

Т.Г. Шутова¹, В.В. Паньков², А.С. Тимоненкова², Р.С. Драгун²

¹Институт химии новых материалов НАН Беларуси

²Белорусский государственный университет
Минск, Беларусь

НОВЫЙ МАГНИТНЫЙ КОМПОЗИТ НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛ-ОРГАНИЧЕСКОЙ КАРКАСНОЙ СТРУКТУРЫ ФУМАРАТА АЛЮМИНИЯ

***Аннотация.** Исследован процесс адсорбции красителя конго красного новым магнитным сорбентом на основе фумарата алюминия. Установлены закономерности адсорбции красителя в зависимости от массовой доли магнитной фазы в композите.*

T.G. Shutava¹, V.V. Pankov², A.S. Tsimanenkava², R.S. Dragun²

¹Institute of Chemistry of New Materials, NAS of Belarus

²Belarusian State University
Minsk, Belarus

NEW MAGNETIC COMPOSITE ON THE BASIS OF METAL-ORGANIC FRAMEWORK ALUMINUM FUMARATE

***Abstract.** The process of adsorption of Congo Red dye by a new magnetic sorbent based on aluminum fumarate was investigated. The regularities of the adsorption depending on the amount of magnetic phase in the composite were studied.*

Органические красители являются наиболее распространенными загрязнителями в сточных водах, образующихся в текстильной, бумажной, пищевой промышленности. Они потребляют растворенный кислород, препятствуют проникновению света и серьезно влияют на водную флору и фауну. Кроме того, многие органические красители и продукты их распада являются канцерогенными и токсичными. Попадая в организм человека, они могут вызывать аллергические реакции, нарушение сна, нервные расстройства [1].

Одним из решений проблемы очистки сточных вод от технологических загрязнений является адсорбция, которая благодаря своей простоте и высокой эффективности позволяет удалять широкий спектр адсорбатов [2]. Однако, традиционно применяемые адсорбирующие материалы имеют ряд ограничений, например, сложность отделения от очищаемой среды, а также не всегда высокую адсорбционную способность. Таким образом, возникает

необходимость в эффективном и экономичном адсорбенте, который, обладая большой емкостью, высокой скоростью поглощения загрязнителей и удобным простым процессом разделения, мог бы удалять органические красители, например, конго красный (CR).

Металл-органические каркасные структуры (MOFs, от *англ.* metal-organic frameworks) представляют собой пористые кристаллические материалы, состоящие из ионов или оксокластеров поливалентных металлов, связанных различными органическими лигандами. Они интенсивно исследуются, а отдельные из них и применяются, в качестве адсорбентов с большой удельной поверхностью и высокой пористостью [3].

Одной из нерешенных проблем, связанных с MOFs, является сложность их отделения от очищаемого раствора для регенерации, которую предлагается решать путем создания новых магнитных композиционных адсорбентов. В этом случае в немагнитную пористую матрицу MOF в процессе синтеза вводятся наночастицы оксидов железа. Такие материалы сочетают в себе хорошие сорбционные свойства MOFs и возможность эффективного отделения сорбента при помощи магнитного поля.

В настоящей работе исследованы закономерности адсорбции красителя конго красного композитом магнетит/ фумарат алюминия ($\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Al-fum}$), массовая доля магнетита (w) в которых варьируется от 1 до 35 %мас. Для изучения адсорбции красителя в раствор CR с концентрацией от 8 до 44 мкг/мл объёмом 40 мл добавляли навеску порошка исследуемого композита массой 5 мг. Спектры водной фазы после отделения композита записывали на спектрофлуориметре CM2203 Solar в диапазоне длин волн 300-750 нм. Концентрацию CR определяли используя значение оптической плотности раствора при длине волны 500 нм и экспериментальный коэффициент экстинкции красителя.

В ИК спектре порошка Al-fum после адсорбции CR появляются полосы поглощения красителя при 598 и 1047 см^{-1} , а также существенно увеличивается интенсивность полос с максимумами при 3456, 1612, 1427 и 505 см^{-1} , в области которых в ИК спектре CR наблюдаются группы интенсивных пиков (рис.1). Увеличение интенсивности вышеуказанных полос в спектре порошка Al-fum с ростом концентрации CR в растворе подтверждает адсорбцию красителя.

