

Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral»

Научная статья

Original article

УДК 504.06



**ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА КОЖУРЫ
ЦИТРУСОВЫХ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ТЯЖЕЛЫХ
МЕТАЛЛОВ**

**STUDY OF THE SORPTION POTENTIAL OF CITRUS PEEL FOR
WASTEWATER TREATMENT OF HEAVY METALS**

Быкова Марина Валерьевна, кандидат технических наук, научный сотрудник, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», Россия, г. Санкт-Петербург

Bykova Marina, Candidate of Technical Sciences, Researcher, St. Petersburg Mining University of Empress Catherine II, Russia, Saint-Petersburg
e-mail: Bykova_MV@pers.spmi.ru

Аннотация

В статье представлены результаты исследования сорбционного потенциала цитрусовой кожуры для очистки вод от тяжелых металлов, таких как As, Ni, Hg, Cu, Pb, Cr, Cd, Mn. Установлена сорбционная емкость смеси высушенных и измельченных несъедобных остатков цитрусовых, представленных мандаринами, апельсинами и грейпфрутами.

Annotation

The article presents the results of a study of the sorption potential of citrus peel for purifying water from heavy metals, such as As, Ni, Hg, Cu, Pb, Cr, Cd, Mn. The

Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral»
sorption capacity of a mixture of dried and crushed inedible citrus fruit residues, represented by tangerines, oranges and grapefruits, has been established.

Ключевые слова: кожура цитрусовых, сточные воды, загрязнение гидросферы, тяжелые металлы, сорбция.

Keywords: citrus peel, wastewater, hydrosphere pollution, heavy metals, sorption.

В современном мире одной из наиболее существенных проблем общества является загрязнение компонентов природной среды тяжелыми металлами. Особую опасность представляет собой поступление тяжелых металлов в гидросферу, т.к. водные среды являются динамической средой, что может привести к развитию как горизонтальных, так и вертикальных процессов миграции, формированию гидрохимических потоков и ореолов, а также аккумулярованию тяжелых металлов в биомассе экосистем [1-3].

К основным источникам поступления тяжелых металлов в воду можно отнести сточные воды гальванических цехов, предприятий горнодобывающей, черной и цветной металлургии, машиностроительные заводы. Также, тяжелые металлы входят в состав удобрений и пестицидов и могут попадать в водоемы вместе со стоком с сельскохозяйственных угодий [4-6].

Присутствие примесей тяжелых металлов техногенного происхождения в водах могут вызывать целый ряд негативных последствий, в том числе отдаленных и долгосрочных, проявляющихся в виде прямого или косвенного токсического воздействия, которое в конечном итоге достигает человека по средствам пищевых цепей. После попадания тяжелых металлов в организм человека они угнетают активность ферментов в организме, вызывают цитоплазматические отравление, влияют на нервную ткань и даже повреждают ключевые органы функции детоксикации человека, подвергая опасности его здоровье [6, 7].

Несмотря на современные системы очистки вод, очевидно, что все еще остаются нерешенные вопросы по обеспечению безопасной природной среды для человека. Тяжелые металлы как неорганические загрязнители, требуют

Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral» различных технологий их удаления, таких как традиционные, передовые и альтернативные методы.

В последнее время особый интерес у ученых вызывают альтернативные методы. Одним из таких направлений исследований является использование кожуры цитрусовых для сорбции тяжелых металлов из водных сред, что в первую очередь связано с тем, что данные органические отходы богаты пектином, который содержится в альbedo, и способен связывать ионы тяжелых металлов [8-11].

Следует отметить, что основная часть исследований предполагает использование кожуры цитрусовых одного вида и предварительно подготовленной, а именно прошедшей химическую или физическую модификацию (обработка кислотами и/или щелочами, кальцинирование) или использование выделенного пектина в чистом виде при помощи экстракции, что значительно усложняет процесс получения биосорбентов и предполагает дополнительные финансовые затраты. Поэтому, для исследования сорбционного потенциала была использована смесь кожуры цитрусовых не проходившей никакой химической или физической модификации, кроме измельчения.

