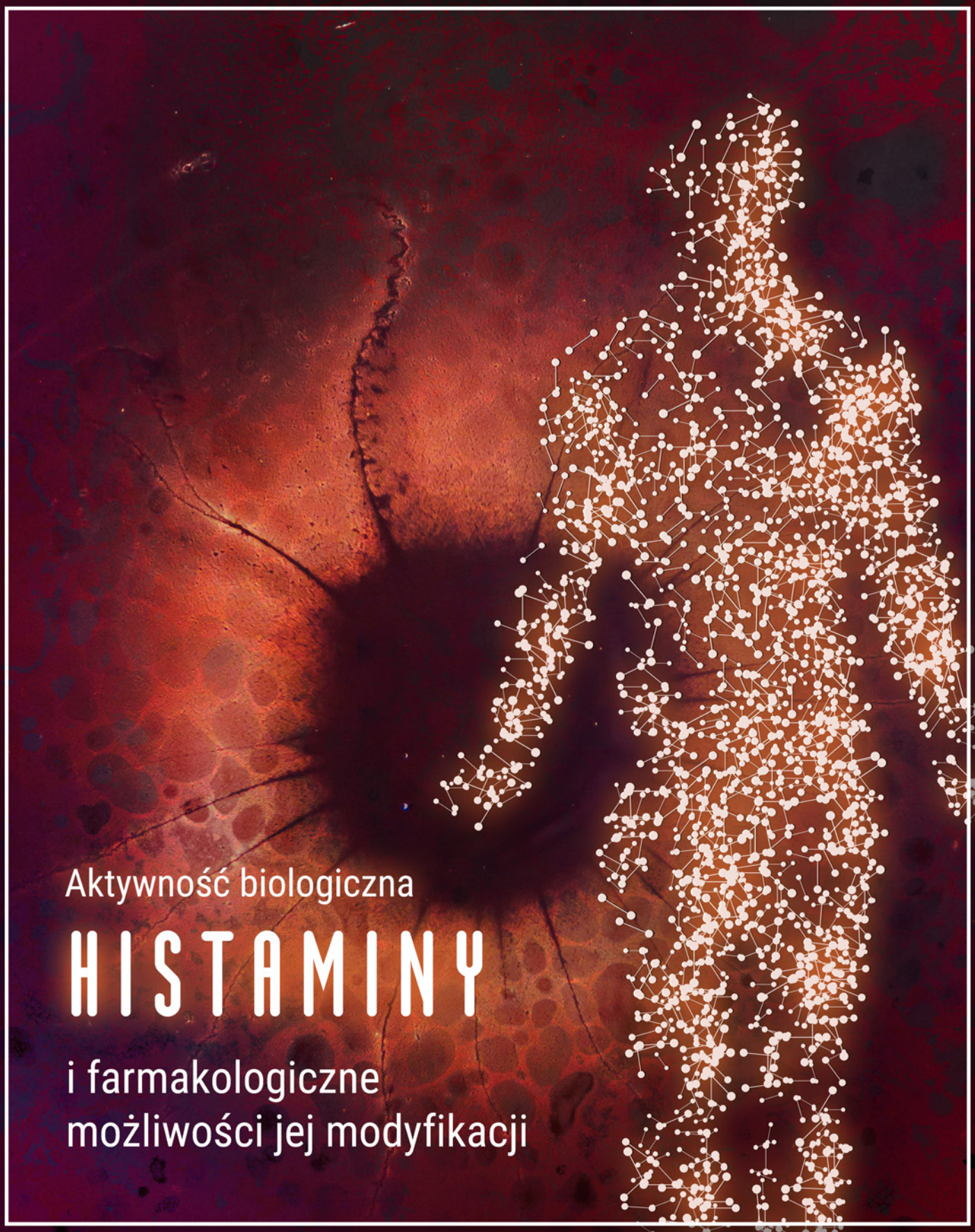
Nauki Przyrodnicze
numer 4 (18)/2017



Aktywność biologiczna

HISTAMINY

i farmakologiczne możliwości jej modyfikacji

ISSN 2353-13-71

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017

Nauki Przyrodnicze

3-12. Pszczoły miodne jako organizmy modelowe do badania mechanizmów epigenetycznych na przykładzie metylacji dna
Autor: Aleksandra Łoś, Michał Schulz, Patrycja Skowronek, Justyna Tyszczuk
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

13-24. Element górski w dolinie Soły
Autor: Dariusz Kozik
Uniwersytet Śląski w Katowicach