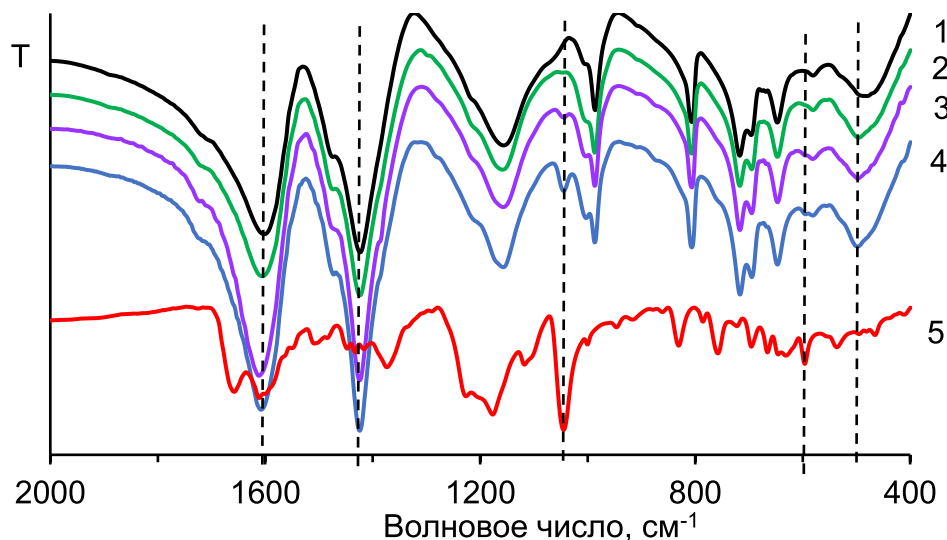


Рис. 1 - ИК спектры порошка Al-fum после адсорбции красителя CR из растворов с различной концентрацией (1-4, C_{CR} , мкг/мл: 1 - 0; 2 - 8,5; 3 - 17,5; 4 - 26,4) и CR (5)

Количество красителя (Q), адсорбированного на Al-fum, увеличивается с увеличением времени адсорбции (рис.2,а). В диапазоне концентраций CR от 8 до 45 мкг/мл время достижения равновесной адсорбции (Q_e) не превышает 120 мин и не зависит от C_{CR} . Величина Q_e линейно зависит от концентрации красителя (рис. 2,б), что позволяет предположить, что даже при максимальной исследованной C_{CR} не все центры адсорбции в Al-fum заполняются красителем.

Начальная скорость адсорбции CR композитами $Fe_3O_4/Al-fum$, содержащими 1-6 %мас. магнетита больше, чем немодифицированным Al-fum (рис.3, а), что может быть связано с появлением на границе наночастиц и пористой матрицы дополнительных дефектов кристаллической структуры обеих фаз. С увеличением массовой доли магнетита до 11-34 %мас. скорость адсорбции красителя снижается, что коррелирует с уменьшением доли пористого материала в композите.

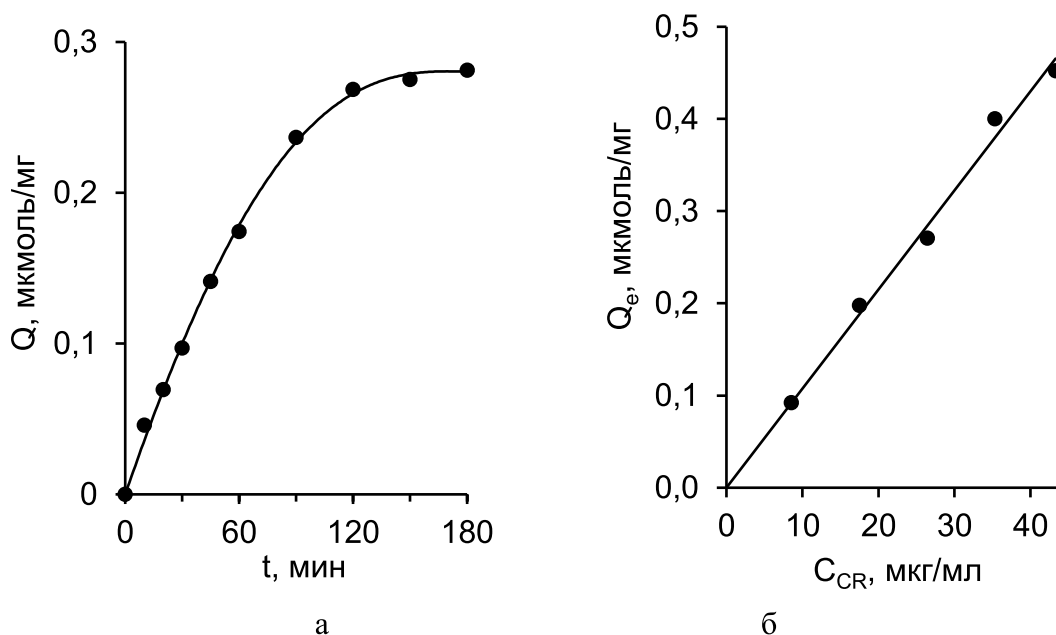


Рис.2 - Зависимость адсорбции конго красного на Al-fum от времени (а), ($C_{CR} = 26,4$ мкг/мл) и концентрации в растворе (б). Температура $25^{\circ}C$

Величина равновесной адсорбции красителя зависит от массовой доли магнетита в композите $Fe_3O_4/Al-fum$ (рис. 3,б). Максимальная адсорбция конго красного после 24 ч наблюдается при концентрации магнетита около 6 %мас.