Сбор материала для исследований проводился в течение одного месяца. В качестве контрольной группы были взяты 10 человек, которые в течение периода сбора материала употребляли в пищу плоды цитрусовых в привычном количестве для своего рациона. Кожура цитрусовых подсушивалась при температуре 75-80 °С для предотвращения процесса гниения. Всего за указанный период было собрано: кожура мандаринов – 215 г; апельсинов – 220 г; грейпфрутов – 200 г. Исходя из полученных данных по массе собранного материала, а также тому факту, что процент несъедобной части увеличивается в ряду мандарины → апельсины → грейпфруты, можно говорить о том, мандарины употреблялись в пищу чаще, чем апельсины и грейпфруты, а апельсины чаще, чем грейпфруты.

Подсушенная кожура цитрусовых измельчалась при помощи лабораторного блендера и просеивалась через сито с диаметром ячеек 1 мм.

Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral»
Далее была полечена смесь с соотношением измельченной кожуры 1:1:1, т.к. за период сбора материалов для исследований по массе были получены приблизительно одинаковые доли каждого из вида цитрусовых (рис. 1).

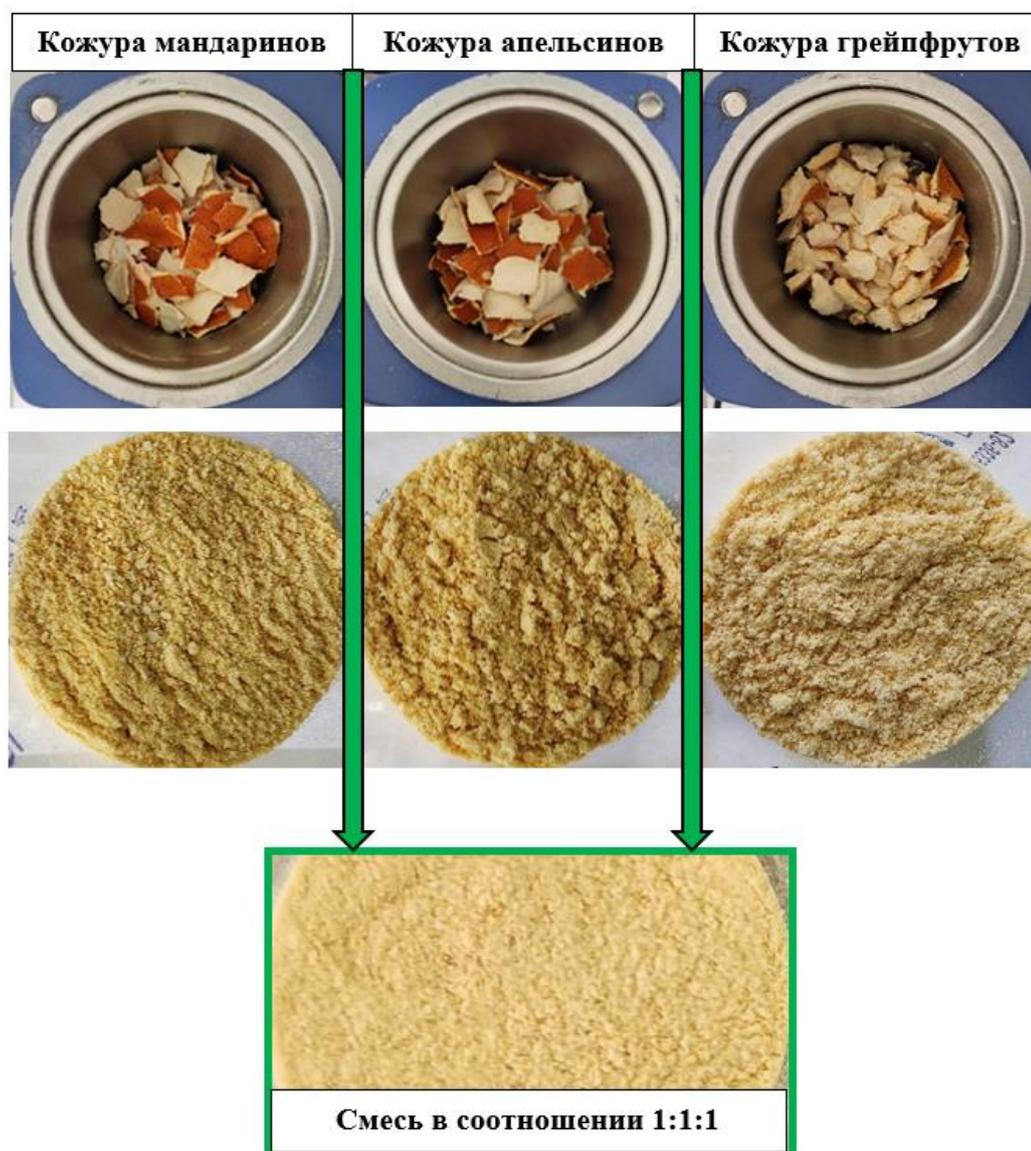


Рисунок 1 – Подготовка смеси измельченной кожуры цитрусовых

После получения смеси была проведена серия экспериментов по установлению сорбционной емкости в отношении ионов таких тяжелых металлов как As, Ni, Hg, Cu, Pb, Cr, Cd и Mn. Изучение проводилось для смеси по отдельности для каждого из исследуемых тяжелых металлов.

Экспериментальные исследования по сорбции тяжелых металлов включали в себя следующие этапы:

1. Приготовление модельных растворов с исходным содержанием As, Ni, Hg, Cu, Pb, Cr, Cd и Mn 10 мг/дм³.

Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral»

2. Добавление к модельным растворам полученной смеси в массовом соотношении 1:250 (на 250 мл раствора добавлялся 1 грамм смеси).
3. Перемешивание модельных растворов с добавленной смесью при помощи многоместной магнитной мешалки (сорбция в статических условиях) с различным временем контакта (30 и 60 минут, 3, 6, 12 и 24 часа).
4. Получение растворов после контакта со смесью путем декантирования с использованием бумажных обеззоленных фильтров для проведения дальнейших исследований по определению остаточного содержания тяжелых металлов (рис. 2).

