



UOT: 66.081.3

<https://doi.org/10.59849/2409-4838.2024.4.26>

## ETİLENQLİKOLLA TİKİLMİŞ MALEİN ANHİDRİDİ-STİROL BİRGƏ POLİMERİ ƏSASINDA ALINMIŞ KOMPOZİT SORBENTLƏ METİLEN YAŞIL BOYAQ MADDƏSİNİN SULU MƏHLULUNDAN SORBSİYASI

Fatma Malik qızı Kamranzadə , Oqtay Hümət oğlu Əkbərov , Elçin Oqtay oğlu  
Əkbərov , Səbahiyə Ramazan qızı Qafarova 

Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan

\*kamranzadefatima@mail.ru

*Metilen yaşıl boyaq maddəsinin sulu məhluldan təmizlənməsi üçün kompozit sorbent kimi etilenqlikolla tikilmiş malein anhidridi-stirol birgə polimerindən istifadə olunmuşdur. Məqalədə nəticələr haqqında ətraflı məlumat verilmişdir. Təcrübələr əsasında sorbsiya dərəcəsinə və sorbsiya tutumuna boyaq maddəsinin ilk qatılığının, sobentin miqdarının, zamanın və temperaturun təsiri öyrənilmişdir. Təcrübə prosesində əldə edilmiş nəticələr Lengmuir və Dubinin-Raduşkeviç (DR) izoterm modellərində işlənmiş, sorbsiyanın kinetik və termodinamik parametrləri təyin edilmişdir. Lengmuir tənliyinin qrafikinə uyğun olaraq hesablanmış tarazlıq sorbsiya tutumunun qiyməti ( $11.904 \text{ mqq}^{-1}$ ) müəyyən edilmişdir. Dubinin Raduşkeviç tənliyinə uyğun olaraq hesablanmış adsorbsiya enerjisinin qiyməti sorbsiyanın fiziki xarakterli olduğunu göstərir. Sorbsiya prosesi psevdə ikinci tərtib reaksiya tənliyinə tabe olur. Entalpiya dəyişməsinin  $\Delta H^\circ$  müsbət qiyməti ( $11.408 \text{ kCmol}^{-1}$ ) sorbsiyanın endotermik xarakterli olduğunu, entropiya dəyişməsinin  $\Delta S^\circ$  müsbət qiyməti ( $0.0338 \text{ kC mol}^{-1} \text{K}^{-1}$ ) isə adsorbsiyanın gedişində xaotikliyin artdığını sübut edir.*

**Açar sözlər:** adsorbsiya, etilenqlikol, Metilen yaşıl, kompozit sorbent

### GİRİŞ

Bu gün dünyanın qarşılaşdığı ən böyük problemlərdən biri ekoloji çirklənmədir. Bu çirklənməni yaradan səbəblərdən biri də boya maddələridir. Boyalar toxuculuq, polimer sənayesi, qida və bir çox başqa sahələrdə istifadə olunur [1, 2]. Korroziyaya, oksidləşməyə və mikrobial deqradasiyaya qarşı yüksək müqavimət göstərsələr də, əsas çirkləndirici kimi təsnif edirlər. Su mühitində boyaların mövcudluğu, onların kanserogen və toksik xüsusiyyətlərinə malik olması və su ehtiyatlarını çirkləndirmə qabiliyyəti alimlərin üzlaşdığı ən böyük problemlərdən biridir. Tri vinil metan pigmentləri (Metilen yaşıl) toxuculuq, plastik dəri və qida məhsullarının rənglənməsi, tibb və biologiya kimi müxtəlif sənaye sahələrində geniş istifadə olunur və kation əsaslıdır [3]. Histologiya, sitologiya və digər əlaqəli elmi fənlər toxumaların və hüceyrələrin mikroskopik anatomiyasını öyrənir. Toxuma və hüceyrə quruluşunu izləmək üçün nümunələrin düzgün şəkildə boyanması lazımdır. Metilen yaşıl toz boyası müxtəlif üsullarla mikroskopla boyanma üçün nəzərdə tutulub. Ən çox nüvə boyanması üçün əks ləkə kimi istifadə olunur.

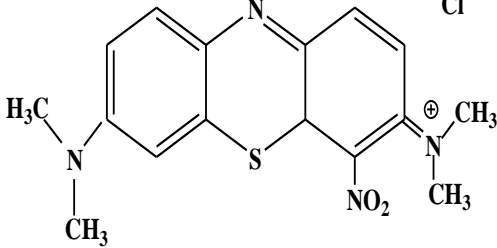
Gündəlik həyatımızda çirkab suları və üzvi çirklənmiş suyu bir neçə fiziki və kimyəvi üsulla, o cümlədən, çökmə, adsorbsiya, əks osmos, ozon, ion mübadiləsi və qabaqcıl oksidləşmə prosesindən istifadə edilmişdir. Bu üsullar çəkilən xərc və verilən əmək baxımından bahalıdır. Buna görə də, çirkab suların təmizlənməsində üzvi çirkləndiricilərin təmizlənməsi və çıxarılmasının ən yaxşı effektiv üsulu adsorbsiya üsuludur.

