



## Usuwanie barwnika Basic Violet 10 z roztworów wodnych na zeolicie

*Urszula Filipkowska, Joanna Rodziewicz, Iwona Moczowska  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn*

### 1. Wprowadzenie

Rozwój technologii dostarcza nie tylko produkty o ulepszonej jakości lecz również wpływa na postępujące skażenie środowiska. W przypadku przemysłu włókienniczego zanieczyszczenie to dotyczy głównie wody. Chemiczna obróbka wyrobów włókienniczych jest przyczyną powstawania ścieków o znacznej zawartości barwników, soli, kwasów, zasad, chemicznych środków pomocniczych, klejonek tkackich itp. [1]. Skład odprowadzanych zanieczyszczeń wpływa na złożoność i koszty procesu ich oczyszczania, a tym samym stanowi obecnie jeden z kluczowych problemów środowiskowych [2]. Przedmiotem coraz częstszych badań jest więc opracowanie takiej metody oczyszczania ścieków, której efekty pozwoliłyby na ponowne wykorzystanie oczyszczonej wody w procesach technologicznych.

Obecnie najczęściej stosowanymi metodami oczyszczania ścieków włókienniczych są: adsorpcja, strącanie/koagulacja, ultrafiltracja i odwrócona osmoza, metody biologiczne, utlenianie, redukcja, ekstrakcja [3]. Spośród nich, największe uzasadnienie ekonomiczne związane z minimalizacją kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych procesu oczyszczania ścieków zawierających barwniki, mogą wykazywać procesy adsorpcji.

Powszechnie stosowanymi adsorbentami są węgle aktywne, niemniej jednak ich wysoka cena wymusza poszukiwania nowych, tańszych a jednocześnie równie skutecznych środków [4]. W związku z tym rozwiązania koncentrują się coraz częściej na wdrażaniu naturalnych minerałów, których szerokie możliwości zastosowań, skuteczność ale także ekologiczne bezpieczeństwo użycia, są inspiracją wielu rozwiązań we współczesnych technologiach. Stąd, w ostatnich latach coraz większe zainteresowanie budzą naturalne, ogólnodostępne, tanie minerały o właściwościach molekularno-sitowych, sorpcyjnych i jonowymiennych – zeolity [5].

Celem pracy było określenie efektywności usuwania barwników z roztworów wodnych metodą adsorpcji, przy użyciu zeolitu różniącego się wielkością uziarnienia – zeolitu grubego  $\text{\O} 2\text{-}3$  mm (sorwent 1) i zeolitu drobnego  $\text{\O} 0,5\text{-}1$  mm (sorwent 2). Badania przeprowadzono dla barwnika kationowego – Basic Violet 10 (BV10).

Zakres badań obejmował:

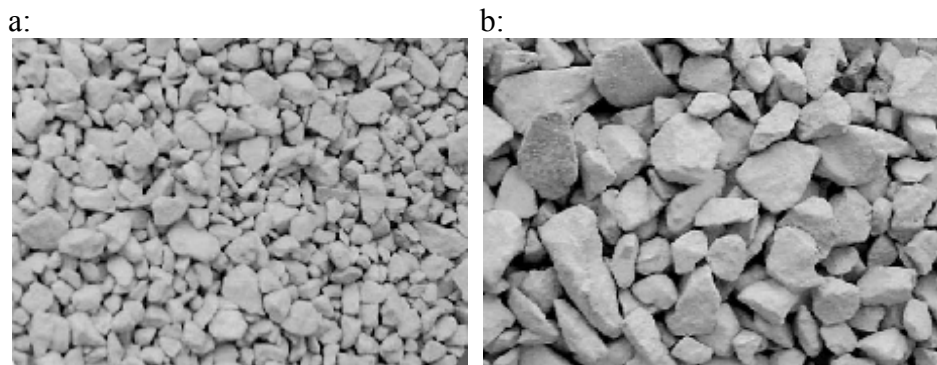
- badanie adsorpcji barwnika Basic Violet 10 na dwóch adsorbentach (zeolicie gruboziarnistym i zeolicie drobnoziarnistym),
- wyznaczenie stałych z równania Langmuira.

## 2. Metodyka badań

### 2.1. Charakterystyka i sposób przygotowania sorbentu

W badaniach zastosowano zeolit, tj. klinoptylolit o dwóch rodzajach uziarnienia – drobnoziarnisty (ok.  $\text{\O} 0,5\text{-}1$  mm) (rys. 1a) i gruboziarnisty (ok.  $\text{\O} 2\text{-}3$  mm) (rys. 1b) pochodzący z kopalni w Sorkinicy na Ukrainie, którego charakterystykę podano tabeli 1 na podstawie informacji uzyskanych od producenta.