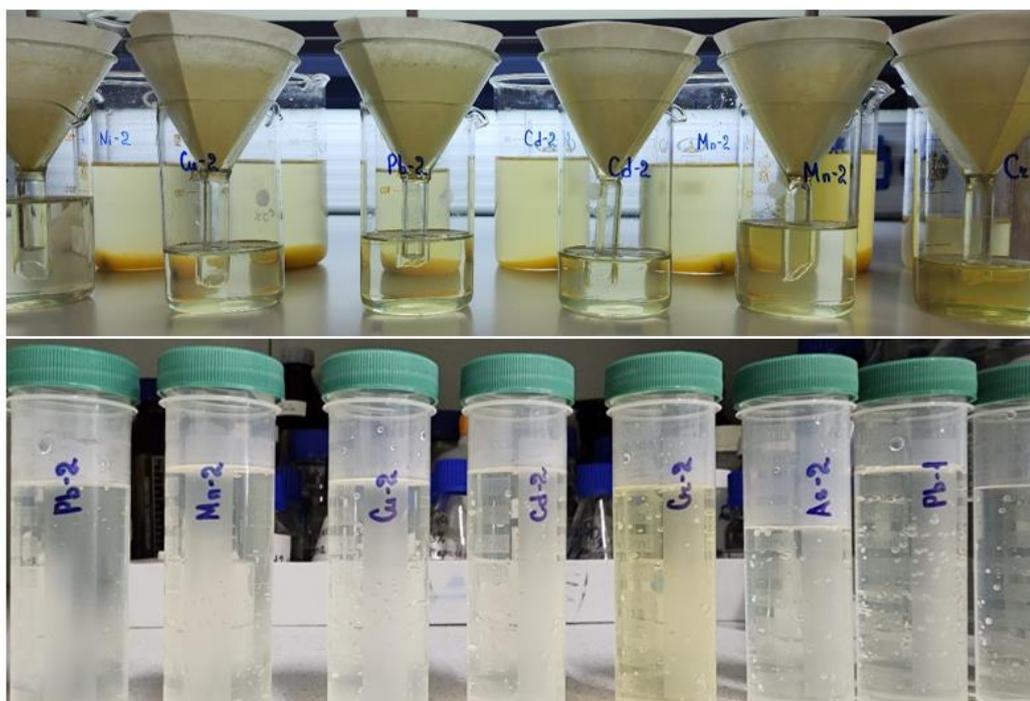


Рисунок 2 – Пример подготовленных растворов после контакта со смесью измельченной кожуры цитрусовых для дальнейшего определения содержания тяжелых металлов

Полученные растворы были проанализированы на остаточное содержание тяжелых металлов (As, Ni, Cu, Pb, Cr, Cd и Mn) методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (при помощи оптического эмиссионного спектрометра ICPE-9000) и на содержание Hg атомно-абсорбционным методом (при помощи универсального ртутеметрического комплекса УКР-1МЦ с приставкой для химического восстановления ртути).

Динамика сорбции (зависимость остаточного содержания тяжелых металлов от времен контакта) по полученным результатам серии экспериментов представлена на рисунке 3.