Əvvəlki işlərdə etilenqlikolla tikilmiş malein turşusu-stirol birgə polimeri əsasında alınmış kompozit sorbentlə Rodamin 6G kationit boyaq maddəsinin sorbsiyası aparılmış, sorbsiya nəticələri effek-



Cədvəl 1.

Metilen yaşıl boyaq maddəsinin molekulyar quruluşu, fiziki və kimyəvi xassələri

Maddənin adı	Molekul formulu	Molekul quruluşu	Molekul çəkisi, q/mol
Metilen yaşıl (kationik boya)	$C_{16}H_{17}ClN_4O_2S$		364.85

### MATERIAL VƏ METODLAR

İlk olaraq Metilen yaşıl boyaq maddəsinin 250 mq/l qatılıqda ana məhlulu hazırlanmış və bu məhlulun durulaşdırılması yolu ilə müxtəlif şəraitdə aparılan təcrübələr üçün uyğun qatılıqda məhlullar alınmışdır.

Metilen yaşıl boyaq maddəsinin sorbsiya dərəcəsi (%) və sorbentin tarazlıq sorbsiya tutumu (mqq<sup>-1</sup>) aşağıdakı formullarla hesablanmışdır (1) və (2).

$$\text{Sorbsiya dərəcəsi} = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Sorbsiya tutumu} = \frac{(C_0 - C_e) \times V_{sol}}{m_{sorb}} \quad (2)$$

$C_0$  and  $C_e$  (mq/L) – Metilen yaşıl boyaq maddəsinin uyğun olaraq ilkin və sorbsiyadan sonrakı qatılıqları,  $m_{sorb}$  (q)- sorbentin kütləsi,  $V_{sol}$  (L)– sorbsiya üçün götürülən məhlulun həcmidir [6].

### NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN MÜZAKİRƏSİ

**pH-in təsiri.** Metilen yaşıl boyaq maddəsinin sorbsiyasına pH-ın təsiri boyaq maddəsinin ilkin qatılığı 50 mgL<sup>-1</sup>, sorbentin miqdarı 3.0 gL<sup>-1</sup>, sorbsiya müddəti 40 dəq, temperatur 20<sup>0</sup> C-də öyrənilmişdir. Bu zaman pH-ın qiyməti 3-9 arasında dəyişdirilərək müəyyən edilmişdir ki, qüvvətli turş mühitdə sorbsiya dərəcəsi aşağı olub 5.2-8.4% həddində, pH=6-7-də maksimuma (21.3%) çataraq pH= 8-9-da yenidən azalır (uyğun olaraq 14.0, 12.2%). Qələvi mühitdə (pH= 8-9) sorbsiya dərəcəsinin azalmasını isə boyaq maddəsinin müsbət yüklü mərkəzlərinin məhlulda olan mənfi yüklü OH<sup>-</sup> ionları tərəfindən neytrallaşması ilə izah etmək olar. Deyilənləri nəzərə alaraq sorbsiyaya aid sonrakı təcrübələr pH= 6-da aparılmışdır [7].



**Sorbentın miqdarının və kontakt müddətinin təsiri.** Cədvəl 2-də sorbsiya dərəcəsinin sorbentın miqdarından asılılığı nəticələri verilmişdir.

Cədvəl 2.

Sorbentın kütləsinin təsiri (Metilen yaşıl boyaq maddəsinin ilkin qatılığı =50 mg/L, pH=6, V=0.04 L, 20°C, 40 dəq)

Sorbentın kütləsi, g/L	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
Sorbsiya dərəcəsi, %	31.01	35.03	41.91	47.39	52.87	59.94	60.49

Alınan nəticələr göstərir ki, sorbentın miqdarının 1.0-4.0 g L<sup>-1</sup> həddində dəyişməsində sorbsiya dərəcəsinin artması müşahidə olunur, ancaq sorbsiya dərəcəsinin nəzərə çarpacaq artımı 1.0-3.0 g L<sup>-1</sup> həddində baş verir və sorbentın miqdarının sonrakı artımı nəticəyə bir o qədər də təsir etmir. Bu, verilmiş şəraitdə sorbentın 3.0 g L<sup>-1</sup> miqdarının optimal miqdar olduğunu göstərir və bu miqdar sonrakı təcrübələr üçün istifadə edilmişdir.