25-34. Aktywność biologiczna histaminy i farmakologiczne możliwości jej modyfikacji
Autor: Grzegorz K. Jakubiak
Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

35-41. Przebieg procesu oswajania legwana zielonego (*Iguana iguana*) w warunkach chowu terraryjnego
Autor: Aga Żarczyńska, Damian Zieliński, Piotr Czyżowski, Filip Stad nik, Bartek Gorzkowski
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

42-51. Analiza parametrów fizykochemicznych oraz składu chemicznego wód rzecznych Lublina
Autor: Joanna Borowska-Pakuła, Aleksandra Bober
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

NaukiPrzyrodnicze

REDAKTOR NACZELNY
Mateusz Gortat
ZASTĘPCA REDAKTORA NACZELNEGO
Dariusz Wolski
REDAKTOR TECHNICZNY
Paweł Kuś

RADA NAUKOWA:
dr Anna Stępniowska
(Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie)
lek. wet. mgr inż. Dariusz Wolski
(Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie)
dr Mateusz Gortat
(Stowarzyszenie Młodych Naukowców)
lek. med. Łukasz Pastuszak
(Mazowiecki Szpital Bródnowski w Warszawie)

PROJEKT OKŁADKI
Robert Giza

ADRES DO KORESPONDENCJI
Stowarzyszenie Młodych Naukowców
ul. Wyżynna 20/56, 20-560 Lublin
e-mail: kontakt@naukowcy.org.pl
www.naukowcy.org.pl

Odpowiedzialność za treść i materiały graficzne ponoszą Autorzy.

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017

Aleksandra Łoś
Michał Schulz
Patrycja Skowronek
Justyna Tyszczuk
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Katedra Biologicznych Podstaw Produkcji Zwierzęcej
Wydział Biologii, Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki
e-mail: los-aleksandra@o2.pl

Pszczoły miodne jako organizmy modelowe do badania mechanizmów epigenetycznych na przykładzie metylacji DNA

HONEY BEES AS MODEL ORGANISMS FOR TESTING EPIGENETIC MECHANISMS ON THE EXAMPLE OF DNA METHYLATION

STRESZCZENIE

Metylacja DNA jest epigenetycznym mechanizmem polegającym na modyfikacji ekspresji genów poprzez przyłączenie grupy metylowej (CH_3). Najpowszechniejszym modelem metylacji jest kowalencyjne dołączenie do piątego węgla cytozyny grupy CH_3 przez enzymy z rodziny metylotransferaz. Powstaje w ten sposób 5- metylocytozyna. Zmetylowane geny nie ulegają ekspresji. Badanie tego mechanizmu u ludzi jest niezwykle skomplikowane. Stąd potrzebny jest organizm modelowy, który będzie miał bardzo podobny do ludzkiego schemat metylowania genów. Organizm taki powinien mieć zsekwencjonowany genom, małe rozmiary i cechować się szybką reprodukcją. Idealnym zwierzęciem w tym przypadku okazuje się pszczoła miodna (*Apis mellifera* L.). Owad ten jest wykorzystywany w badaniach geriatrycznych, nutrigenomice i farmakogenetyce.

Słowa kluczowe: metylacja DNA, epigenetyka, pszczoła miodna, *Apis mellifera*, organizm modelowy.

ABSTRACT

DNA methylation is an epigenetic mechanism that modifies gene expression by attaching the methyl group (CH_3). The most common model of methylation is the covalent attachment the CH_3 group to the fifth carbon of cytosine in DNA by the methyltransferase. In this way 5-methylcytosine is formed. The methylated genes are not expressed. The study of this mechanism in humans is extremely difficult. Hence, there is need for a model organism that will have a very similar gene methylation mechanism. The model should also have a sequenced genome, small size and a fast reproduction. The perfect animal in this case turns out to be a honey bee (*Apis mellifera* L.). This insect is used in geriatric, nutrigenomic and pharmacogenetic research.

Key words: DNA methylation, epigenetics, honey bee, *Apis mellifera*, model organism.

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017

Metylacja DNA

Metylacja jest jednym z mechanizmów epigenetycznych. Jest to modyfikacja DNA polegająca na dołączeniu grupy metylowej (CH_3) do nukleotydów, najczęściej przy piątym węglu cytozyny, leżącej tuż obok guaniny (MOCZEK I SNELL-ROOD, 2008). Grupa metylowa może również kowalencyjnie przyłączyć się do atomu azotu znajdującego się przy czwartym węglu cytozyny oraz do azotu przy szóstym węglu adeniny (ŁUKASIK I IN., 2009) (rys.1).

