

Hanna OWCZARZAK¹ i Małgorzata RAJFUR¹

SORPCJA MIEDZI W GLONACH MORSKICH *Laminaria ochroleuca* BACHELOT DE LA PYLAIE

SORPTION OF COPPER IN MARINE ALGAE *Laminaria ochroleuca* BACHELOT DE LA PYLAIE

Abstrakt: Zbadano w warunkach laboratoryjnych kinetykę i równowagę procesu sorpcji miedzi w glonach morskich *Laminaria ochroleuca* Bachelot de la Pylaie. Sorpcję z roztworów siarczynu miedzi prowadzono w warunkach statycznych przy zmniejszającym się stężeniu Cu^{2+} w roztworze. Zbadano również wpływ sposobu preparowania biomasy glonów na jej właściwości sorpcyjne. Wykazano, że stan równowagi zostaje osiągnięty po około 40 minutach. W warunkach prowadzenia eksperymentu 45-50% jonów miedzi z roztworu początkowego sorbowanych jest w pierwszych 10 min. Do opisu równowag wykorzystano model izotermi Langmuira. Stwierdzono, że glony sorbują jony Cu^{2+} proporcjonalnie do ich zawartości w roztworze, w którym zostały zanurzone. Można przypuszczać, że 40 min ekspozycja glonów mało zanieczyszczonych metalami ciężkimi, w wodach zanieczyszczonych, spowoduje przyrost stężenia tych analitów proporcjonalnie do ich stężenia w badanych wodach. Uzyskane wyniki porównano z wynikami badań właściwości sorpcyjnych glonów morskich *Palmaria palmata* oraz glonów słodkowodnych *Spirogyra* sp. Ze względu na dużą niepewność wyników badań nie podjęto próby wskazania, który z gatunków glonów jest lepszym sorbentem. Na podstawie przeprowadzonych badań można przypuszczać, że glony morskie *Laminaria ochroleuca* Bachelot de la Pylaie w przyszłości mogą być wykorzystywane np. w fitoremediacji wód powierzchniowych oraz jako bioczułnik w monitoringu ekosystemów wodnych.

Słowa kluczowe: miedź, glony *Laminaria ochroleuca* Bachelot de la Pylaie, kinetyka sorpcji, izoterma Langmuira

Głony to organizmy plechowe występujące w bardzo zróżnicowanych ekosystemach i charakteryzujące się dużą odpornością na czynniki fizykochemiczne. Ze względu na swoje dobre właściwości przystosowawcze stają się coraz bardziej popularnymi biomonitorami [1, 2].

Prowadzone badania laboratoryjne z wykorzystaniem różnych gatunków glonów mają na celu m.in. ocenę ich właściwości sorpcyjnych, a także możliwości desorpcji zakumulowanych metali ciężkich z ich plech [3, 4]. Autorzy wielu publikacji wskazują na różnice w zdolnościach do akumulowania analitów przez różne rodzaje i gatunki glonów, które mogą wynikać m.in. z różnic w budowie fizjologicznej i morfologicznej plech, sposobu przygotowania próbek glonów do analiz oraz metodyki prowadzonych badań [5, 6].

Do opisu stanu równowagi procesu sorpcji metali ciężkich w glonach są wykorzystywane różne modele, np. model izotermi Freundlicha [7] i Langmuira [8]. Na ich podstawie można wyznaczyć m.in. pojemność sorpcyjną glonów oraz szeregi powinowactwa metali do plech glonów. Bardzo często najlepsze korelacje pomiędzy danymi doświadczalnymi oraz danymi obliczonymi uzyskuje się, wykorzystując model izotermi Langmuira [9, 10].

¹ Samodzielna Katedra Biotechnologii i Biologii Molekularnej, Uniwersytet Opolski, ul. kard. B. Kominka 6, 45-032 Opole, tel. 77 401 60 42, email: mrajfur@o2.pl

* Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole'15, Jarnołtówek, 14-16.10.2015

Badania laboratoryjne wskazują, że maksymalna pojemność sorpcyjna np. glonów *Cladophora glomerata* wynosi odpowiednio dla Cu - 15,0 mg/g s.m. a dla Pb - 22,5 mg/g s.m. [11], glonów m.in. *Ecklonia radiata*, *Ecklonia maxima*, *Laminaria japonica* i *Laminaria hyperbola* wynosi dla Pb - 1,0 do 1,6 mmol/g s.m., Cu - 1,0 do 1,2 mmol/g s.m. i Cd - 0.8 do 1.2 mmol/g s.m. [12], natomiast pojemność sorpcyjna biomasy glonów *Helimeda gracilis* wynosi dla Cu - 38,46 mg/g s.m. [13].

