

УДК 544.64:544.032.4

ПРИМЕНЕНИЕ БИОГЕННЫХ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦИНКА В РЕАКЦИИ РАЗЛОЖЕНИЯ КРАСИТЕЛЯ РОДАМИНА Б.

Алимханова Асель Нұрбекқызы

aselalimhanova645@gmail.com

Студент 3 курса факультета естественных наук ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан,
Казахстан

Научный руководитель – Машенцева А.А

Среди разнообразия различных технологий очистки окружающей среды от различных классов загрязнителей гетерогенный фотокатализ является одним из наиболее популярных методов [1]. Краситель Родамин Б (RhB) - (9-(2-карбокисфенил)-6-(диэтиламино)-3Н-ксантен-3-илиден)диэтиламмония хлорид - широко используется в текстильной промышленности, и побочным эффектом является то, что значительное количество красителя в процессе окрашивания смывается вместе со сточными водами производств, попадая затем в поверхностные водоемы и разрушая таким образом экосистему [2]. Эти отходы являются чрезвычайно опасными для водных организмов и людей, так как органические красители канцерогенные и они наносят серьезный ущерб экосистеме и водной среде обитания.

Оксиды металлов представляют собой многофункциональные материалы с широким спектром применения, на данный момент металлоксидные полупроводники имеют хорошие фотокаталитическую активность в направлении разложения органических красителей [3]. В частности, оксид цинка можно считать наиболее важным среди всех различных оксидов металлов из-за широкой запрещенной зоны (3,36 эВ) и большой энергии связи экситона (60 мэВ), высокой термомеханической стабильности [4]. В данной работе изучается возможность применения биогенных наночастиц оксида цинка (НЧ) ZnO в качестве фотокатализаторов реакции разложения красителя RhB.

Наночастицы оксида цинка методом мокрого сжигания получали по следующей методике [4]: 1.0 г экстракта *Serratula coronata* L. и 4.02 г $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ растворяли в 25 мл этанола при постоянном перемешивании в течение 5 мин, после чего в керамическом тигле помещали на 3 мин в предварительно нагретую до 200°C муфельную печь для

сжигания. Полученную смесь фильтровали для удаления золы, содержащейся в растительных экстрактах, и тщательно промывали несколько раз деионизированной водой для удаления оставшихся примесей. После чего ретентат отжигали в муфельной печи при 600°C в течение 2 ч. Полученный в результате мелкодисперсный белый порошок массой 3.77 г хранили в герметичном контейнере. Электронная микрофотография порошка полученных НЧ представлена на рисунке 1а.

Для изучения свойств катализатора, НЧ ZnO массой 50 мг помещали в 50 мл раствора RhB концентрацией 1,0 мг/л, после чего интенсивно перемешивали в темноте в течение 10 мин для достижения адсорбционного равновесия в системе «катализатор-краситель». Аликвоту реакционной смеси объемом 1,0 мл отбирали каждые 10 мин и измеряли на спектрофотометре Specord-250 (Jena Analytic, Германия) в интервале длин волн 200-750 нм. Степень разложения (D%) определяли по формуле (1):

$$D = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\% = \frac{A_0 - A_t}{A_0} \times 100\%, \quad (1)$$

где A_0 и A_t – значения оптической плотности раствора RhB в начальный момент времени и момент времени t ; C_0 и C_t – значение концентрации раствора RhB в начальный момент времени и момент времени t при длине волны 554 нм.

Первоначально было проведено сравнительное исследование эффективности разложения RhB в присутствии НЧ ZnO под воздействием видимого и УФ-света. Все условия эксперимента, за исключением различных источников света, были идентичными.

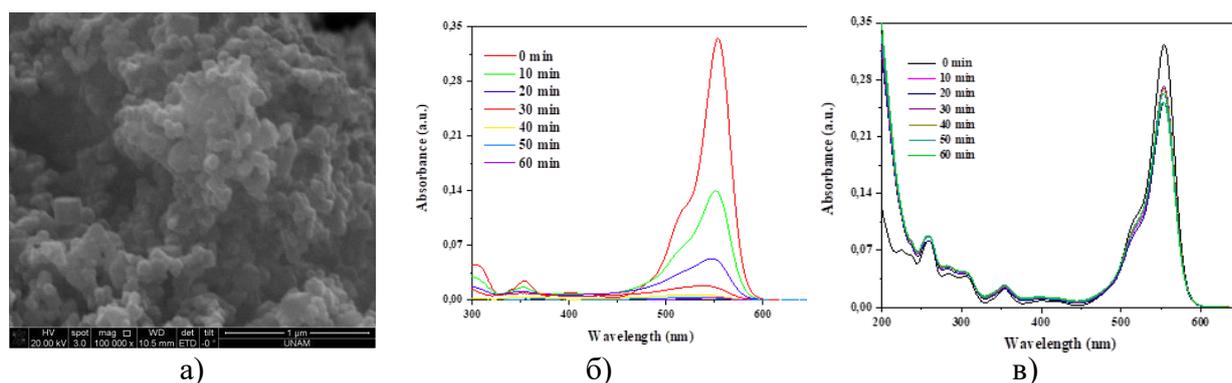


Рисунок 1 – Электронная микрофотография порошка НЧ ZnO (а) Спектр оптической плотности красителя RhB в присутствии НЧ ZnO при облучении УФ- (б) и видимого (в) света (концентрация RhB – 1,0 мг/л, pH=6,24)

На основании полученных данных можно отметить что при 60 мин эффективное разложения RhB в присутствии НЧ ZnO было под воздействием УФ – света.