Metylacji DNA sprzyja charakterystyczna budowa genu. Część strukturalna genu to fragment DNA posiadający informację genetyczną o produkcie, złożona z eksonów i intronów, a przy krańcowych eksonach zakończona nieulegającą transkrypcji sekwencją UTR (ang. untranslated region) (BĄCZKOWSKI I IN., 2005). Część regulatorowa genu jest złożona z wyciszacza, wzmacniacza i promotora (rys.2). Promotor w swoim składzie posiada: sekwencję TATA box (niezbędną do przyłączania polimerazy II), sekwencję CAAT box oraz wysepkę CpG (cytozyna – wiązanie fosfodiestrowe – guanina) składającą się z licznych powtórzeń zasad CG (CHARON I ŚWITOŃSKI, 2004; STRACHECKA I IN., 2012). Metylacja polega na opleceniu grupami metylowymi promotorowej części genu w obrębie wysepki CpG. Uniemożliwia to transkrypcję i tym samym wycisza funkcję zmetylowanego genu.

Istnieją geny o małej ilości wysepek CpG (ang. low-CpG) oraz o ich zwiększonej liczbie (ang. high-CpG). Są one zaangażowane w różne procesy biologiczne. Geny low-CpG ulegają głównie hipermetylacji (nadmiernemu zmetylowaniu), chociaż biorą udział w metabolizmie, ubikwitynacji, ekspresji genów i translacji. Natomiast geny high-CpG biorą udział w hipometylacji (odmetylowywaniu) i są niezbędne w procesach rozwoju, komunikacji komórkowej i adhezji (ELANGO I IN., 2009). Grupy metylowe dzięki enzymom z rodziny DNA-metylotransferaz wędrują pomiędzy wyspami CpG różnych genów – z jednych są odłączane (aktywacja genów), a do innych przyłączane (wyciszanie). Donorami reszt metylowych jest S-adenozylo-L-metionina (AdoMet), która po zajściu reakcji zamienia się w S-adenozylo-L-homocysteinę (LYKO I MALESZKA, 2011).

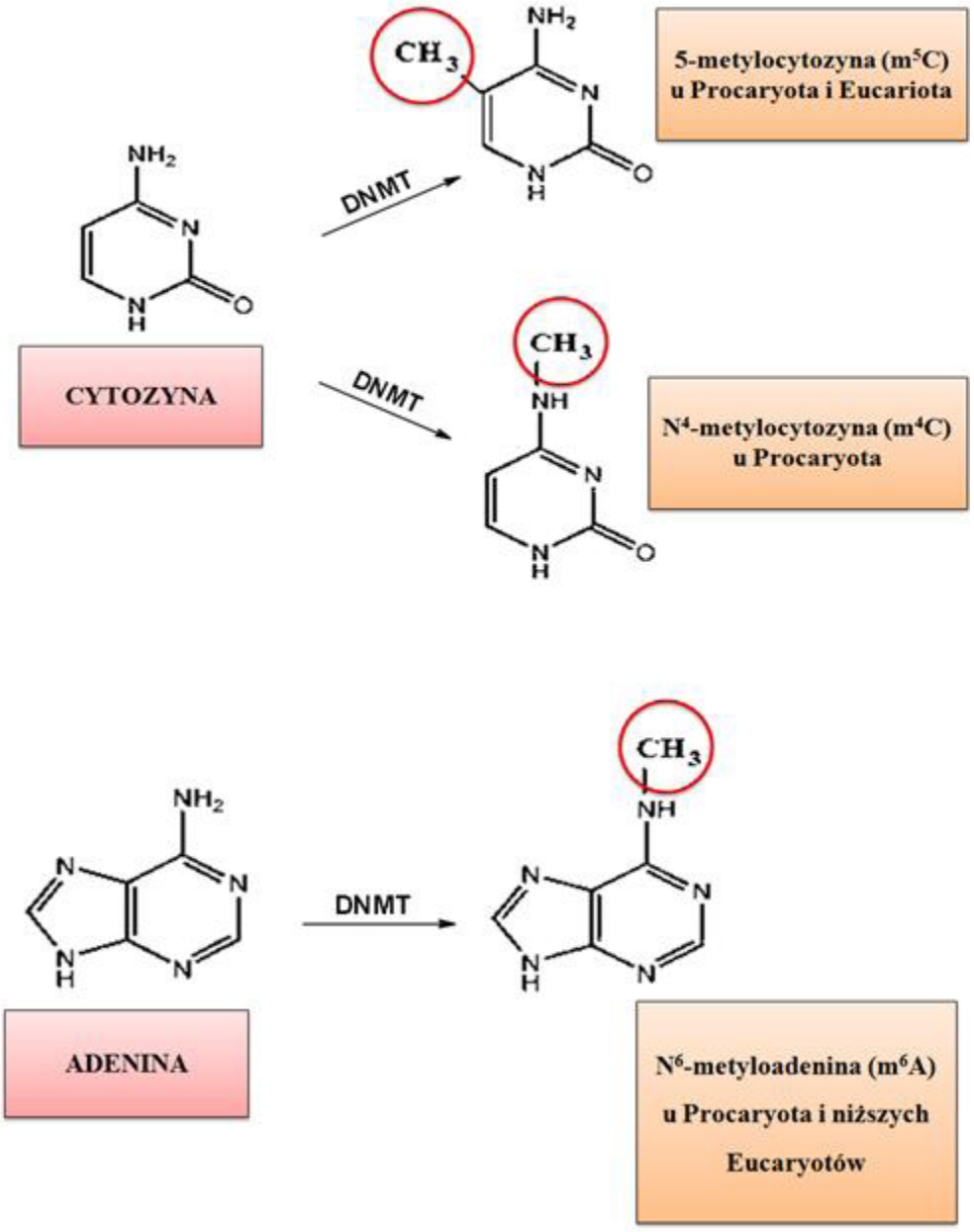
Oprócz dobrze poznanej metylacji promotorów genów DNA zachodzi także metylowanie w eksonach. Dokładne poznanie mechanizmu epigenetycznego blokującego sekwencje kodujące genów pozwoliłoby na zrozumienie funkcjonowania ludzkiego genomu (BRENET I IN., 2011).