Celem prowadzonych badań była ocena kinetyki oraz opis równowagi sorpcji miedzi w glonach *Laminaria ochroleuca* Bachelot de la Pylaie. Do opisu równowag wykorzystano model izotermi Langmuira. Podjęto próbę porównania pojemności sorpcyjnych dwóch gatunków glonów morskich: *Laminaria ochroleuca* i *Palmaria palmata* oraz glonów słodkowodnych *Spirogyra* sp. Wskazanie zależności pomiędzy stężeniem analitu w glonach i w roztworze, w którym je zanurzano: $c_g = f(c_r)$, oraz rozpoznanie czynników abiotycznych wpływających na proces sorpcji w przyszłości może zostać wykorzystane do opracowania prostego biosensora do pomiaru stężeń metali ciężkich w zbiornikach słono- i słodkowodnych.

Metodyka

Do badań wykorzystano glony morskie *Laminaria ochroleuca* zakupione w firmie Bogutyn Młyn z Radzyna Podlaskiego (PL). Próbki glonów przeznaczonych do analiz przepłukiwano wodą zdeminalizowaną (konduktywność $\kappa = 0,5 \mu\text{S}/\text{cm}$) i suszono w temp. 323 K (24 h). Tak przygotowane glony były przechowywane w szczelnie zamkniętych pojemnikach polietylenowych. Stężenie miedzi naturalnie zakumulowanej w glonach wynosiło $c_{\text{Cu}(g,0)} = 0,0030 \pm 0,0008 \text{ mg}/\text{g s.m.}$

Badanie kinetyki sorpcji

Próbki glonów o masie $0,500 \pm 0,001 \text{ g s.m.}$ umieszczano w perforowanym pojemniku o objętości ok. 15 cm^3 i wraz z nim zanurzano w roztworze siarczanu miedzi o objętości 200 cm^3 . Roztwór intensywnie mieszano, wykorzystując mieszadło magnetyczne. Okresowo, bezpośrednio z naczynia, w którym prowadzono doświadczenie, zaciągano roztwór w celu oznaczenia stężenia miedzi (AAS). Proces prowadzono przez 50 min. Wykorzystywane do doświadczeń roztwory siarczanu miedzi były zakwaszane kwasem azotowym do wartości pH ok. 5 w celu uniknięcia tworzenia się niezdysocjowanych wodorotlenków [14].

W celu oceny wpływu sposobu przygotowania biomasy glonów (preparowania - kondycjonowania w wodzie zdeminalizowanej o konduktywności $\kappa = 0,5 \mu\text{S}/\text{cm}$) na jej właściwości sorpcyjne przeprowadzono badania kinetyki sorpcji miedzi w glonach, które przed eksperymentem zanurzano na 30 min w wodzie zdeminalizowanej oraz na takich glonach, które wcześniej nie były kondycjonowane w wodzie zdeminalizowanej.

Podczas procesu sorpcji metali ciężkich na biomacie glonów badano zmiany konduktywności i pH roztworu.

Badanie parametrów równowagi w układzie statycznym

Doświadczenia prowadzono analogicznie do badań kinetyki procesu. Zmieniano jedynie początkowe stężenia jonów Cu^{2+} w roztworze. Próbkę roztworu, w celu oznaczenia stężenia miedzi, pobierano na początku i na końcu procesu sorpcji trwającego 50 min.

Aparatura i odczynniki

Do oznaczania stężeń miedzi wykorzystano absorpcyjny spektrometr atomowy iCE 3500 firmy Thermo Electron Corporation (USA). Do kalibrowania aparatu wykorzystano wzorce firmy ANALYTIKA Ltd. (CZ). Dla miedzi granice wykrywalności (*IDL*) i oznaczalności (*IQL*) aparatu wynoszą odpowiednio 0,0045 i 0,033 mg/dm^3 . Największe stężenie wzorca (produkcji: ANALYTIKA Ltd. (CZ)) używanego do kalibracji (5 mg/dm^3) przyjęto za granice liniowej zależności sygnału od stężenia.