W badaniach wykorzystano zeolit różniący się wielkością uziarnienia – zeolit drobnoziarnisty o granulacji 0,5-1 mm i zeolit gruboziarnisty o granulacji 2-3 mm (wg producenta), który przed użyciem przemycy to wodą destylowaną w celu wypłukania zbędnych minerałów ilastych i innych zanieczyszczeń. Następnie oczyszczony zeolit wysuszono w temperaturze 110°C przez 2 h. Tak przygotowany sorwent wykorzystano w badaniach.



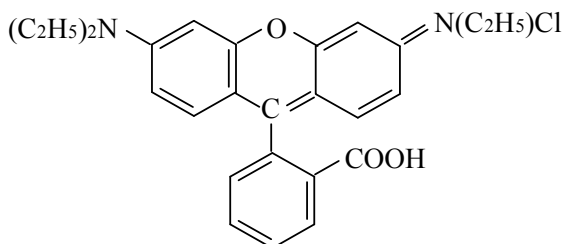
**Rys. 1.** Zeolit drobnoziarnisty (a) i zeolit gruboziarnisty (b).  
**Fig. 1.** Fine-grained zeolite (a) and coarse-grained zeolite (b).

**Tabela 1.** Charakterystyka zeolitu  
**Table 1.** Characteristics of zeolite

WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNO-CHEMICZNE	JEDNOSTKA	WARTOŚĆ
Gęstość	kg/m <sup>3</sup>	2000÷2450
SiO <sub>2</sub>	%	66,88
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	11,68
TiO <sub>2</sub>	%	0,19
FeO	%	0,91
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0,87
CaO	%	3,28
MgO	%	0,73
Na <sub>2</sub> O	%	0,50
K <sub>2</sub> O	%	2,89
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0,02÷0,05

## 2.2. Charakterystyka i sposób przygotowania barwników

Do badań wykorzystano barwnik kationowy (zasadowy) pochodzący z zakładów „Boruta Kolor” w Zgierzu. Budowę barwnika pokazano na rysunku 2.



Basic Violet 10 (BV)

**Rys. 2.** Budowa chemiczna testowanego barwnika – Basic Violet 10

**Fig. 2.** Chemical structure of examined dye – Basic Violet 10

W celu otrzymania roztworu roboczego odważano 1 g czystego barwnika BV10 w postaci sproszkowanej, który następnie przenoszono ilościowo do kolby miarowej o pojemności 1 dm<sup>3</sup>, po czym uzupełniano wodą destylowaną o odpowiednim pH 3,0; 6,0 i 9,0. Stężenie barwnika w otrzymanym roztworze wynosiło 1000 mg/dm<sup>3</sup>.

## 2.3. Sposób prowadzenia badań

Badanie adsorpcji barwnika BV10 przeprowadzono na zeolicie pochodzącym z kopalni w Sorkinicy na Ukrainie o dwóch rodzajach uziarnienia – drobnoziarnistym (ok. Ø 0,7-1 mm) i gruboziarnistym (ok. Ø 2,4-3 mm). Badania zostały przeprowadzone w skali laboratoryjnej.

### Określenie czasu równowagi adsorpcji

W pierwszej części badań określono czas równowagi adsorpcji. Przeprowadzono po 3 serie badawcze przy trzech różnych wartościach pH – 3,0; 6,0 i 9,0 dla każdego rodzaju uziarnienia zeolitu. Stężenie barwnika we wszystkich przeprowadzonych seriach wynosiło 0,5; 1; 2; 5; 7; 10; 12; 15; 20; 30; 40 i 50 mg/dm<sup>3</sup>. W każdej z serii określano efektywność procesu adsorpcji po czasie 2, 24, 48, 72 i 96 h.

Próby umieszczono na wytrząsarce laboratoryjnej Elpan 358 S odpowiednio na 2, 24, 48, 72 i 96 godzin, przy stałej szybkości drgań „200” i amplitudzie drgań „9”.

Następnie próby sedymentowano przez jedną minutę, po czym roztwór barwnika zdekantowano, odwirowywano przez 10 minut w wirowce MPW 210 przy obrotach 10 tys./min. Absorpcję w próbach oznaczono za pomocą spektrofotometru UV-VIS SP 3000 przy długości fali  $\lambda = 355$ . Do badań zastosowano kuwety szklane o długości drogi optycznej 10 mm.