DNA-metylotransferaza (Dnmt)

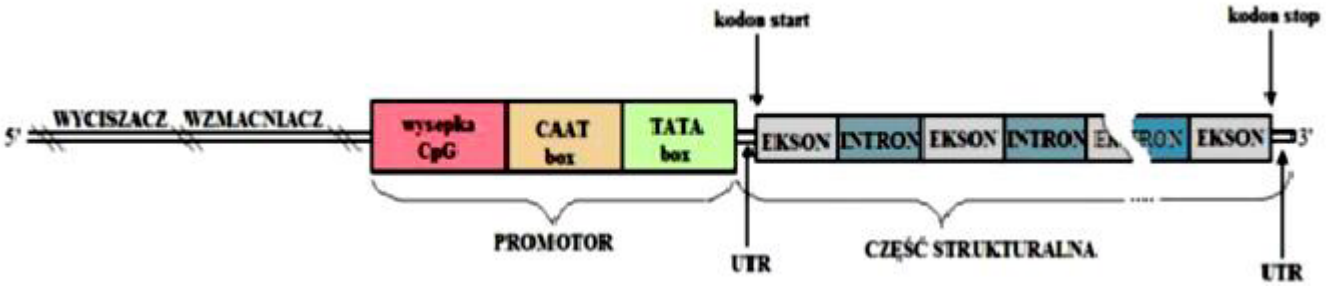
DNA-metylotransferaza (Dnmt) jest enzymem powszechnie występującym u różnych organizmów. Eksperymentalnie potwierdzono, że enzymy z grupy metylotransferaz są niezbędne do życia, a organizm pozbawiony Dnmt umiera. Odkrycie struktur DNA z rodziny cytozyn-5-metylotransferaz u pszczół oraz podobne odkrycia w genomach innych stawonogów pozwoliły rozwinąć badania nad epigenomem. U pszczół znajduje się pełny zestaw genów należący do trzech podrodzin: Dnmt1, Dnmt2 i Dnmt3 - jest on prawie identyczny z zestawem znajdującym się w genomie ssaków, w tym ludzi (KUCHARSKI I IN., 2008). Enzymy te uczestniczą w przenoszeniu reszty metylowej (ŁUKASIK I IN., 2009). Podczas rozwoju embrionalnego organizmu i procesu różnicowania się komórek, Dnmt3 katalizuje metylację *de novo*, następnie za przekazywanie stałego profilu metylacji podczas podziałów komórkowych jest odpowiedzialna Dnmt1. Dnmt2 wykazuje niską aktywność na DNA, wyższą natomiast w stosunku do specyficznych molekuł tRNA, jednak właściwa rola Dnmt2 jest jeszcze niezbadana (CANESTRO I IN., 2007). U ssaków funkcjonują trzy aktywnie

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017



Rys.1. Miejsce przyłączania się grupy metylowej.