Do badania konduktywności oraz pH poszczególnych roztworów, w których zanurzono glony morskie, zastosowano urządzenia firmy Elmetron Sp. J. z Zabrze: pH-metr CP551, konduktometr CC51, których bezwzględny błąd wskazań wynosił odpowiednio $\Delta\text{pH} = 0,02$ oraz $\Delta\kappa = 0,1 \mu\text{S}/\text{cm}$. Niepewność wskazań wykorzystywanej wagi laboratoryjnej wynosiła $\pm 0,001 \text{ g}$.

Zapewnienie oraz kontrola jakości

W tabeli 1 przedstawiono stężenia miedzi oznaczone w certyfikowanych materiałach referencyjnych BCR- 414 *plankton* i BCR- 482 *lichen*, wytwarzanych przez Institute for Reference Materials and Measurements (Belgia).

Tabela 1
Porównanie zmierzonych i certyfikowanych wartości stężeń miedzi w 414 *plankton* i BCR 482 *lichen*

Table 1
Comparison of measured and certified concentrations in BCR-414 *plankton* and in BCR-482 *lichen*

BCR-414 <i>plankton</i>		AAS		Dev. **
Stężenie	±Niepewność	Średnia	±SD *	
[mg/kg s.m.]				[%]
29,5	1,3	28,4	1,6	-3,7
BCR-482 <i>lichen</i>		AAS		Dev. **
Stężenie	±Niepewność	Średnia	±SD *	
[mg/kg s.m.]				[%]
7,03	0,19	6,63	0,17	-5,7

* - odchylenie standardowe

** - względna różnica pomiędzy stężeniem zmierzonym i certyfikowanym $100\% \cdot (c_z - c_c)/c_c$

Model izotermi Langmuira

Model izotermi Langmuira zakładający, że na powierzchni adsorbentu istnieje określona ilość centrów adsorpcji, z których każde zdolne jest do zaadsorbowania tylko jednej cząsteczki, opisany jest za pomocą równania [15]:

$$c_{(g,1)} = (c_{(g,\text{max})} \cdot K \cdot c_{(r,1)}) \cdot (1 + K \cdot c_{(r,1)})^{-1} \quad (1)$$

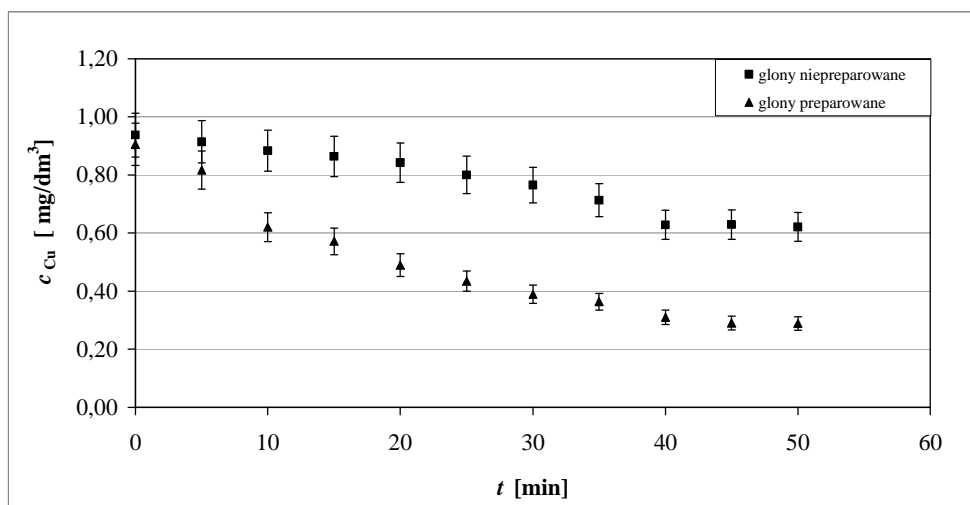
gdzie: $c_{(g,1)}$ - stężenie miedzi w glonach w stanie równowagi [mg/g s.m.], $c_{(r,1)}$ - stężenie miedzi w roztworze w stanie równowagi [mg/dm³], $c_{(g,max)}$ - pojemność sorpcyjna glonów [mg/g s.m.], K - stała.