### **Określenie pojemności adsorpcyjnej zeolitu**

W drugiej części badań określono pojemność adsorpcyjną testowanego zeolitu w zależności od wielkości uziarnienia. Do 12 kolb Erlenmayera o pojemności  $200 \text{ cm}^3$  odważono sorbent w ilości  $1 \text{ g s.m./dm}^3$ , po czym dodawano barwnik w stężeniu; 5; 10; 20; 50; 70; 100; 120; 150; 200; 300; 400 i  $500 \text{ mg/dm}^3$  i objętości  $100 \text{ cm}^3$ . Próby umieszczano na wytrząsarce laboratoryjnej Elpan 358 S o na 96 godzin, przy stałej szybkości drgań „200” i amplitudzie drgań „9”. Dalej postępowano analogicznie jak w przypadku określania czasu równowagi adsorpcji.

## **3. Wyniki badań**

Analizę uzyskanych wyników oparto na teorii adsorpcji Langmuira. Efektywność adsorpcji barwników na adsorbentach obliczano z równania (1), przedstawiającego zależność pomiędzy ilością masy barwnika adsorbowanego  $Q$  ( $\text{mg/g s.m.}$ ), a jego stężeniem równowagowym w roztworze  $C$  ( $\text{mg/dm}^3$ ).

$$Q = \frac{b \cdot K \cdot C}{1 + K \cdot C} \quad (1)$$

gdzie:

$Q$  – masa barwnika adsorbowanego na adsorbencie ( $\text{mg/g s.m.}$ ),

$b$  – maksymalna pojemność adsorpcyjna adsorbentu ( $\text{mg/g s.m.}$ ),

$K$  – stała w równaniu Langmuira ( $\text{dm}^3/\text{g s.m.}$ ),

$C$  – stężenie barwnika w roztworze ( $\text{mg/dm}^3$ ).

Stałe  $K$  i  $b$  wyznaczono metodą regresji nieliniowej. Jako miarę dopasowania krzywej (przy wyznaczonych parametrach) do danych eksperymentalnych przyjęto współczynnik  $R^2$

### **Określenie czasu równowagi adsorpcji**

Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono wyniki badań określające wpływ czasu na efektywność procesu adsorpcji dla barwnika zasadowego BV10 dla zeolitu różnym uziarnieniu. Przy trzech wartościach odczynu.

Z przeprowadzonych badań wynika, że równowaga adsorpcji zależała od wielkości ziaren zeolitu. Krótszy czas ustalania się równowagi zanotowano dla zeolitu drobnoziarnistego. Niezależnie od rodzaju uziarnienia zeolitu stwierdzono również wpływ odczynu na czas, po którym stężenie barwnika pozostającego w roztworze nie zmieniało się. Najmniejszą efektywność usuwania barwnika BV10 zaobserwowano niezależnie od odczynu i wielkości uziarnienia zeolitu po 2 godzinach adsorpcji. Wraz z wydłużaniem czasu adsorpcji różnice w ilości związanego barwnika były coraz mniejsze. Na podstawie przeprowadzonych badań przyjęto 96 godzin jako czas, po którym ilość związanego nie ulega już zmianom i taki został przyjęty do dalszych badań.