Rys.2. Budowa genu.

działające metylotransferazy: Dnmt1 oraz dwa rodzaje z grupy Dnmt3: Dnmt3a i Dnmt3b.

Dzięki działalności enzymu Dnmt1 w komórkach ssaków jest utrzymywany wzór metylacji DNA. Jego zadaniem jest rozpoznawanie hemimetylowanych dinukleotydów CpG na potomnej i matczynej nici DNA (STRACHECKA I IN., 2012). Dnmt1 jest odpowiedzialny niemalże za całość metylacji (97-99,9%) podczas mitozy (ŁUKASIK I IN., 2009; WANG I LEUNG, 2009). Uważa się, że do zadań tego enzymu należy uczestnictwo w kontroli cyklu komórkowego, a także udział w kondensacji chromatyny (poprzez łączenie się enzymu z białkami uczestniczącymi w tym procesie) (OLSZEWSKA I KRUPISZ, 2010). Ta forma Dnmt nazywana jest „zachowawczą" metylotrasferazą (KOSTKA I URBANEK, 2005). Dnmt1a i Dnmt1b pszczół są ze sobą w 70% identyczne, natomiast z ludzkim Dnmt1 w 55%.

Enzym Dnmt2 ma podobną strukturę do Dnmt1 (STRACHECKA I IN., 2012), jednak nie wykazuje aktywności katalitycznej w badaniach *in vitro*. Może się łączyć z DNA tworząc z nim niedenaturujący kompleks białkowo-nukleotydowy. Nie wiadomo jednak, czy kompleks ten powstaje w warunkach *in vivo* czy *in vitro*. Badania nad znaczeniem Dnmt2 w procesie metylacji wciąż trwają. Eksperyment, w którym pozbawiano myszy tego enzymu, nie wykazał u nich żadnych widocznych zmian fenotypowych (ROGALSKA, 2010).

W stadium zarodkowym organizmu ssaków największą aktywność, spośród wszystkich grup metylotransferaz, wykazują enzymy: Dnmt3a i Dnmt3b. Działania obu enzymów uzupełniają się nawzajem i częściowo na siebie zachodzą, ale występując pojedynczo nie spełniają one prawidłowo swojej funkcji. Dnmt3a i 3b są ważne w trakcie ustalania wzoru metylacji. Ich znaczenie zmniejsza się po zajściu procesu różnicowania komórkowego. Badania przeprowadzone na myszach transgenicznych wykazały, że DNA organizmu pozbawionego tych enzymów zostaje hipometylowane, a organizm ginie w stadium zarodkowym lub tuż po narodzinach (OLSZEWSKA I KRUPISZ, 2010). Pszczele Dnmt3 są podobne w ponad 60% do domen katalitycznych Dnmt3a i Dnmt3b występujących u ludzi (WANG I IN., 2006).

Pszczoły mogą dostarczyć nam wiedzy na temat epigenomu oraz kontroli ekspresji genów, które w sposób analogiczny zachodzą u człowieka (KUCHARSKI I IN., 2008).

Rola i znaczenie metylacji DNA

Metylacja to proces niezbędny do prawidłowego funkcjonowania komórek, przekazywana jest w procesie replikacji i podczas podziałów komórkowych (CANESTRO I IN., 2007). Modyfikacja ta ma bezpośredni wpływ na proces transkrypcji. Geny, których wysepki CpG zostały zmetylowane nie ulegają ekspresji. Metylacja to mechanizm wyciszający transpozony, regulujący rozwój tkankowy i redukujący chaos transkrypcyjny (MOCZEK I SNELL-ROOD, 2008; SUZUKI I BIRD, 2008). Przyłączanie grupy metylowej związane jest również z modulacją struktury chromatyny i imprintingiem rodzicielskim. Promotory podczas rozwoju organizmu ulegają dynamicznej metylacji. Proces ten odgrywa ogromną rolę zarówno podczas rozwoju, jak i starzenia się organizmu (ŁUKASIK I IN., 2009).