W celu prostego wyznaczenia wartości maksymalnej pojemności sorpcyjnej oraz stałej równowagi K równanie opisujące model izotermy Langmuira można przekształcić do postaci liniowej:

$$(c_{(g,1)})^{-1} = (c_{(g,max)} \cdot K \cdot c_{(r,1)})^{-1} + (c_{(g,max)})^{-1} \quad (2)$$

Wyniki badań i ich analiza

Badania kinetyki sorpcji jonów Cu^{2+} prowadzono w warunkach statycznych w celu oceny czasu potrzebnego do uzyskania stanu równowagi pomiędzy glonami *Laminaria ochroleuca* a roztworem, w którym je zanurzano. W celu oceny wpływu kondycjonowania glonów w wodzie zdemineralizowanej na ich właściwości sorpcyjne badania prowadzono z wykorzystaniem glonów niepreparowanych oraz próbek glonów kondycjonowanych w wodzie zdemineralizowanej. Na rysunku 1 przedstawiono przebieg zmian stężenia miedzi w roztworze, w którym zanurzano glony.

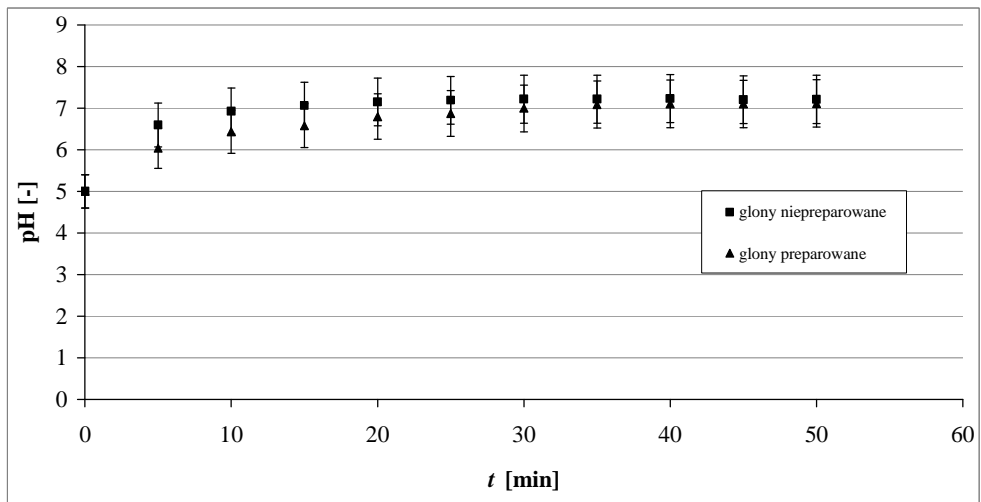


Rys. 1. Przebieg zmian stężenia miedzi w roztworze, w którym zanurzono glony *Laminaria ochroleuca*

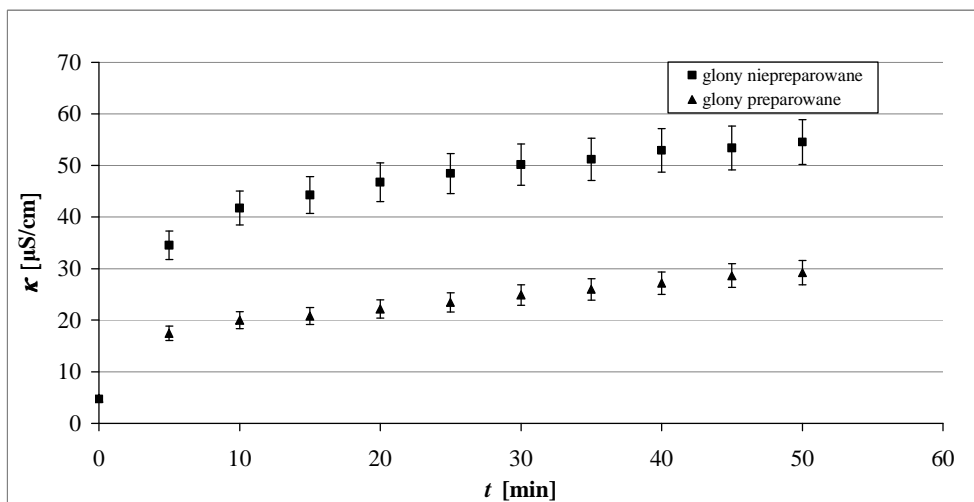
Fig. 1. Changes in copper concentrations in solution, in which the algae *Laminaria ochroleuca* were immersed