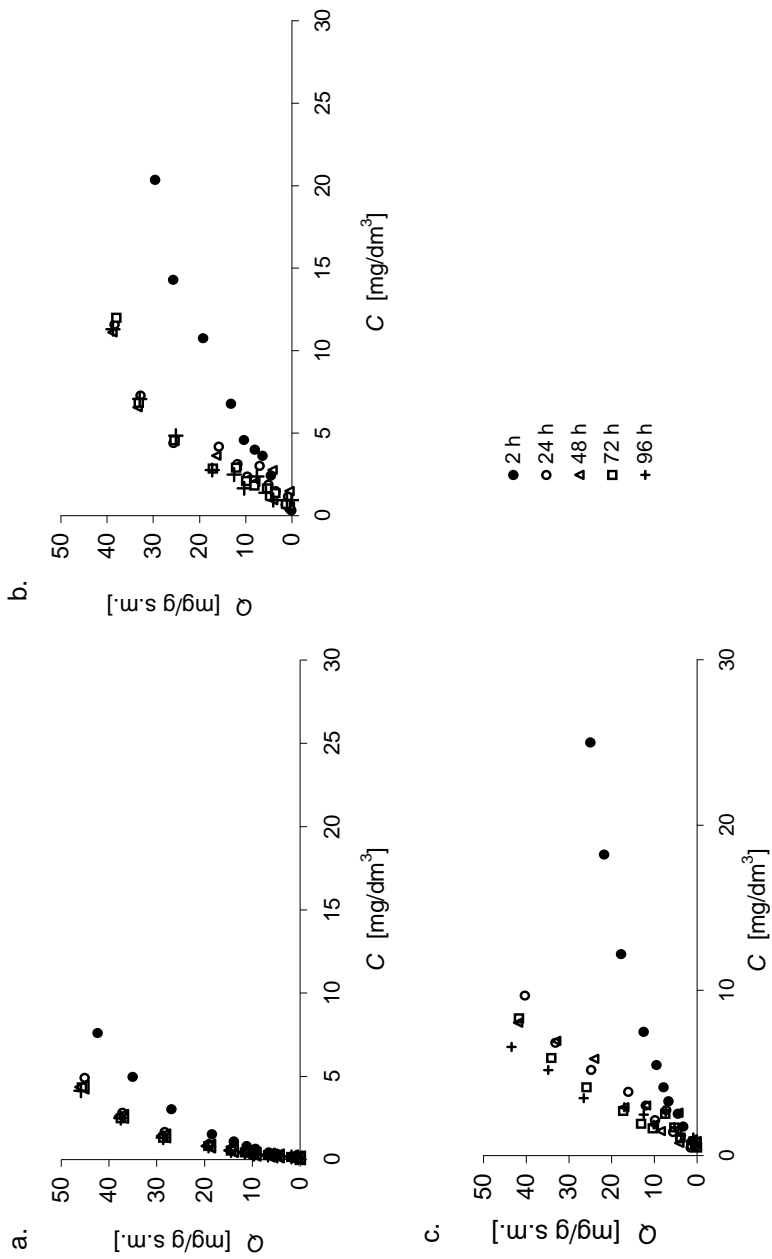
### **Określenie pojemności adsorpcyjnej zeolitu**

Efektywność adsorpcji zależała zarówno od odczynu jak i wielkości uziarnienia adsorbentu.

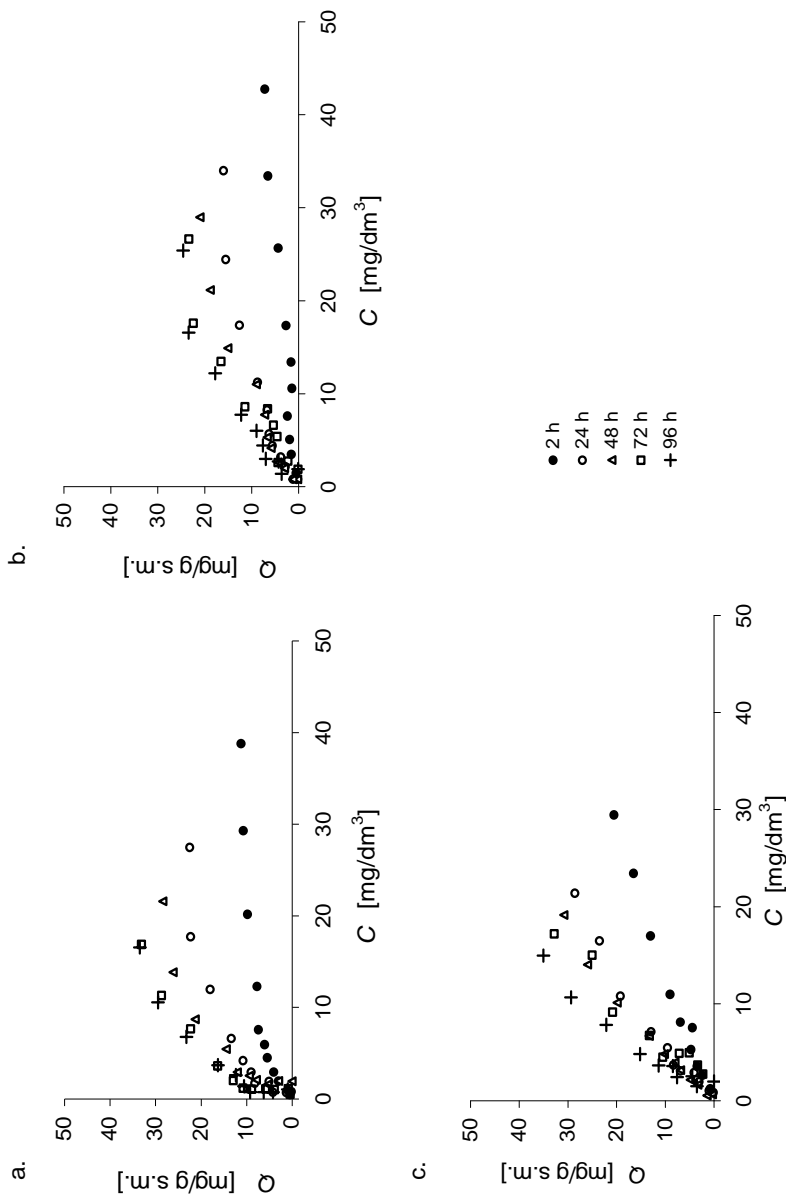
Z przeprowadzonych badań wynika, iż proces eliminacji barwnika z roztworów wodnych przebiegał najefektywniej dla barwnika BV 10 na zeolicie drobnoziarnistym, przy  $\text{pH} = 9,0$ .