Metylacja DNA w czasie starzenia się człowieka odpowiada za zanikanie aktywności genów odpowiedzialnych za: metabolizm cholesterolu, detoksykację, obronę immunologiczną, produkcję hormonów płciowych, odnowę tkanek, zapamiętywanie oraz naukę, zapobiegających demencji, przeciwzapalnych, przeciw apoptozie oraz antyonkogenów. Liczne geny zostają wyciszone z wiekiem, a stosunkowo mały procent jest uaktywniany, np.: onkogeny, geny odpowiadające

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017

za przewlekłe zapalenia, geny odpowiedzialne za wyciszanie innych genów. Procesy zachodzące w DNA wpływają na obniżenie detoksyfikacji organizmu, obniżenie odporności, zmniejszenie produkcji hormonów płciowych, pojawienie się zmian zapalnych w stawach, przyspieszenie miażdżycy tętnic oraz związane są z upośledzeniem odnowy tkanek (przyspieszenie siwienia i łysienia, paradontoza, powstawanie zmarszczek) (BURZYŃSKI, 2008). Profil metylacji jest różny dla genomu człowieka zdrowego i chorego. Dzięki ocenie stopnia zmetylowania DNA możemy zweryfikować stan aktywności genów. Wzór metylacji umożliwia określenie czy jest ona fizjologiczna czy patologiczna, dzięki temu możemy zdiagnozować chorobę (ŁUKASIK I IN., 2009). Zaburzenie stopnia zmetylowania genomu może odbywać się w dwojaki sposób. Hipometylacja to zmniejszenie ilości grup metylowych w regionach genomu, które przy prawidłowej ekspresji genów pozostają zmetylowane. Hipermetylacja jest zaś przyłączeniem się grup metylowych w miejscach, które nie ulegają metylacji w normalnym genomie (SMAGACZ I IN., 2008). Nadmierna metylacja promotorów genów supresorowych prowadzi do zaburzenia profilu epigenetycznego oraz powoduje nowotworzenie (STRACHECKA I IN., 2012). Metylacja DNA została powiązana także z wieloma innymi chorobami np. zespołem Beckwitha-Wiedmana, zespołem Anglemana, czy chorobą Pradera-Williego (CHRISTENSEN I IN., 2009; DMITRZAK-WĘGLARZ I HAUSER, 2009).

Badania nad metylacją DNA pozwalają na wykorzystywanie zdobytej wiedzy w praktyce, poprzez: (1) otrzymywanie nowych modeli do badań (jest jednym z mechanizmów pozwalających otrzymywać zwierzęta z knock-outem genowym); (2) stosowanie w diagnostyce molekularnej (tworzenie nowych markerów np. do wykrywania nowotworów); (3) w piętnowaniu genomowym / imprintingu rodzicielskim (polega na różnym stopniu metylacji genów oraz histonów w zestawie alleli pochodzącym od rodziców) (OLSZEWSKA I KURPISZ, 2010). Rozwój wiedzy dotyczący metylacji DNA jest szczególnie ważny dla różnych gałęzi medycyny – zarówno tej eksperymentalnej, jak i medycyny personalnej oraz diagnostyki (LEWANDOWSKI I IN., 2011). Badania nad metylacją wymagają wykorzystania taniego i łatwego do utrzymania zwierzęcia modelowego, które umożliwi szybkie przeprowadzanie doświadczeń i otrzymywanie wyników do analiz.

Pszczoły miodne jako organizmy modelowe

Organizm modelowy musi spełniać wiele kryteriów, aby zaspokoić oczekiwania naukowców. Pozyskiwanie i utrzymanie materiału do badań powinno być łatwe i tanie, aby badania przebiegały sprawnie oraz na odpowiedniej liczebności osobników (PALEOLOG, 2012). Zwierzę stanowiące model musi być dobrze poznane. Uzyskanie materiału badawczego powinno odbywać się możliwie jak najszybciej. Prawdopodobieństwo przeprowadzenia wiarygodnych powtórzeń na danym organizmie jest równie ważne. Najważniejsza jest jednak możliwość przełożenia uzyskanych wyników na model ludzki i ich wykorzystanie w praktyce (JERZMANOWSKI, 2003).

W przypadku badań nad metylacją DNA pszczoła miodna (*Apis mellifera*) jest idealnym organizmem modelowym. Spełnia ona konieczne kryteria lepiej od innych zwierząt laboratoryjnych. Genom pszczoły miodnej był czwartym, spośród poznanych w całości, owadzich genomów (SMAGACZ I IN., 2008).