Cədvəl 3-də sorbsiya müddətinin Metilen yaşıl boyaq maddəsinin sintez edilmiş sorbentlə sulu məhluldan sorbsiyası prosesinə təsirinin nəticələri verilmişdir. Digər parametrlər sabit saxlanılmaqla intervalı 20-150 dəq aralığında dəyişdirilməsilə öyrənilmişdir ki, kontakt müddətinin artırılması ilə boyaq maddəsinin sorbsiya dərəcəsi artaraq tarazlıq halına yaxınlaşır. İlk 20 dəq müddətində cəmi 50.55% olan sorbsiya dərəcəsi 120-150 dəq-də yaranan tarazlıq halında 70.87-71.77%-ə çatır. Ona görə də sorbsiyanın gedişinə boyaq maddəsinin qatılığının təsirini öyrənərkən sorbsiya 120 dəq müddətində aparılmışdır.

Cədvəl 3.

Sorbsiya dərəcəsinin sorbsiya müddətindən asılılığı (Metilen yaşıl boyaq maddəsinin ilkin qatılığı 50 mg/L, sorbentın kütləsi 3.0 g/L, V=0.04 L, 20°C)

Zaman, dəq	20	30	40	60	80	100	120	150
Sorbsiya dərəcəsi, %	50.55	56.16	59.94	61.90	66.55	69.00	70.87	71.77

**Metilen yaşıl boyaq maddəsinin sorbsiyasına qatılığın təsiri.** Metilen yaşıl boyaq maddəsinin qatılığını 25 mqL<sup>-1</sup> –dən 200 mqL<sup>-1</sup> –ə qədər dəyişdikdə sorbsiya dərəcəsinin və tarazlıq sorbsiya tutumunun alınmış təcrübə nəticələri cədvəl 4 - də verilmişdir.

Cədvəl 4.

Boyaq maddəsinin sorbsiya dərəcəsi və sorbsiya tutumundan asılılığı (pH6, sorbentın kütləsi 3.0 g/L (0.12g), 40 dəq, 20°C, V=0.04 L)

İlkin qatılıq, mg/L	25	50	75	100	125	150	175	200
Sorbsiya dərəcəsi, %	61.76	59.94	57.01	56.08	55.75	55.12	54.90	54.72
Sorbsiya tutumu, g/L	5.14	9.99	14.25	18.69	23.23	27.56	32.03	36.348



**Temperaturun təsiri.** Etilenqlikolla tikilmiş malein turşusu – stirol kompozit sorbentinin Metilen yaşıl boyaq maddəsini temperaturdan asılı olaraq sorbsiyası təcrübələri 20<sup>0</sup>C-60<sup>0</sup>C intervalında aparılmış və müəyyən edilmişdir ki, temperatur artdıqca boyaq maddəsinin sorbsiya dərəcəsi də artmış, 50-60<sup>0</sup>C temperaturda isə praktiki olaraq dəyişməmişdir. Bu prosesin endotermik xarakterli olduğunu sübut edir. Təcrübə prosesində alınan və 5- ci cədvəldə verilmiş nəticələr sorbsiyanın termodinamik parametrlərinin təyini üçün istifadə olunmuşdur.

#### Cədvəl 5.

Sorbsiya dərəcəsinə temperaturun təsiri (Metilen yaşıl-nin ilkin qatılığı 50 mg/L, pH6, sorbentin kütləsi 3.0 g/L, V=0.04 L, 40 dəq)

Temperatur, °C	20	30	40	50	60
Sorbsiya dərəcəsi, %	59.94	66.00	68.87	71.03	71.13

**Lanqmuir və Dubinin-Raduşkeviç izoterm modelləri.** Adsorbentin adsorbsiya qabiliyyəti təcrübənin əhəmiyyəti üçün vacib parametrlərdən biri hesab olunur. Lanqmuir izoterm modelinə görə adsorbsiya homogen bir prosesdir. Çünki bu prosesdə adsorbatın (Metilen yaşıl) monoqat şəklində olan adsorbentə adsorbsiyası sabit bir yerdə baş verir. Fərziyyəyə görə, bütün adsorbat molekulları bərabər entalpiyalara və aktivləşmə enerjilərinə malik olduğu üçün adsorbentin hər bir aktiv mərkəzində baş verən adsorbsiya qonşu mərkəzlərdəki adsorbsiya prosesinə təsir etmir.

Lanqmuir izoterminin xətti tənliyi (3) aşağıdakı kimidir:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_{\max} \cdot K_L} + \frac{C_e}{q_{\max}} \quad (3)$$

$C_e$  – sorbatın tarazlıq qatılığı ( $\text{mq L}^{-1}$ ),  $q_e$  – tarazlıq halında sorbatın sorbsiya olunan miqdarı ( $\text{mq q}^{-1}$ ),  $C_e$  – sorbatın tarazlıq qatılığı ( $\text{mq L}^{-1}$ ),  $q_{\max}$  – sorbentin maksimum sorbsiya tutumu ( $\text{mq q}^{-1}$ ) və  $K_L$  – Lanqmuir tarazlıq sabitidir ( $L q^{-1}$ ).