Wyniki doświadczalne przedstawiające zależność między ilością barwnika zasadowego BV10 adsorbowanego na zeolicie o różnej wielkości uziarnienia a stężeniem równowagowym oraz krzywe wyznaczone z równania Langmuira pokazano na rysunku 5.

Maksymalna pojemność adsorpcyjna zeolitu drobnego i grubego ( $b$ ) oraz ich powinowactwo adsorpcyjne ( $K$ ) barwnika BV 10 wyznaczone zostały z równania Langmuira. Stałe te zostały przedstawione w tabelach 2 i 3. Na podstawie wyznaczonych wartości  $R^2$  można stwierdzić, że izoterma Langmuira dobrze opisuje uzyskane wyniki niezależnie od wielkości uziarnienia zeolitu jak i odczynu, przy którym prowadzona była adsorpcja barwnika.

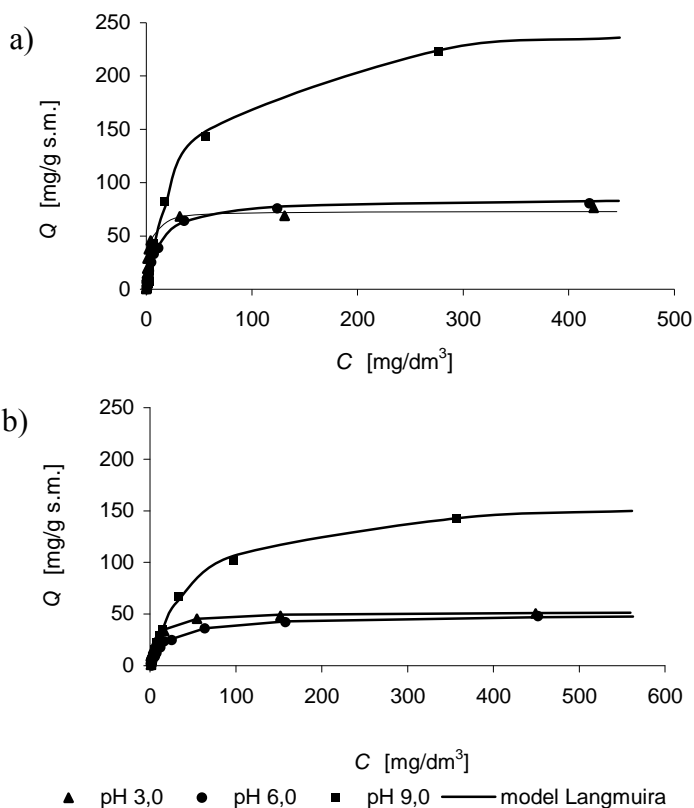


**Rys. 3.** Adsorpcja barwnika BV 10 na zeolicie drobnoziarnistym przy a) pH=3, b) pH=6 i c) pH=9.  
**Fig. 3.** Adsorption of BV 10 dye onto fine-grained zeolite at (a) pH=3, (b) pH=6 and (c) pH=9



**Rys. 4.** Adsorpcja barwnika BV 10 na zeolicie gruboziarnistym przy a) pH=3, b) pH=6 i c) pH=9.  
**Fig. 4.** Adsorption of BV 10 dye onto coarse-grained zeolite at (a) pH=3, (b) pH=6 and (c) pH=9





**Rys. 5.** Izotermi adsorpcji barwnika BV 10 dla danych eksperymentalnych na zeolicie a) drobnoziarnistym, b) gruboziarnistym

**Fig. 5.** Isotherms of BV 10 dye adsorption for experimental data onto: (a) fine-grained zeolite, (b) coarse-grained zeolite