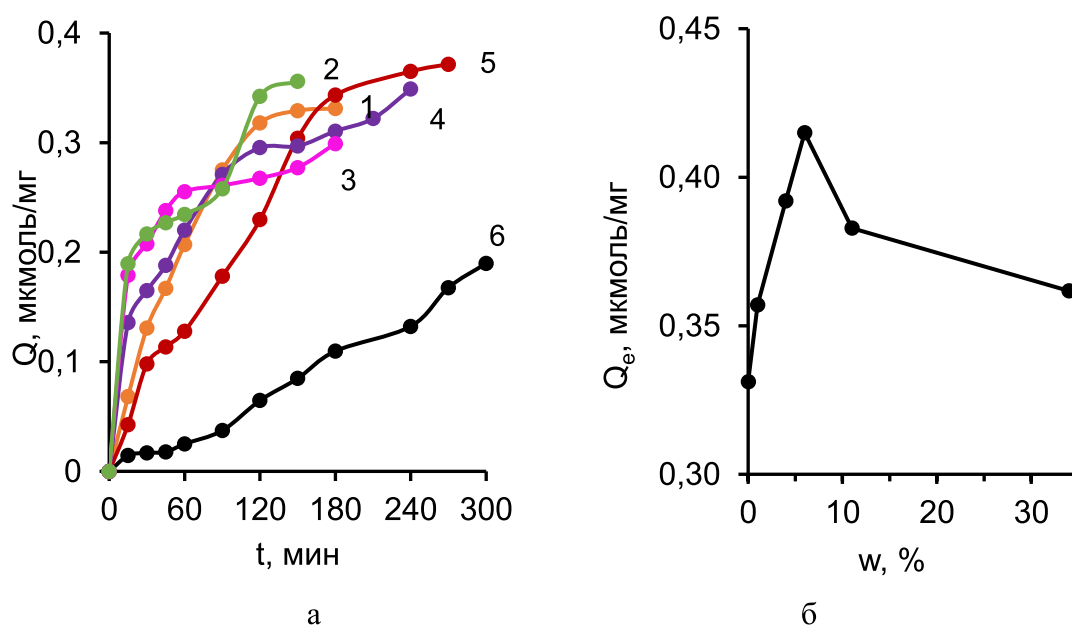


Рис. 3 - Зависимость адсорбции конго красного на композите $Fe_3O_4/Al-fum$ от времени (а, w,%: 1 – 0; 2 – 1; 3 – 4; 4 – 6; 5 – 11; 6 – 34) и массовой доли магнетита в композите (б, через 24 ч). Температура $25^{\circ}C$. $C_{CR}=35,3$ мкг/мл

Таким образом, новый магнитный сорбент на основе фумарата алюминия демонстрирует высокую скорость адсорбции в сочетании с большой емкостью в отношении красителя конго красного. Адсорбированный на композите $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Al-fum}$ конго красный легко смывается ацетоном, что может быть использовано для выделения красителя из кубовых смесей и регенерации адсорбента.

Список использованных источников

1. Mohammadnejad, M., Alizadeh, S. $\text{MnFe}_2\text{O}_4\text{-NH}_2\text{-HKUST-1}$, MOF magnetic composite, as a novel sorbent for efficient dye removal: fabrication, characterization and isotherm studies. *Sci. Rep.* 14, 9048 (2024). doi: 10.1038/s41598-024-59727-8.
2. Gupta, V.K., Suhas. Application of low-cost adsorbents for dye removal - a review. *J. Environ. Manage.* 90 (8), 2313-2342 (2009). doi:10.1016/j.jenvman.2008.11.017.
3. Qi, Z. P., Yang, J. M., Kang, Y. S., Guo, F. & Sun, W. Y. Facile water-stability evaluation of metal-organic frameworks and the property of selective removal of dyes from aqueous solution. *Dalt. Trans.* 45 (21), 8753–8759 (2016). doi: 10.1039/c6dt00886k.

УДК 577.1; 577.112; 577.127; 581.5; 637.1; 602.3:633/635

И.А. Щедрин, А.А. Сисько, В.П. Курченко

Белорусский государственный университет
Минск, Беларусь

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕЛКОВ МОЛОКА ДЛЯ ЭКСТРАКЦИИ БАВ ИЗ МЯКОТИ ПЛОДОВ БАОБАБА (*ADANSONIA DIGITATA L.*)

Аннотация. Из мякоти плодов баобаба экстрагированы БАВ этиловым спиртом и водными растворами β -циклодекстрина, концентрата сывороточных белков (КСБ), термоденатурированного КСБ и гидролизата КСБ. С использованием ГХ-МС определен их состав и содержание в экстрактах. Показана различная эффективность экстракции жирных кислот, фенольных и азотсодержащих соединений в зависимости от использованного экстрагента.