Polanyi adsorbsiya potensialı nəzəriyyəsinin empirik uyğunlaşması kimi təklif edilən Dubinin–Raduşkeviç tənliyi qazların və bərk hissəciklərin mikroməsəmli sorbentlərlə adsorbsiyasını kəmiyyətə təsvir etmək üçün əsas tənlik hesab olunur və adsorbsiyanın fiziki yaxud da kimyəvi xarakterli olduğunu müəyyən etməyə imkan verir. (4), (5) və (6) tənlikləri bu prosesi kəmiyyət cəhətdən xarakterizə etmək üçün istifadə olunur.

$$\ln q_e = -K_D \cdot \varepsilon^2 + \ln \cdot B_{DR} \quad (4)$$

$K_D$  – sabit kəmiyyət,  $B_{DR}$  – doyma halında sorbentin sorbsiya tutumu ( $\text{mol g}^{-1}$ ),  $q_e$  – tarazlıq halında sorbsiya tutumu ( $\text{mol g}^{-1}$ ) və  $\varepsilon$  – aşağıdakı tənliklə müəyyən olunan Polanyi potensialıdır.

$$\varepsilon = RT \cdot \ln\left(1 + \frac{1}{C_e}\right) \quad (5)$$

R- universal qaz sabitidir ( $8,314 \text{ C mol}^{-1}$ ).

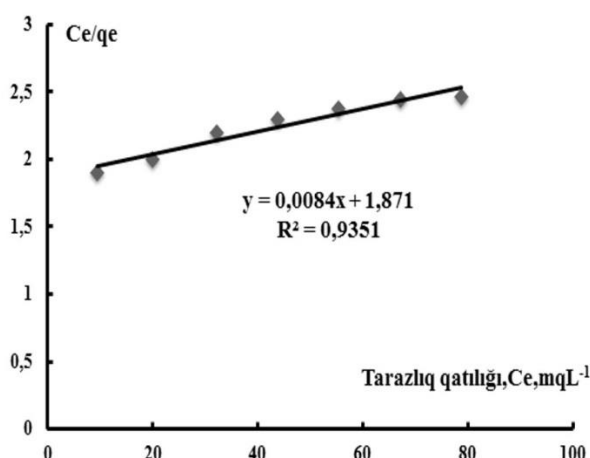
D–R sabiti  $K_D$  aşağıdakı ifadə ilə müəyyən olunan adsorbsiya enerjisini hesablamağa imkan verir.

$$E_D = \frac{1}{(2K_D)^{1/2}} \quad (6)$$

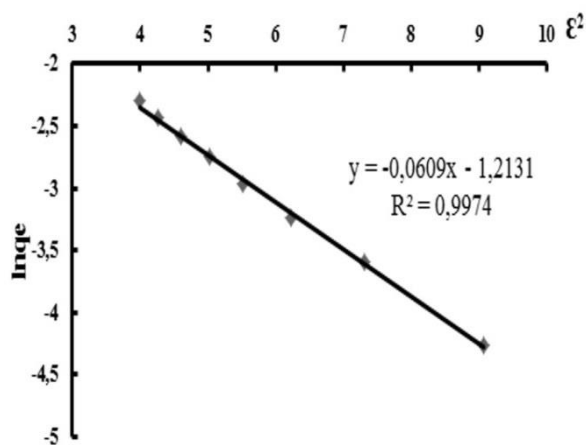
$E_D$  – nin qiymətinə görə isə adsorbsiyanın tipi təyin olunur: əgər  $8,0 > E_D > 16,0 \text{ kC mol}^{-1}$ , onda adsorbsiya kimyəvi,  $E_D < 8,0 \text{ kC mol}^{-1}$  adsorbsiya fiziki xarakter daşıyır [8]. Metilen yaşıl boyaq maddəsinin sintez olunan MSE sorbenti ilə sulu məhluldan sorbsiyasına aid təcrübə nəticələri Ləngimür və D–R izotermələrinin tənliklərinin koordinatlarında işlənmiş və alınan qrafiki asılılıqlar



1-ci, və 2-ci şəkillərdə verilmişdir (pH6, 110 dəq, 20°C, C<sub>0</sub>= 25-200 mqL<sup>-1</sup>, V = 0,04L sorbentin miqdarı 3 q L<sup>-1</sup>).



Şəkil 1. Lanqmuir tənliyinin qrafiki



Şəkil 2. D-R tənliyinin qrafiki

Ləngimür və D-R tənliklərinin izoterm modellərinə uyğun olaraq hesablanmış qiymətləri 6-cı cədvəldə verilmişdir. Cədvələ uyğun olaraq Ləngimür tənliyinin hesablanmış maksimum tarazlıq sorbsiya tutumu 11.904 mg/g, təcrübi hesablanmış sorbsiya tutumuna daha yaxındır (9.98 mg/g).