**Tabela 2.** Stałe wyznaczone z równania Langmuira dla zeolitu drobnoziarnistego  
**Table 2.** Constants determined from Langmuir's equation for fine-grained zeolite

Stałe równaniu Langmuira	Basic Violet 10		
	pH 3.0	pH 6.0	pH 9.0
$K$ [dm <sup>3</sup> /mg]	0,428	0,081	0,024
$b$ [mg/g s.m.]	73	85,1	258
$R^2$	0,983	0,934	0,975

**Tabela 3.** Stałe wyznaczone z równania Langmuira dla zeolitu gruboziarnistego  
**Table 3.** Constants determined from Langmuir's equation for coarse-grained zeolite

Stałe równaniu	Basic Violet 10		
	pH 3.0	pH 6.0	pH 9.0
Langmuira			
$K$ [dm <sup>3</sup> /mg]	0,126	0,043	0,019
$b$ [mg/g s.m.]	52	49,5	164
$R^2$	0,942	0,991	0,976

Z danych eksperymentalnych wynika, że niezależnie od odczynu, adsorpcja barwnika Basic Violet 10 na zeolicie drobnoziarnistym charakteryzowała się wyższą efektywnością w porównaniu z zeolitem gruboziarnistym, o czym świadczą wyższe wartości pojemności adsorpcyjnych  $b$  wyznaczone z modelu Langmuira.

Analizując uzyskane wyniki, zauważono, że pojemności adsorpcyjne dla każdego z testowanych adsorbentów zmieniały się w zależności od zastosowanego pH.

Porównując ilość zaadsorbowanego barwnika BV 10 przy pH = 3,0 z ilością przy pH = 6,0 stwierdzono, iż ich całkowita pojemność adsorpcyjna była porównywalna niezależnie od wielkości uziarnienia zeolitu. Najniższą pojemność adsorpcyjną uzyskano w przypadku zeolitu gruboziarnistego i pH 6,0. Odmiennie sytuacja przedstawiała się w przypadku pojemności testowanych zeolitów przy pH = 9,0. W przypadku zeolitu drobnoziarnistego zmiana odczynu z pH 3.0 do pH 9.0 spowodowała 3,5-krotny wzrost ilości zaadsorbowanego barwnika zaś w przypadku zeolitu gruboziarnistego około 3-krotny. Wartości stałej  $b$ , przy pH 9,0 barwnika BV 10 dla zeolitu grubego stanowiły około 70% wartości uzyskanych dla zeolitu drobnego.

Analogiczną tendencję ilości usuniętego barwnika zasadowego w zależności od odczynu przedstawił Alpat i in.[6], którzy badali adsorpcję barwnika kationowego Toluidyny Blue O na zeolicie pochodzącym z Turcji. Autorzy badania adsorpcji przeprowadzili dla odczynu w zakresie od pH 2.0 do pH 11.0. Najlepsze rezultaty autorzy uzyskali przy najwyższym testowanym odczynie. Wyższa efektywność usuwania barwników zasadowych osiągnęta przy odczynie zasadowym również przy zastosowaniu innych adsorbentów. Mittal [7] wykazał, że adsorpcja barwnika zasadowego Malachite Green na piórach również efektywniej przebiega przy wyższych wartościach odczynu.

Porównując wartości stałych  $K$  wyznaczonych z równania Langmuira opisujących powinowactwo adsorpcyjne barwnika do zeolitu zauważono tendencje odwrotną. Wzrost odczynu przy którym prowadzono proces adsorpcji powodował niezależnie od wielkości uziarnienia zeolitu spadek powinowactwa adsorpcyjnego. Najwyższe wartości stałej  $K$  wyznaczono dla izoterm adsorpcji uzyskanych przy odczynie  $\text{pH} = 3,0$  zarówno dla zeolitu drobnoziarnistego jak i gruboziarnistego. Porównując wielkość uziarnienia sorbentu stwierdzono, że niezależnie od odczynu wyższe powinowactwo osiągnano dla zeolitu o mniejszym uziarnieniu niezależnie od odczynu.