Далее было исследовано влияние pH разложения RhB: эффективность разложения оценивали в диапазоне значений pH от 3-8 (уровень требуемого pH достигали добавлением 0,1M NaOH или 0,1 M HCl) при температуре 45°C, концентрации RhB – 0.1 мг/л. На рисунке 2а представлено изменение D в зависимости от pH раствора.

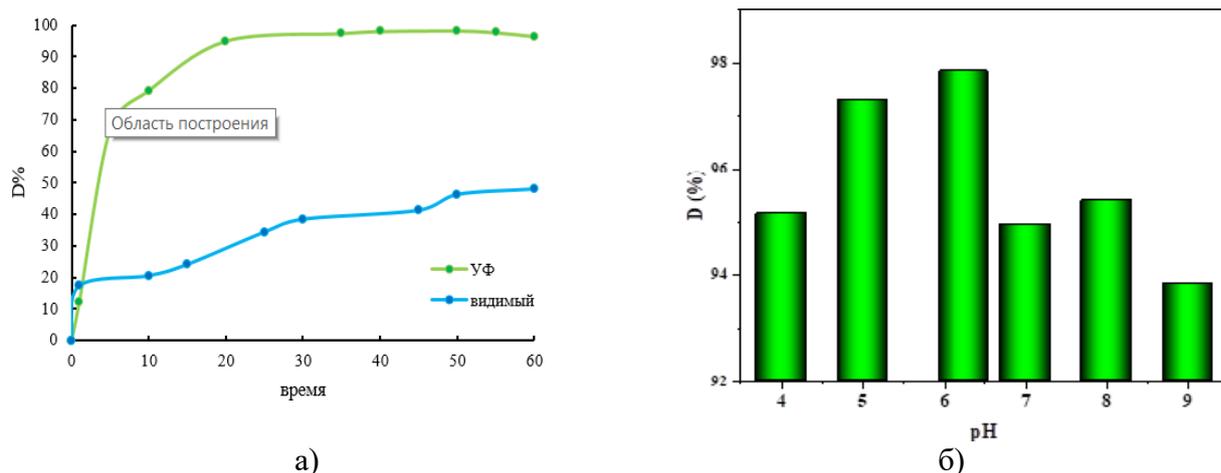


Рисунок 2 –Изменение величины D% в зависимости от источника освещения (а) и приразных значениях рН раствора RhВ(б)

Из представленных графических данных видно, что максимальное значение показателя D наблюдается при рН равном 6.2, в связи с чем все дальнейшие исследования и испытания проводились при данном значении рН. Влияние температуры на эффективность разложения RhВ испытания проводили в диапазоне температур 20-45 °С, что позволило оценить ряд таких термодинамических характеристик катализаторов как энергия активации, энтальпия, энтропия и энергию Гиббса. Энергию активации E_A рассчитывали по уравнению Аррениуса согласно методике, описанной в работе [5]. Графически E_A определяли из зависимости $\ln k - (1000/T)$. Для графического определения энтальпии и энтропии активации исследуемой реакции был

построен график Эйринга. Значения рассчитанных термодинамических параметров реакции фотокаталитического разложения RhВ в присутствии биогенных НЧ оксида цинка приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Термодинамические параметры реакции RhВ в присутствии НЧ ZnO

Катализатор	E_A , кДж/моль	ΔH , кДж/моль	ΔS , Дж/(моль×К)	ΔG , Дж/моль
НЧ ZnO	11,63	9,06	-0,24	84,09

Согласно проведенным экспериментальным данным, фотокаталитической активности НЧ ZnO может рассматриваться в качестве перспективного катализатора для очистки водных растворов от красителя Родамина Б.

Работа выполнена в рамках проекта ГФ АР09057856, финансируемого МОН РК.

Список использованной литературы

1. Byrne C., Subramanian G., Pillai S.C. Recent advances in photocatalysis for environmental applications // J. Environ. Chem. Eng. Elsevier, 2018. Vol. 6, № 3. P. 3531–3555.
2. Shi X. et al. Optimizing the Removal of Rhodamine B in Aqueous Solutions by Reduced Graphene Oxide-Supported Nanoscale Zerovalent Iron (nZVI/rGO) Using an Artificial Neural Network-Genetic Algorithm (ANN-GA) // Nanomaterials. MDPI AG, 2017. Vol. 7, № 134. P. 309–328.
3. Das S., Srivastava V.C. An overview of the synthesis of CuO-ZnO nanocomposite for environmental and other applications // Nanotechnol. Rev. 2018. Vol. 7, № 3. P. 267–282.

4. Mashentseva A.A. et al. Photocatalytic Activity of Copper(II) Oxide Nanoparticles Synthesized Using *Serratula Coronata* L. Extract // *Pet. Chem.* 2020. Vol. 60, № 10. P. 1141–1147.

5. Mashentseva A.A. et al. Application of Silver-Loaded Composite Track-Etched Membranes for Photocatalytic Decomposition of Methylene Blue under Visible Light // *Membranes(Basel)*. 2021. Vol. 11, № 1. P. 60.