Przeprowadzone badania wskazują, że stan równowagi dynamicznej w układzie glony *Laminaria ochroleuca* - roztwór zostaje osiągnięty po około 40 min. Dla porównania, stan równowagi dynamicznej podczas procesu sorpcji jonów Cu^{2+} w glonach morskich *Palmaria palmata* zostaje osiągnięty po około 50 min, a w glonach słodkowodnych *Spirogyra* sp. po około 30 min. W preparowanych glonach *Laminaria ochroleuca* w czasie 40-minutowego procesu zakumulowało się blisko 69% jonów Cu^{2+} , znajdujących się w roztworze początkowym. W pierwszych 10 min trwania procesu z roztworu do biomasy sorbowanych jest około 45-50% jonów miedzi, w odniesieniu do stężenia tego analitu

zakumulowanego w preparowanych glonach *Laminaria ochroleuca* w stanie równowagi (0,25 mg Cu/g s.m.). Glony niekondycjonowane w wodzie zdeminielizowanej przed procesem sorpcji zakumulowały w swoich plechach jedynie 35% jonów Cu^{2+} znajdujących się w roztworze początkowym. Kondycjonowanie glonów w wodzie zdeminielizowanej uaktywnienia ich struktury sorpcyjne, a także powoduje usuwanie soli naturalnie zakumulowanych na ich plechach.



Rys. 2. Przebieg zmian pH w roztworze podczas sorpcji jonów Cu^{2+} na biomase glonów *Laminaria ochroleuca*
Fig. 2. Changes in pH of the solution during the Cu^{2+} ions sorption by the algae *Laminaria ochroleuca* biomass

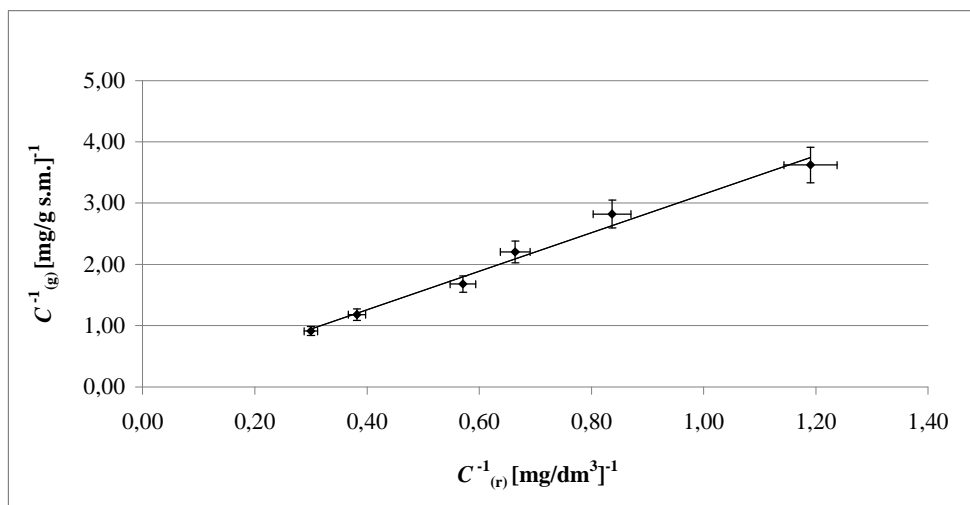


Rys. 3. Zmiany konduktowności roztworu podczas sorpcji jonów Cu^{2+} na biomase glonów
Fig. 3. Changes in conductivity of the solution during sorption of Cu^{2+} ions by the algae biomass

Na rysunkach 2 i 3 przedstawiono kolejno zmiany pH i konduktywności roztworu podczas procesu sorpcji miedzi na biomacie glonów *Laminaria ochroleuca*.