Pszczoły ze względu na eusocjalny sposób życia i podobieństwo lub genetyczną identyczność spokrewnionych osobników pozwalają na przeanalizowanie zmian metylacyjnych DNA w szerokim zakresie. Wysoka

kastowa specyficzność i duże różnice w długości życia są także okazją do identyfikacji naturalnie występujących genów zaangażowanych w procesy starzenia (KELLER I JEMIELITY, 2006). Dodatkowo rola pszczoły w środowisku i gospodarce sprawia, że poznanie mechanizmów dotyczących jej samej jest równie ważne, jak ich przełożenie na człowieka. Pszczoły zapylają około 80% ziemskiej flory, co czyni je niezbędnym składnikiem biocenoz lądowych (PALEOLOG, 2011). Pszczoła posiada także inne zalety zwierzęcia modelowego takie jak: mały rozmiar, szybka reprodukcja i łatwość hodowli. W przypadku prowadzenia badań na bezkręgowcach nie występują również kontrowersje etyczne (JERZMANOWSKI, 2003; PALEOLOG, 2012). Z tego względu pszczoły wykorzystywane są w biomedycznych badaniach laboratoryjnych jako organizmy modelowe.

Materiał genetyczny pszczoły składa się z 16 chromosomów, które są zbudowane z 10 000 genów, a te z kolei z 265 000 000 nukleotydów (NATURE, 2006). Z ponad 60 000 000 cytozyn znajdujących się w genomie pszczoły tylko ok. 70 000 jest zmetylowanych (LYKO I IN., 2010). W mózgu pszczół znajduje się 80% genów podlegających u nich metylacji (BARCHUK I IN., 2007). Wzorce metylacji mózgu są unikalne dla dróg rozwojowych poszczególnych kast pszczelich (LYKO I IN., 2010).

Większość genów *Apis mellifera* nie jest metylowana w miejscu występowania wysepek CpG, ale na odcinkach gdzie znajdują się eksony. Metylacja eksonów jest powszechnie zachodzącym procesem również u ludzi, jednak jej mechanizm jest jeszcze mało znany (STRACHECKA I IN., 2012). Wiadomo, że taki sposób metylacji pozwala na zmianę ekspresji genów oraz regulowanie procesów splicingu (tzn. usunięcia intronów i połączenie eksonów z prekursorowego mRNA organizmów eukariotycznych) w odpowiedzi na bodźce środowiskowe. Metylacja eksonów ma miejsce przy wykształceniu odporności i oporności immunologicznej, a także przy kształtowaniu plastyczności mózgu oraz pamięci u pszczół. Te same geny występujące u robotnic i matek różnią się między sobą stopniem zmetylowania eksonów (LYKO I IN., 2010; LYKO I MALESZKA, 2011). Konsekwencją zachodzenia tego zjawiska jest występowanie różnic fenotypowych między osobnikami o tym samym genotypie.

Stopień zmetylowania genomu jest inny dla przedstawicieli poszczególnych kast pszczelich. Wraz z wiekiem poziom metylacji genów rośnie – u dorosłych pszczół jest wyższy niż u larw – dorosła matka 5,3%, dorosła robotnica 5,3%, larwa matki 3,0%, larwa robotnicy 3,3% zmetylowania DNA (STRACHECKA I IN., 2012).

U matek pszczelich wykryto 5 genów regulujących metabolizm azotu podczas gdy żaden z tych genów nie jest obecny u robotnic (BARCHUK I IN., 2007). Dzięki tym genom rozwój matki jest przesunięty w kierunku wzrostu ogólnego (LYKO I IN., 2010). We wszystkich badanych stadiach rozwoju larw zaobserwowano, że u robotnic znajduje się 50% genów rozwojowych, które są odpowiedzialne za powstawanie charakterystycznych organów. U matek odsetek takich genów jest o wiele niższy (BARCHUK I IN., 2007).

Gen Hex110 jest przykładem genu wykazującego zróżnicowaną metylację na poziomie różnych stadiów rozwojowych u poszczególnych kast. U pszczoły miodnej występują cztery odmiany tego genu. Hex70a występuje zarówno w surowicy larw, jak i w ciele tłuszczowym dorosłych osobników. Natomiast odmiany 70b i 70c oraz 110 mają wysoki poziom w okresie larwalnym, ale wraz z biegiem czasu ich ilość maleje. Heksameryna 110 występuje zarówno u matek, jak i u robotnic z osieroconych rodzin i u osobników ze zwiększoną ilością jajników. Metylacja tego genu wzrasta wraz z wiekiem (IKEDA I IN., 2011).