Cədvəl 6.

Lanqmuir və D–R tənliklərinin parametrləri (Metilen yaşılın başlanğıc qatılığı 50 mg/L, V=0.04L, sorbentin kütləsi 3.0 g/L, 40 dəq, 20 °C)

Lanqmuir tənliyi				D-R tənliyi			
q <sub>max</sub> , mg/g	K <sub>L</sub> , L/mg	R <sub>L</sub>	R <sup>2</sup>	K <sub>D</sub> , kJ/mol	B <sub>DR</sub> , Mmol/g	E, kJ/mol	R <sup>2</sup>
11.904	0.0449	0.771 -0.479	0.9351	0.3809	0.0616	2.0824	0.9974

Dubinın Raduşkeviç tənliyinin sorbentin doyma halına uyğun nəzəri sorbsiya tutumu olan B<sub>DR</sub> parametrlərinin qiyməti 0.0616 mmolq<sup>-1</sup> (22.4mqq<sup>-1</sup>) alınmışdır. Bu qiymət təcrübi nəticələrin Ləngimür tənliyi koordinatlarında işlənməsindən sorbsiya tutumu üçün alınan qiymətlə (11.904 mqq<sup>-1</sup>) uzlaşır. D-R tənliyinin qrafikindən adsorbsiya enerjisi üçün E<sub>D</sub>=2.0824 kC mol<sup>-1</sup> < 8,0 kC mol<sup>-1</sup>. Bu, Metilen yaşıl boyaq maddəsinin sintez olunmuş sorbentlə sulu məhluldan sorbsiyasının fiziki xarakterli olduğunu göstərir .

Etilenqlikolla tikilmiş malein turşusu –stirol birgə polimerindən alınmış sorbentlə Metilen yaşıl boyaq maddəsinin sulu məhluldan sorbsiya nəticələrinin kinetik parametrlərini təyin etmək üçün 20-150 dəq kontakt müddətlərində alınmış təcrübi nəticələr Lagerqren psevd –birinci və psevd-ikinci tərtib modelinin tənlikləri üzrə işlənmişdir. Bu tənliklər aşağıdakılardır:

$$\log(q_e - q_\tau) = \log q_e - 0.434k_1 \quad (8)$$

$$\frac{\tau}{q\tau} = \frac{1}{k_2 \cdot q_e^2} + \frac{\tau}{q_e} \quad (9)$$

q<sub>τ</sub> və q<sub>e</sub> – uyğun olaraq verilən zamanda və tarazlıq halında sorbsiya tutumu (mol q<sup>-1</sup>), k<sub>1</sub> – (dəq<sup>-1</sup>) psevd-birinci və k<sub>2</sub> (mol<sup>-1</sup>dəq<sup>-1</sup>) psevd-ikinci tərtib reaksiya sabitləridir. Hesablamalara





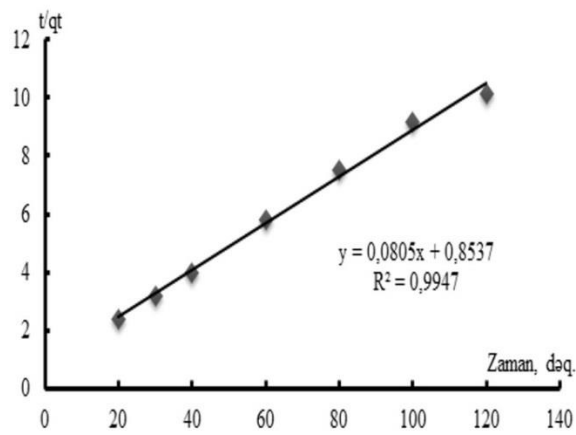
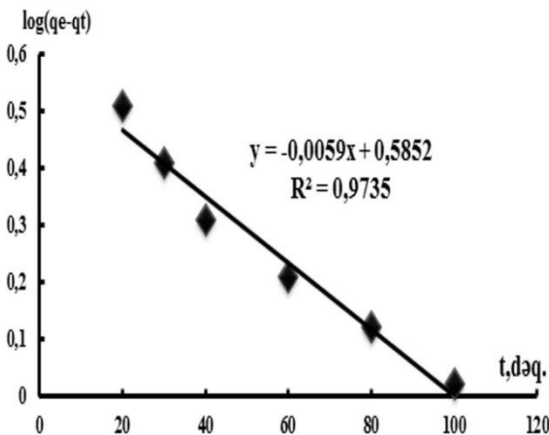
uyğun olaraq 3-cü və 4- cü şəkillərdə psevdo-birinci və psevdo-ikinci tərtib reaksiyaları tənliklərinin qrafikləri ( $C_0=50 \text{ mqL}^{-1}$ ,  $\text{pH}=6$ , sorbentin miqdarı  $3,0 \text{ qL}^{-1}$ ,  $V=0,04\text{L}$ ,  $20^\circ\text{C}$ ) verilmiş, bu qrafiklərdən hesablanmış kinetik parametrlər isə 7-ci cədvəldə verilmişdir.