Uzyskana w niniejszej pracy efektywność usuwania barwnika zasadowego na zeolicie naturalnym jest wyższa w porównaniu z efektywnością przedstawioną w pracach innych autorów zajmujących się adsorpcją barwników zasadowych na zeolitach naturalnych. W pracy Meshko i wsp. [8] przedstawiono efektywność usuwania dwóch barwników zasadowych Maxilon Schwarz FBL-01 300% (MS-300), Maxilon Goldgelb GL EC 400% (MB-400) na naturalnym zeolicie z Portugalii, którego 90% stanowił klinoptylolit. Pojemność adsorpcyjna wyznaczona z modelu Langmuira wyniosła 14,9 i 55,86 mg/g s.m. zależnie od rodzaju testowanego barwnika. W badaniach własnych pojemności adsorpcyjne dla barwnika zasadowego BV 10 w badaniach przy  $\text{pH} 9,0$  wahały się w granicach 164÷258 mg/g zależnie od rodzaju uziarnienia zeolitu. Również w pracach Wang'a i wsp. [9, 10], którzy prowadzili adsorpcję na zeolicie naturalnym pochodzącym z Australii uzyskane pojemności adsorpcyjne dla barwników zasadowych Malachite Green (MG), Methylene Blue (MB), Rhodamine B (RB) były zdecydowanie niższe niezależnie od temperatury w jakiej prowadzony był proces adsorpcji w wahały się w granicach od 10,2 do 21, 8 mg/ g s.m.

Barwniki zasadowe są to barwniki, które rozpuszczają się w wodzie z wytworzeniem barwnego kationu. Mechanizm wiązania barwników zasadowych z roztworów wodnych można tłumaczyć intensywnym oddawaniem molekularnego kationu ( $\text{C}^+$ ), a redukcją jonu ( $\text{CH}^+$ ). Cząstki zeolitu w wodzie charakteryzują się ujemnym ładunkiem i oddziałują elektrostatycznie, powodując adsorpcję barwników zasadowych. Proces adsorpcji barwników kationowych przebiega znacznie słabiej przy niskich wartościach  $\text{pH}$  w wyniku obecności nadmiaru jonów  $\text{H}^+$  które konkurują z grupami kationowym barwnika. Analogiczne rezultaty wzrostu efektywności usuwania barwników kationowych w przaz ze wzrostem wartości odczynu otrzymali Dogan i in. [11]

## 4. Wnioski

Na podstawie badań własnych stwierdzono, iż zeolit jest efektywnym adsorbentem w procesie usuwania barwnika zasadowego BV 10 z roztworów wodnych. Badania wykazały, że wielkość uziarnienia adsorbentu, wartość pH oraz czas adsorpcji miały istotny wpływ na efektywność procesu adsorpcji. Najwyższą pojemność adsorpcyjną uzyskano dla barwnika zasadowego BV 10 podczas adsorpcji na zeolicie drobnoziarnistym przy pH 9,0 i wyniosła ona 258 mg/g s.m. Najniższą – na zeolicie gruboziarnistym, dla barwnika zasadowego BV 10, przy pH 3,0 równą 52 mg/g s.m. Odwrotną tendencję zaobserwowano przypadku powinowactwa adsorpcyjnego. Wraz ze wzrostem pojemności adsorpcyjnej zanotowano spadek powinowactwa niezależnie od wielkości uziarnienia zeolitu. Najwyższe powinowactwo adsorpcyjne uzyskano dla barwnika Basic Violet 10 podczas adsorpcji na zeolicie gruboziarnistym przy pH 3,0 i wyniosło ono 0,428 dm<sup>3</sup>/mg. Natomiast najniższe powinowactwo adsorpcyjne – 0,019 dm<sup>3</sup>/mg przy pH 9,0 dla zeolitu gruboziarnistego. Zeolit naturalny może być zastosowany jako adsorbent wykazujący się wysoką efektywnością do usuwania barwników zasadowych.

## Literatura

1. **Dobrzański Z., Jamroz D., Mazurkiewicz M.:** *Wykorzystywanie zeolitów w chowie drobiu*. Polskie Drobniarstwo, nr 4, 12-14, 1995.
2. **Gomonaj V.I., Golub N.P., Gomonaj P. and Szekeresh K.Y.:** Int. Reg. Seminar 'Environment Protection: Modern Studies in Ecologi and Microbiologi', Uzhgorod, Ukraine, May 13-16, 90-96, 1997.
3. **Anielak A. M.:** *Chemiczne i fizykochemiczne oczyszczanie ścieków*. Wyd. PWN Warszawa, 291-293, 2000.
4. **Kaletka J.:** *Zastosowanie klinoptylolitu do usuwania wybranych zanieczyszczeń organicznych z roztworów wodnych*. Gaz, woda i technika sanitarna, (12), 436-438, 2001.
5. **Anielak A.M., Piaskowski K.:** *Zeolity naturalne i ich zastosowanie w oczyszczaniu wody i ścieków*. Ekologia i technika, vol. VIII, nr 2, 31-41, 2000.
6. **Alpat S. K., Özbayrak Ö., Alpat Ş., Akçay H.:** *The adsorption kinetics and removal of cationic dye, Toluidine Blue O, from aqueous solution with Turkish zeolite*. Journal of Hazardous Materials, B151: 213-220, 2008.