Z wykresu na rysunku 2 wynika, że procesowi sorpcji miedzi na biomacie glonów *Laminaria ochroleuca* towarzyszy sorpcja jonów H^+ . Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w ilości zakumulowanych jonów H^+ pomiędzy próbką glonów kondycjonowanych w wodzie zdeminalizowanej a próbką niepreparowaną. W czasie prowadzenia procesu zaobserwowano także wzrost konduktywności (rys. 3). W przypadku glonów niepreparowanych konduktywność roztworu wzrosła z 4,72 do 54,6 $\mu S/cm$. Wzrost konduktywności roztworu po wprowadzeniu do niego glonów jest spowodowany m.in. rozpuszczaniem się soli naturalnie zakumulowanych na powierzchni plech glonów oraz postępującymi w czasie nieodwracalnymi zmianami w strukturze błon komórkowych, co powoduje wyciekanie substancji jonowych z komórek glonów do roztworu. Jak wykazały badania, obecność w roztworze innych jonów pochodzących z rozpuszczania się soli ogranicza sorpcję miedzi w biomacie o około 95%. W przypadku glonów preparowanych (kondycjonowanych przed procesem sorpcji w wodzie zdeminalizowanej) konduktywność roztworu po wprowadzeniu do niego glonów wzrosła z 4,86 do 29,2 $\mu S/cm$.

Parametry równowagi w układzie preparowane glony *Laminaria ochroleuca* - roztwór siarczanu miedzi opisano izotermą Langmuira (zależność (2)) i przedstawiono na wykresie na rysunku 4.



Rys. 4. Izoterma Langmuira opisująca równowagę sorpcji Cu w glonach morskich *Laminaria ochroleuca* ($t_{sorpcji} = 40$ min)

Fig. 4. Langmuir isotherm, describing the sorption equilibrium of Cu ($t_{sorption} = 40$ min)

Parametry izotermy zostały przedstawione w tabeli 2 i porównane z parametrami izoterm wyznaczonymi dla glonów morskich *Palmaria palmata* i słodkowodnych *Spirogyra* sp. [16].

Tabela 2

Parametry funkcji $y = a \cdot x + b$ przedstawionej na rysunku 4; parametry regresji liniowej: $\pm SD_a$ - odchylenie standardowe parametru a , $\pm SD_b$ - odchylenie standardowe parametru b , R^2 - współczynnik determinacji oraz wyznaczona z izotermy Langmuira pojemność sorpcyjna $c_{(g,max)}$

Table 2

The parameters of $y = a \cdot x + b$ function presented in Figure 4; linear regression parameters: $\pm SD_a$ - standard deviation of a parameter, $\pm SD_b$ - standard deviation of b parameter, R^2 - correlation coefficient and sorption capacity determined from Langmuir isotherm: $c_{(a,max)}$

a	b	$\pm SD_a$	$\pm SD_b$	R^2	$c_{(g,max)}$ [mg/g s.m.]
<i>Laminaria ochroleuca</i>					
3,143	0,004	0,192	0,139	0,985	250
<i>Palmaria palmata</i>					
0,120	0,006	0,005	0,057	0,993	167
<i>Spirogyra</i> sp.					
0,198	0,115	0,0051	0,101	0,994	8,7

Wyniki przedstawione na rysunku 4 wskazują, że glony *Laminaria ochroleuca* sorbują jony Cu^{2+} proporcjonalnie do ich zawartości w roztworze, w którym zostały zanurzone. Dane z tabeli 2 wskazują na znaczne różnice dotyczące pojemności sorpcyjnej glonów w zależności od ich gatunku [16]. Wyznaczona z izotermy Langmuira pojemności sorpcyjne $c_{(g,max)}$ ma jednak charakter orientacyjny, z uwagi na to, że cechuje je duża niepewność wyrażona poprzez $\pm SD_b$. Przeprowadzone badania wskazują na możliwość zastosowania glonów *Laminaria ochroleuca* do aktywnego biomonitoringu i fitoremediacji wód powierzchniowych zanieczyszczonych np. metalami ciężkimi.