Cədvəl 7.

Kinetik modellərin parametrləri (Metilen yaşıl boyaq maddəsinin ilkin qatılığı  $50 \text{ mg/L}$ ,  $V=0.04 \text{ L}$ , sorbentin kütləsi  $3.0 \text{ g/L}$ ,  $20^\circ\text{C}$ )

Kinetik model parametrləri					
Psevdo- birinci tərtib modeli			Psevdo –ikinci tərtib modeli		
$q_e, \text{mg/g}$	$K_1, \text{min}^{-1}$	$R^2$	$q_e, \text{mg/g}$	$K_2, \text{min}^{-1}$	$R^2$
3.85	0.013	0.9735	12.42	0.0075	0.9947

Hesablamalardan alınmış nəticələrə görə Psevdo II tərtib reaksiyası üçün korrelyasiya əmsalının qiyməti daha böyük olduğu üçün sorbsiya prosesinin Psevdo II tərtib reaksiya tənliyi üzrə baş verdiyini qeyd etmək olar. Uyğun reaksiya tənliyinin sorbsiya tutumu üçün hesablanmış qiyməti ( $12.42 \text{ mqg}^{-1}$ ) Ləngimür ( $11.904 \text{ mq/q}$ ) və Dubinin –Raduşkeviç ( $22.4 \text{ mg/g}$ ) izotermlərindən alınmış qiymətlərlə uyğunluq təşkil edir.



Şəkil 3. Psevdo-birinci tərtib modelinin qrafiki Şəkil 4. Psevdo-ikinci tərtib modelinin qrafiki

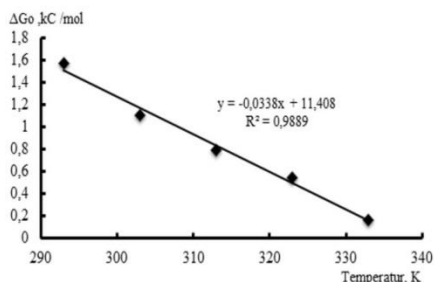
Etilenqlikolla tikilmiş malein turşusu stirol birgə polimerindən alınmış sorbentlə Metilen yaşıl boyaq maddəsinin sulu məhluldan sorbsiya nəticələrinin termodinamik parametrlərini təyin etmək üçün aşağıdakı 10,11 və 12-ci tənliklərdən istifadə olunmuşdur:

$$\Delta G^0 = -2.3 \cdot RT \cdot \log K_D \quad (10)$$

$$K_d = \frac{q_e}{C_e} \quad (11)$$

$$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T \cdot \Delta S^0 \quad (12)$$

$\Delta G^0$ –Gipps sərbəst enerjisini,  $\Delta H^0$  və  $\Delta S^0$ –entalpiya və entropia dəyişmələri,  $K_d$  – T temperaturda tarazlıq sabiti, R – universal qaz sabitidir ( $8,314 \text{ C mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ) [9].



Şəkil 5.  $\Delta G^0$  –in T-dən asılılıq qrafiki

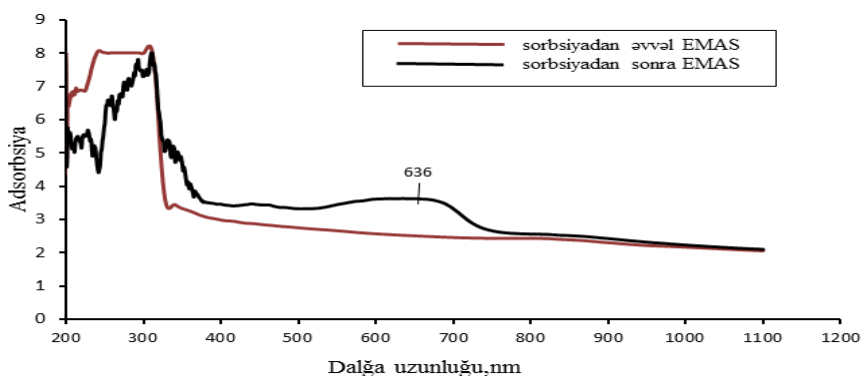
Təcrübi nəticələrdən  $K_d$  üçün alınan qiymətlərə görə  $\Delta G^0$  –nin qiymətləri hesablanmış və  $\Delta G^0 = f(T)$  asılılığının qrafiki qurulmuşdur (şəkil 5).  $\Delta H^0$  və  $\Delta S^0$  –nin qrafikdən alınan qiymətləri 8-ci cədvəldə verilmişdir.