7. **Mittal A.:** *Adsorption kinetics of removal of a toxic dye, Malachite Green, from wastewater by using hen feshthers.* Journal of Hazardous Materials, B133: 196-202, 2006.
8. **Meshko V., Markowska L., Mincheva M., Rodrigues A.E.:** *Adsorption of Basic Dyes On Granular Activated Karbon And Natura Zeolite.* Water Research, 35(14) 3357-3366, 2001.
9. **Wang S., Ariyanto E.:** *Competitive adsorption of malachite green and PB ions on natural zeolite.* Journal of Colloid and Interface Science, 314:25-31, 2007.
10. **Wang S., Zhu Z.H.:** *Characterization and environmental application of an Australia natural zeolite for Basic dye removal from aqueous solution.* Journal of Hazardous Materials, B136: 946-952, 2006.
11. **Doğan M., Alkan M., Türkyilmaz A., Özdemir Y.:** *Kinetics and mechanism of removal of methylene blue by adsorption onto perlite.* Journal of Hazardous Materials, B109 (1-3): 141-148, 2004.

## **Basic Violet 10 Dye Removal from Water Solutions onto Zeolite**

### **Abstract**

Contemporarily, the most common methods of textile wastewaters treatment include: adsorption, precipitation/coagulation, ultrafiltration and reversed osmosis, biological methods, oxidation, reduction, and extraction. Out of these methods, the most economical in terms of minimizing investment and exploitation costs of the treatment process of wastewaters containing dyes, are adsorption processes.

Commonly applied adsorbents include activated carbons, however their high price enforces searching from new, cheaper and, simultaneously, equally effective agents. For this reason, studies are increasingly focused on implementing natural materials whose wide applicability, efficiency as well as ecological safety of use inspire a number of solutions in contemporary technologies. Hence, an increasing interest has been raised recently by natural, commonly-available, inexpensive minerals with molecular and screening as well as sorptive and ion-exchanging properties, namely zeolites.

The reported research was aimed at determining the effectiveness of dyes removal from aqueous solutions with the method of adsorption, using zeolite differing in grain size – coarse-grained zeolite with grain particle size of Ø 2-3 mm (sorbent 1) and fine-grained zeolite with grain particle size of Ø 0.5-1 mm (sorbent 2). The research was conducted for the cationic dye – Basic Violet 10 (BV10).

The scope of the research included determination of the effectiveness of Basic Violet 10 dye adsorption onto two adsorbents (coarse-grained and fine-grained zeolite) and determination of constants from the Langmuir's equation.

Basic dyes are dyes that solubilize in water with a color cation produced. The mechanism of basic dyes binding from aqueous solutions may be explained by the intensive donation of a molecular cation ( $C^+$ ), and reduction of an ion ( $CH^+$ ). In water, molecules of zeolite are characterized by a negative charge and electrostatic activity, which induces adsorption of basic dyes. The process of cationic dyes adsorption proceeds considerably weaker at low pH values as a result of the excess of  $H^+$  ions that compete with the cationic groups of the dye.

Results achieved in the research enable concluding that zeolite is an effective adsorbent in the process of a basic dye BV 10 removal from aqueous solutions. The study demonstrated that the size of adsorbent particles, pH value and duration of adsorption had a significant effect on the effectiveness of the adsorption process. The highest adsorption capacity was achieved for the basic dye BV 10 during adsorption onto fine-grained zeolite at pH 9.0 and accounted for 258 mg/g d.m. In contrast, the lowest adsorption capacity reaching 52 mg/g d.m. was obtained for the BV 10 dye onto the coarse-grained zeolite at pH 3.0. An opposite tendency was noted in the case of adsorption affinity. Along with increasing adsorption capacity, a decrease was recorded in the affinity, irrespective of zeolite grain particle size. The highest adsorption affinity, accounting for 0.428 dm<sup>3</sup>/mg, was achieved for the Basic Violet 10 dye during adsorption onto the coarse-grained zeolite at pH 3.0. In turn, the lowest value of that parameter, reaching 0.019 dm<sup>3</sup>/mg, was obtained for the coarse-grained zeolite at pH 9.0. Natural zeolite may, thus, be applied as an adsorbent displaying a high effectiveness of basic dyes removal.