Podsumowanie i wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że preparowane glony morskie *Laminaria ochroleuca* są dobrym sorbentem jonów miedzi. Glony kondycjonowane w wodzie zdeminielizowanej przed procesem sorpcji akumulują o około 95% więcej jonów Cu^{2+} w porównaniu do glonów niepreparowanych. Stan równowagi dynamicznej w układzie glony *Laminaria ochroleuca* - roztwór zostaje osiągnięty po około 40 min. Wykazano, że czynnikiem wpływającym na intensywność sorpcji analitu w plechach jest sposób preparowania glonów.

Biomasę glonów akumuluje w swoich plechach miedź proporcjonalnie do jej stężenia w roztworze. Wyniki badań wskazują na dobre dopasowanie modelu izotermy Langmuira do opisu równowagi w układzie glony *Laminaria ochroleuca* - roztwór. Stwierdzono, że pojemność sorpcyjna wyznaczona z izotermy Langmuira jest obciążona dużą niepewnością wyrażoną poprzez $\pm SD_b$, co wynikać może ze sposobu prowadzenia eksperymentu. W układzie statycznym (przy zmniejszającym się stężeniu miedzi w roztworze) parametry sorpcji zależą m.in. od stosunku masy glonów do objętości roztworu.

Analizując wyniki przeprowadzonych badań, można stwierdzić, że preparowane glony *Laminaria ochroleuca* mogą być w przyszłości wykorzystane m.in. jako sorbent w procesach oczyszczania np. ścieków oraz jako bioczułnik zanieczyszczenia ekosystemów wodnych np. metalami ciężkimi, jednak konieczna jest walidacja procedur badawczych.