Cədvəl 8.

Sorbsiyanın termodinamik parametrləri ( pH 6, 40 dəq.,  $C_0 = 0.137$  mmol/L,  $V = 0.04$  L, sorbentin kütləsi 3.0 g/L)

Temperatur, K	$\Delta G^0$ , kJ/mol	$\Delta H^0$ , kJ/mol	$\Delta S^0$ , kJ/mol·K
293	1.57		
303	1.09		
313	0.79	11.408	0.0338
323	0.54		

$\Delta G^0$ -nin müsbət qiymətləri adsorbsiya prosesinin spontan getmədiyinin,  $\Delta H$ -in müsbət qiyməti ( $11.408 \text{ kC mol}^{-1}$ ) isə adsorbsiyanın endotermik xarakterli olduğunu,  $\Delta S^0$ -in müsbət alınması ( $0.0338 \text{ kC mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ) isə adsorbsiyanın gedişində xaoikliyin artdığını göstərir.



Şəkil 6. EMAS üçün UV–vis spektri

Metilen yaşıl boyaq maddəsinin etilenqlikolla tikilmiş malein turşusu- stiroil (EMAS) birgə polimer sorbentlə sulu məhluldan sorbsiyanının ehtimal olunan mexanizmi haqqında sorbent sorbsiyadan əvvəl və sonra çəkilmiş UB-vis-spektrlərinin müqayisəsinə görə (şəkil 6) söylənilmişdir [20].





## YEKUN NƏTİCƏ

Etilenqlikolla tikilmiş malein turşusu–stirol birgə polimeri əsasında alınmış kompozit sorbentlə Metilen yaşıl boyaq maddəsinin sorbsiyası nəticələri təhlil edilmiş və Lenqmair, Freyndlix, D-R izo-term tənliklərində işlənmişdir. Ləngimür tənliyinin hesablanmış maksimum tarazlıq sorbsiya tutumu 11.904 mq/q-dır. Psevdo-birinci və psevdo- ikinci tərtib reaksiyaları üzrə əldə edilmiş nəticələr üzrə məlum oldu ki, psevdo–ikinci tərtib modeli sorbsiyanın kinetikasını təsvir edən ən uyğun modeldir.  $\Delta H^\circ$ -in müsbət qiyməti ( $11.408 \text{ kC mol}^{-1}$ ) sorbsiya təbiətinin endotermik olduğunu,  $\Delta S^\circ$ -in müsbət qiyməti ( $0.0338 \text{ kC mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ) isə adsorbsiya prosesi zamanı artan təsadüfiliyi göstərir. Sorbentin sorbsiyadan əvvəl və sonra UV spektroskopiyası və işlənmiş müxtəlif parametrlərin qiymətləri üzrə əldə edilmiş məlumatları nəzərə alaraq belə nəticəyə gəlmək olar ki, Metilen yaşıl boyası EMAS-in aktiv sahələri ilə qarşılıqlı əlaqədə olur və proses elektrostatik qarşılıqlı təsir qüvvələri ilə bağlıdır. D-R tənliyindən  $E_D = 2.0824 \text{ kJ mol}^{-1} < 8,0 \text{ kJ mol}^{-1}$  olan orta sorbsiya enerjisinin müəyyən edilmiş qiyməti göstərdi ki, sintez edilmiş polimer sorbentlə Metilen yaşıl boyaq maddəsinin sorbsiyası fiziki xarakter daşıyır. Nəticədə onu söyləmək olar ki, əldə edilmiş kompozit sorbent Metilen yaşıl boyaq maddəsinin sulu məhlullardan təmizlənməsi üçün effektivdir və tətbiq edilə bilər.