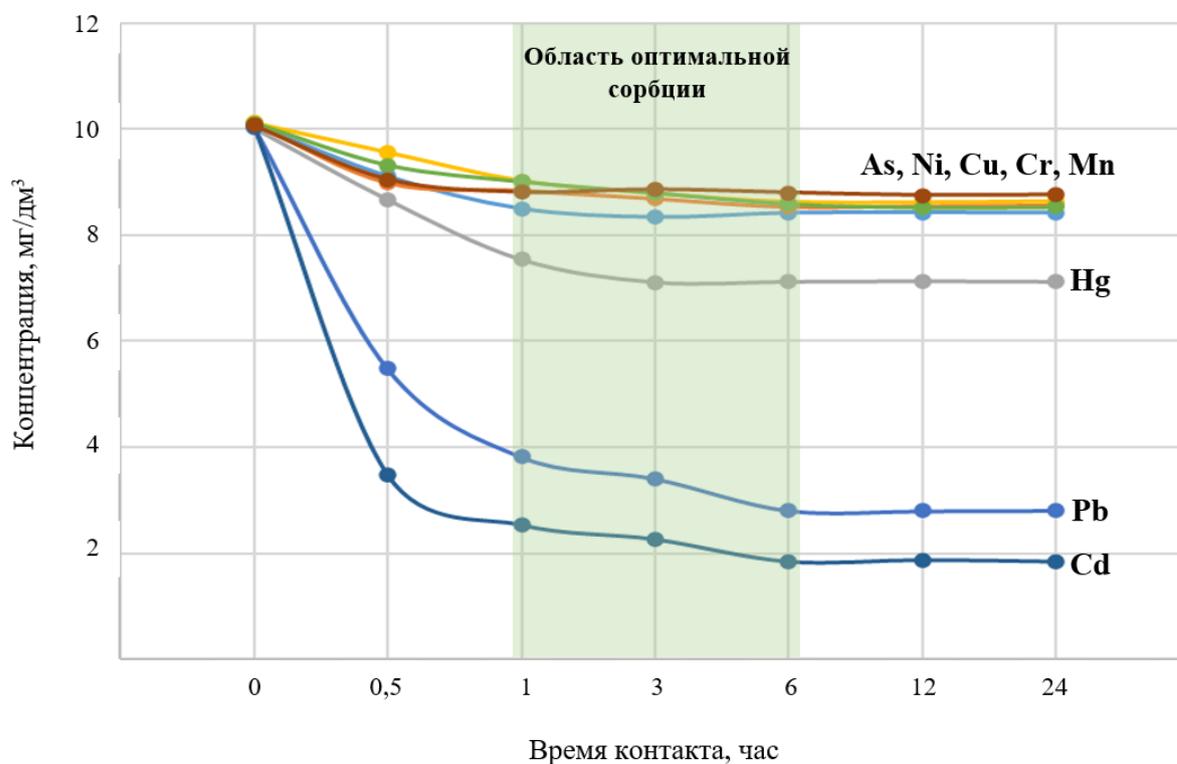


Рисунок 3 – Динамика сорбции тяжелых металлов смесью измельченной кожуры цитрусовых

По результатам определения остаточного содержания тяжелых металлов были установлены сорбционные емкости для каждого из исследуемых тяжелых металлов. Максимальные значения эффективности захвата и удерживания тяжелых металлов были получены по ионам кадмия (Cd) и свинца (Pb) - сорбционная емкость составила 8,2 и 7,2 мг/г соответственно. Сорбционная емкость по ионам ртути (Hg) значительно меньше – 2,9 мг/г, и по остальным тяжелым металлам составила от 1,3 до 1,8 мг/г.

По графику динамики сорбции было установлено, что при времени контакта от 1 до 6 часов наблюдается область оптимальной сорбции, т.к. колебания эффективности захвата и удерживания тяжелых металлов незначительны, при этом значения сорбционной емкости приближаются к максимальной.

Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral»

Исходя из результатов экспериментальных исследований можно говорить о том, что использование кожуры цитрусовых для очистки водных сред от тяжелых металлов является перспективным направлением, что подтверждается установленными сорбционными емкостями. При этом, следует отметить, что используемая смесь не проходила никаких дорогостоящих дополнительных физических и химических модификаций, что, несомненно, является преимуществом перед существующими исследованиями. Полученные результаты могут быть использованы в дальнейшем для создания фильтров для очистки сточных вод от тяжелых металлов.

Литература

1. Тюлебаева, С.С. Загрязнение реки Урал тяжелыми металлами (Cu, Ni) / С.С. Тюлебаева // *Мировая наука*. - 2023. - №1(70). - С. 192-195.
2. Мониторинг загрязнения тяжелыми металлами реки Рубас / Ш.Г. Аммаева, Ф.Г. Гасанова, А.Я. Гаджиева [и др.] // *Вестник Дагестанского государственного университета. Серия 1: Естественные науки*. - 2023. - №1. - С. 66-74.
3. Assessment of heavy metal accumulation potential of aquatic plants for bioindication and bioremediation of aquatic environment / Petrov, D., Korotaeva, A., Pashkevich, M. [et al.] // *Environmental Monitoring and Assessment*. - 2023. - Vol. 195.
4. Очистка сточных вод гальванических производств реагентным методом / К.Г. Мухамедов, Н.К. Насирова, Ж.К. Мухамедов [и др.] // *Universum: технические науки*. - 2023. - № 7(112). - С. 51-56.
5. Чугунов, А.Д. Решение проблем экологической безопасности путем сорбционного извлечения ионов ртути(II), никеля(II), цинка(II) и меди(II) из водных растворов и техногенных образований / А.Д. Чугунов, Е.Г. Филатова // *Известия ВУЗов. Химия и химическая технология*. - 2023. - № 9. - С. 6-19.
6. Влияние предприятий горнорудной промышленности на состояние окружающей среды и здоровье населения (обзор литературы) / С.Ш.

- Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral»
Рафиков, Р.А. Сулейманов, Т.К. Валеев [и др.] // Медицина труда и экология человека. - 2021. - № 3(27). - С. 62-75.
7. Борисов, П.О. Влияние тяжелых металлов на организм человека / П.О. Борисов // Вестник науки. - 2019. - № 12(21). - С. 6-8.
 8. Gomez-Aguilar, D.L., Fruit peels as a sustainable waste for the biosorption of heavy metals in wastewater: a review / D.L. Gomez-Aguilar, J.P. Rodriguez-Miranda, O.J. Salcedo-Parra // *Molecules*. - 2022. - Vol. 27, 2124.
 9. Использование кожуры мандаринов в качестве сорбционных материалов для удаления загрязняющих веществ из водных сред / И.Г. Шайхиев, С.В. Свергузова, К.И. Шайхиева [и др.] // Химия растительного сырья. - 2023. - № 1 - С. 61-75.
 10. Muhaisen, L. Modified Orange Peel as Sorbent in Removing of Heavy Metals from Aqueous Solution / L. Muhaisen, S. Al-Najjar, Z.T. Al-Sharify // *Journal of Green Engineering*. - 2020. - Vol. 11. - P. 10600-10615.
 11. Simultaneous adsorption of heavy metals from water by novel lemon-peel based biomaterial / E. Sehovic, M. Memic, J. Sulejmanovic [et al.] // *Polish Journal of Chemical Technology*. - 2020. - Vol. 22. - P. 46-53.

Literature

1. Tyulebaeva, S.S. Pollution of the Ural River with brittle metals (Cu, Ni) / S.S. Tyulebaeva // *World Science*. - 2023. - No. 1(70). - P. 192-195.
2. Monitoring of heavy metal pollution of the Rubas River / Sh.G. Ammaeva, F.G. Gasanova, A.Ya. Gadzhieva [at al.] // *Bulletin of the Dagestan State University. Series 1: Natural Sciences*. - 2023. - No. 1. - P. 66-74.
3. Assessment of heavy metal accumulation potential of aquatic plants for bioindication and bioremediation of aquatic environment / Petrov, D., Korotaeva, A., Pashkevich, M. [et al.] // *Environmental Monitoring and Assessment*. - 2023. - Vol. 195.
4. Treatment of wastewater from galvanic production using the reagent method / K.G. Mukhamedov, N.K. Nasirova, Zh.K. Mukhamedov [at al.] // *Universum: technical sciences*. - 2023. - No. 7(112). - P. 51-56.

5. Chugunov, A.D. Solving environmental safety problems by sorption extraction of mercury(II), nickel(II), zinc(II) and copper(II) ions from aqueous solutions and technogenic formations / A.D. Chugunov, E.G. Filatova // News of Universities. Chemistry and chemical technology. - 2023. - No. 9. - P. 6-19.
6. The influence of mining industry enterprises on the state of the environment and the health of the population (literature review) / S.Sh. Rafikov, R.A. Suleymanov, T.K. Valeev [et al.] // Occupational medicine and human ecology. - 2021. - No. 3(27). - P. 62-75.
7. Borisov, P.O. The influence of heavy metals on the human body / P.O. Borisov // Bulletin of Science. - 2019. - No. 12(21). - P. 6-8.
8. Gomez-Aguilar, D.L., Fruit peels as a sustainable waste for the biosorption of heavy metals in wastewater: a review / D.L. Gomez-Aguilar, J.P. Rodriguez-Miranda, O.J. Salcedo-Parra // Molecules. - 2022. - Vol. 27, 2124.
9. The use of tangerine peels as sorption materials for the removal of pollutants from aquatic environments / I.G. Shaikhiev, S.V. Sverguzova, K.I. Shaikhieva [et al.] // Chemistry of plant raw materials. - 2023. - No. 1 - P. 61-75.
10. Muhaisen, L. Modified Orange Peel as Sorbent in Removing of Heavy Metals from Aqueous Solution / L. Muhaisen, S. Al-Najjar, Z.T. Al-Sharify // Journal of Green Engineering. - 2020. - Vol. 11. - pp. 10600-10615.
11. Simultaneous adsorption of heavy metals from water by novel lemon-peel based biomaterial / E. Sehovic, M. Memic, J. Sulejmanovic [et al.] // Polish Journal of Chemical Technology. - 2020. - Vol. 22. - pp. 46-53