Literatura

- [1] Kobzar AD, Khristoforova NK. Monitoring heavy-metal pollution of the coastal waters of Amursky Bay (Sea of Japan) using the brown alga *Sargassum miyabei* Yendo, 1907. *Russ J Marine Biol.* 2015;41(5):384-388. DOI: 10.1134/S1063074015050065.
- [2] Mori JF, Neu TR, Lu S, Händel M, Totsche KU, Küsel K. Iron encrustations on filamentous algae colonized by *Gallionella*-related bacteria in a metal-polluted freshwater stream. *Biogeosciences.* 2015;12(18):5277-5289. DOI: 10.5194/bg-12-5277-2015.
- [3] Christoforidis AK, Orfanidis S, Papageorgiou SK, Lazaridou AN, Favvas EP, Mitropoulos A. Study of Cu(II) removal by *Cystoseira crinitophylla* biomass in batch and continuous flow biosorption. *Chem Eng J.* 2015;277(1):334-340. DOI: 10.1016/j.cej.2015.04.138.
- [4] Yalçın S. The mechanism of heavy metal biosorption on green marine macroalga *Enteromorpha linza*. *Clean - Soil, Air, Water.* 2014;42(3):251-259. DOI: 10.1002/clen.201200500.
- [5] Hadiyanto H, Pradana AG, Buchori L, Sri Budiayati C. Biosorption of heavy metal Cu²⁺ and Cr²⁺ in textile wastewater by using immobilized algae. *Resear J Applied Sci Eng Technol.* 2014;7(17):3539-3543. <http://maxwellsci.com/print/rjaset/v7-3539-3543.pdf>.
- [6] Rajfur M, Klos A, Waclawek M. Sorption of copper(II) ions in the biomass of alga *Spirogyra* sp. *Bioelectrochemistry.* 2012;87:65-70. DOI 10.1016/j.bioelechem.2011.12.007.
- [7] Li YX, Wang Y, Zhao FJ. Kinetic and equilibrium studies of chromium(VI) biosorption by spent macroalgae *Polysiphonia urceolata* and *Chondrus ocellatus*. *Biotechnol Biotechnol Equip.* 2015;29(3):498-505. DOI: 10.1080/13102818.2015.1011374.
- [8] Soleymani F, Khani MH, Pahlavanzadeh H, Manteghian M. Study of cobalt(II) biosorption on *Sargassum* sp. by experimental design methodology. *Inter J Environ Sci Technol.* 2015;12(6):1907-1922. DOI: 10.1007/s13762-014-0739-0.
- [9] Vijayaraghavan J, Bhagavathi Pushpa T, Sardhar Basha SJ, Vijayaraghavan K, Jegan J. Evaluation of red marine alga *Kappaphycus alvarezii* as biosorbent for methylene blue: isotherm, kinetic, and mechanism studies. *Separat Sci Technol.* 2015;50(8):1120-1126. DOI: 10.1080/01496395.2014.965260.
- [10] Keshtkar AR, Hassani MA. Biosorption of thorium from aqueous solution by Ca-pretreated brown algae *Cystoseira indica*. *Korean J Chemic Eng.* 2014;31(2):289-295. DOI: 10.1007/s11814-013-0220-7.
- [11] Yalçın E, Çavuşoğlu K, Maraş M, Bıyıkoğlu M. Biosorption of lead(II) and copper(II) metal ions on *Cladophora glomerata* (L.) Kütz. (Chlorophyta) algae: Effect of algal surface modification. *Acta Chim Slov.* 2008;55:228-232.
- [12] Yu Q, Matheickal JT, Yin P, Kaewsarn P. Heavy metal uptake capacities of common marine macro algal biomass. *Water Res.* 1999;33(6):1534-1537. DOI: 10.1016/S0043-1354(98)00363-7.
- [13] Jayakumar R, Rajasimman M, Karthikeyan C, Optimization, equilibrium, kinetic, thermodynamic and desorption studies on the sorption of Cu(II) from an aqueous solution using marine green algae: *Halimeda gracilis*. *Ecotoxicol Environ Safety.* 2015;121(1):199-210. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2015.03.040.
- [14] Gupta VK, Rastogi A, Saini VK, Jain N. Biosorption of copper(II) from aqueous solutions by *Spirogyra* species. *J Colloid Interface Sci.* 2006;296:59-63. DOI: 10.1016/j.jcis.2005.08.033.
- [15] Saeed A, Iqbal M, Akhtar MW. Removal and recovery of lead(II) from single and multimetal (Cd, Cu, Ni, Zn) solutions by crop milling waste (black gram husk). *J Hazard Mater B.* 2005;117:65-73. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2004.09.008.
- [16] Rajfur M, Klos A, Waclawek M. Biosorption of heavy metals from aqueous solutions by red algae *Palmaria palmata*: Study of the kinetics and the equilibrium of sorption. In: Pawłowski L, Dudzińska MR, Pawłowski A, editors. *Environmental Engineering*. London: Taylor & Francis Group; 2013, 533-540.

SORPTION OF COPPER IN MARINE ALGAE *Laminaria ochroleuca* BACHELOT DE LA PYLAIE

Chair of Biotechnology and Molecular Biology, Opole University, Poland

Abstract: The kinetics and equilibrium of sorption process of copper in marine algae *Laminaria ochroleuca* Bachelot de la Pylaie was examined under laboratory conditions. The sorption from the solution of copper sulfate was performed under static conditions, by decreasing the concentration of Cu²⁺ in solution. The impact of algal

biomass preparation method on its sorption properties was also examined. It has been shown that equilibrium is reached after about 40 minutes. Under the conditions of the experiment 45-50% of copper ions from the initial solution are being sorbed in the first 10 minutes. To describe the equilibriums was used the Langmuir isotherm model. It has been found that algae sorb Cu^{2+} ions in proportion to their content in the solution in which they are immersed. One can assume that 40 mins exposure of algae contaminated with heavy metals in polluted waters, will increase the concentration of these analytes in proportion to their concentration in the studied waters. The results were compared with the results of the sorption properties of marine algae *Palmaria palmata* and freshwater algae *Spirogyra* sp. Due to the high uncertainty of study results no attempt was made to indicate which species of algae is a better sorbent. Based on the study it can be assumed that the seaweed *Laminaria ochroleuca* Bachelot de la Pylaie may be used in the future eg. in phytoremediation of surface waters and as a biosensor for monitoring of aquatic ecosystems.

Keywords: copper, algae *Laminaria ochroleuca* Bachelot de la Pylaie, sorption kinetics, Langmuir isotherm