и они взаимодействуют между собой в соотношении 1:1.

Библиографический список

1. Шайхиев И.Г., Использование компонентов хвойных деревьев для удаления поллютантов из водных сред. 1. Сосновые / Шайхиев И.Г., Шайхиева К.И. // Вестник технологического университета. - 2016.- Т. 19. № 4. - С. 127-141.
2. Шайхиев И.Г., Использование компонентов хвойных деревьев для удаления поллютантов из водных сред. 2. Еловые / Шайхиев И.Г., Шайхиева К.И. // Вестник технологического университета. - 2016. - Т. 19. № 5. - С. 161-165.

3. Шайхиев И.Г., Использование компонентов хвойных деревьев для удаления поллутантов из водных сред. 3. Пихтовые / Шайхиев И.Г., Шайхиева К.И. // Вестник технологического университета. - 2016. - Т. 19. № 6. - С. 160-164.
4. Шайхиев И.Г., Использование компонентов хвойных деревьев для удаления поллутантов из водных сред. 4. Лиственничные / Шайхиев И.Г., Шайхиева К.И. // Вестник технологического университета. - 2016. - Т. 19. № 11. - С. 199-202.
5. Мурашко Е.Э., Влияние параметров обработки ВЧ-плазмой пониженного давления на нефте- и водопоглощение компонентов *Larix sibirica* / Мурашко Е.Э., Шайхиев И.Г., Санатуллова З.Т., Садыкова С.В. // Вестник технологического университета. - 2017. - Т. 20. № 17.- С. 121-126.
6. Камалова Н.А., Сорбция ионов меди и никеля иголками *Larix sibirica* / Камалова Н.А., Шайхиев И.Г., Галимова Р.З., Садыкова С.В., Гречина А.С. // Вестник технологического университета. - 2017.- Т. 20. № 19. - С. 121-124.
7. Камалова Н.А., Сорбция ионов тяжелых металлов хвоей *Larix sibirica* / Камалова Н.А., Шайхиев И.Г., Садыкова С.В. // Сб. докл. Междунар. научно-техн. конф. «Инновационные пути решения актуальных проблем природопользования и защиты окружающей среды», Алушта, 4–8 июня, 2018 г. / БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород. - 2018. - Ч. II. - С. 113-121.
8. Denisova T.R., Material performance of nickel ions adsorption by *Larix sibirica* needles/ Denisova T.R., Kharlyamov D.A., Shaikhiev I.G., Galimova R.Z., Sadykova S.V. // International Journal of Engineering & Technology. - 2018. - Vol. 7. - P. 219-222.
9. Галимова Р.З. Обработка результатов исследования процесса адсорбции с использованием программного обеспечения Microsoft Excel: учебное пособие. / Галимова Р.З., Шайхиев И.Г., Свергузова С.В. - Казань, Белгород: Изд-во БГТУ. - 2017. -

УДК 66.061.3; 628.31

Королева С.Е., маг.,
Шайхиева К.И. асп.,
Фридланд С.В., д-р. хим. наук, проф.
(КНИТУ, г. Казань, Россия)

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ КОБАЛЬТА

PISUM

SATIVUM)

*Исследована очистка модельных растворов от ионов Co^{2+} экстрактом из высушенных и измельченных стручков гороха (*Pisum sativum*). Найдено, что с увеличением дозировки экстракта, приливаемого к раствору, содержащему ионы кобальта в концентрации 100 мг/дм^3 , эффективность удаления последних увеличивается.*

Ключевые слова: стручки гороха, экстракт, ионы кобальта, удаление.