## ƏDƏBİYYAT

1. Meskel, A.G. Malachite green and methylene blue dye removal using modified bagasse fly ash: Adsorption optimization studies // *Environmental Challenges Journal*, -2024. №4, - p.108.
2. Ibrahim, F.A. Kinetics, Isotherms, and Thermodynamics Studies on Adsorption of Methyl Green Dye Onto Different Zeolites // *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, - 2024. №8, - p.3443-3456.
3. Akperov, O.H, Kamranzadeh, F.M. Removal of Rhodamine 6G dye from water solution by alt-maleic anhydride-styrene copolymer, cross-linked with hexamethylenediamine // *Chemical problems*, - 2021. № 4, - p. 203-214.
4. Kamranzadeh, F.M. Removal of Rhodamine 6G dye from aqueous solution with composite- sorbent, obtained from alt-maleic anhydride-styrene copolymer and ethylene glycol / O.H.Akperov, R.M.Alosmanov, E.O.Akperov [et al.] // *Processes of Petrochemistry and oil Refining*, - 2024. №3, - p.652-665.
5. Belgacem, A., Brahim, O.I. Removal of Methyl Green Dye from Aqueous Solutions Using Activated Carbon Derived from Cryogenic Crushed Waste Tires // *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering (IJCCE)*, - 2022. №1, - p.207-219.
6. Ezuldeen, A. Removal of methyl green dye from water by adsorption onto silicon powder / A.Asweisi, A.Almusrati, M.Almusrati [et al.] // *Asian Journal of Nanoscience and Materials*, - 2022. №3, - p.234-242.
7. Akperov, O.H. Removal of Rhodamine 6G dye from water solution by alt-maleic anhydride-styrene copolymer, cross-linked with Glycerin / F.M.Kamranzadeh, E.O.Akperov, M.E.Abbasov [et al.] // *Indian Journal of Advances in Chemical Science*, - 2021. №3, - p. 166-173.
8. Alorabi, A.Q., Azizi, M. Effective removal of methyl green from aqueous environment using activated residual *Dodonaea Viscosa*: equilibrium, isotherm, and mechanism studies // *Environmental Pollutants and Bioavailability*, - 2023. № 1, - p. 320-328.
9. Rida, K, Chaibedra, K. Adsorption of cationic dye methyl green from aqueous solution onto activated carbon prepared from brachychitonpopulneus fruit shell // *Indian Journal Chem Technol*, - 2020. № 1, - p.51–59.



## SORPTION OF METHYLENE GREEN DYE FROM AQUEOUS SOLUTION BY COMPOSITE SORBENT BASED ON ALT MALEIC ANHYDRIDE-STYRENE CO-POLYMER CROSS LINKED WITH ETHYLENE GLYCOL

F.M. Kamranzadeh, O.H. Akperov, E.O. Akperov, S.R. Qafarova

Maleic anhydride-styrene co-polymer cross-linked with ethylene glycol was used as a composite sorbent for the removal of methylene green dye from aqueous solution. The article provides detailed information about the results. Based on the experiments, the influence of the initial concentration of the dye, amount of solvent, time and temperature on the sorption rate and sorption capacity was studied. The results obtained during the experiment were processed in the Langmuir and Dubinin-Radushkevich (DR) isotherm models, and the kinetic and thermodynamic parameters of sorption were determined. The equilibrium sorption capacity value ( $11.904 \text{ mg g}^{-1}$ ) calculated according to the graph of the Langmuir equation was determined. The value of the adsorption energy calculated according to Dubinin Radushkevich equation indicates that sorption is of a physical nature. The sorption process obeys the pseudo second order reaction equation. The positive value of the enthalpy change  $\Delta H^\circ$  ( $11,408 \text{ kC mol}^{-1}$ ) proves that the sorption is endothermic, while the positive value of the entropy change  $\Delta S^\circ$  ( $0.0338 \text{ kC mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ) proves that the adsorption is chaotic.

**Keywords:** *adsorption, ethylene glycol, methylene green, composite sorbent*

## СОРБЦИЯ МЕТИЛЕНОВОГО ЗЕЛЕННОГО КРАСИТЕЛЯ ИЗ ВОДНОГО РАСТВОРА КОМПОЗИЦИОННЫМ СОРБЕНТОМ НА ОСНОВЕ СОПОЛИМЕРА МАЛЕИНОВОГО АНГИДРИД-СТИРОЛА, СШИТОГО ЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ

Ф.М. Камранзаде, О.Г. Акперов, Е.О. Акперов, С.Р. Кафарова

В качестве композиционного сорбента для удаления красителя метиленового зеленого из водного раствора использовали сополимер малеинового ангидрида и стирола, сшитый этиленгликолем. В статье представлена подробная информация о результатах. На основе экспериментов изучено влияние исходной концентрации красителя, количества растворителя, времени и температуры на качество сорбции и сорбционную емкость. Результаты, полученные в ходе эксперимента, были обработаны в изотермических моделях Ленгмюра и Дубинина-Радушкевича (ДР) и определены кинетические и термодинамические параметры сорбции. Определено значение равновесной сорбционной емкости ( $11.904 \text{ мг г}^{-1}$ ), рассчитанное по графику уравнения Ленгмюра. Значение энергии адсорбции, рассчитанное по уравнению Дубинина-Радушкевича, свидетельствует о том, что сорбция имеет физическую природу. Процесс сорбции подчиняется уравнению реакции псевдвторого порядка. Положительное значение изменения энтальпии  $\Delta H^\circ$  ( $11,408 \text{ кДж моль}^{-1}$ ) доказывает, что сорбция является эндотермической, а положительное значение изменения энтропии  $\Delta S^\circ$  ( $0,0338 \text{ кДж моль}^{-1} \text{ К}^{-1}$ ) свидетельствует о хаотичности адсорбции.

**Ключевые слова:** *адсорбция, этиленгликоль, метиленовый зеленый, композитный сорбент*