Geny wykazujące niski poziom me-

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017

tylacji mają mało ortologów w porównaniu do genów o wysokim stopniu zmetylowania. Geny podatne na metylację wykazują również większą ochronę sekwencji DNA niż inne geny. Wykazano także, że metylacja DNA zwiększa występowanie mutacji wysepek CpG i w konsekwencji może prowadzić do rozbieżności między sekwencjami DNA poszczególnych osobników (HUNT I IN., 2010). Szacuje się, że u pszczół około 40% genów wykazuje deficyt grup CpG (WANG I LEUNG, 2009). Wyczerpywanie się dinukleotydu CpG jest skutkiem mechanizmów metyzacji (ELANGO I IN., 2009).

Podsumowanie

Przedstawione odkrycia i obserwacje wskazują na znaczenie procesów epigenetycznych. Zróżnicowany rozwój osobników o tym samym genomie pozwala badać to zjawisko. Istotnym aspektem jest wpływ środowiska (w tym diety) na przedstawicielki poszczególnych kast pszczelich. Różnice anatomiczne pszczół, pełnione przez nie funkcje, ich długość życia oraz zachodzenie procesów starzenia wynikają z odmiennego stopnia zmetylowania genomu.

Metylacja DNA to mechanizm następujący nie tylko podczas procesów rozwoju i starzenia się organizmu. Na tę modyfikację epigenetyczną wpływa środowisko, sposób życia oraz wewnętrzne zmiany organizmu. Jest wiele czynników, które mogą przyspieszyć lub opóźnić zmiany powstające na skutek metylacji.

Katalizatorami tego procesu są: związki chemiczne, takie jak nikiel i chrom, promieniowanie rentgenowskie, czynniki mutagenne i genetyczne, a także obecność w diecie substancji będących źródłem grup metylowych (BURZYŃSKI, 2008). Suplementacja diety ma duże znaczenie dla poziomu globalnej metylacji organizmu. Udowodniono, że pszczoły żywione kofeiną, CoQ10, kapsaicyną i kurkuminą mają niższy stopień zmetylowania genomu niż ich siostry w tym samym wieku z grupy kontrolnej. Najefektywniej działają kofeina i kapsaicyna, ograniczając przyłączanie grup metylowych do DNA i tym samym redukując wyciszanie określonych genów (STRACHECKA I IN., 2014). Również spożywanie piperyny wraz z posiłkami obniża poziom modyfikacji epigenetycznych (BURZYŃSKI, 2008). Pszczoły o tym samym genomie wykazują odmienny stopień metylacji przekształcając się z larw w robotnicę albo w żywioną dużą ilością mleczka pszczelego matkę.

Wnioski wyciągnięte z doświadczeń na bezkręgowcach pozwoliły na podjęcie badań mających na celu sprawdzenie jaki wpływ ma dieta na rozwój ssaków (SNELL-ROOD I IN., 2013). W badaniach nad wpływem odżywiania szczurów na rozwój ich procesów metabolicznych stwierdzono, że są one lepiej rozwinięte u osobników których matki w czasie ciąży karmiono odmienną dietą. Stymulacja środowiskowa, taka jak dieta, wpływa na epigenetyczny stan genomu i wywołuje ekspresję genów poprzez modyfikację schematów metylacji DNA i acetylacji histonów (KUCHARSKI I MALESZKA, 2008). Korzystając z tych informacji człowiek może starać się regulować procesy epigenetyczne zachodzące w jego organizmie oraz hodowanych przez niego zwierząt. Obniżenie metylacji organizmu poprzez spożywanie odpowiednich substancji, prowadzenie zdrowego trybu życia i unikanie czynników przyspieszających metylowanie opóźnia proces starzenia i objawy z nim związane.

Literatura

BARCHUK A., CRISTINO A., KUCHARSKI R., COSTA L., SIMÕES Z., MALESZKA R. 2007. Molecular determinants of caste differentiation in the highly eusocial honeybee *Apis mellifera*. BMC Develop mental Biology. 7. 1–19.

BĄCZKOWSKI K., MACKIEWICZ P., KOWALCZUK M., BANASZAK J., CEBRAT S. 2005.Od sekwencji do funkcji – poszukiwanie genów i ich adnotacje. Biotechnologia. 3. 22–44.

BRENET F., MOH M., FUNK P., FEIERSTEIN E., VIALE A., SOCCI N., SCANDURA J. 2011. DNA Methylation of the First Exon Is Tightly Linked to Transcriptional Silencing. PloS one. 6(1), 14524.

BURZYŃSKI S. 2008. Mechanizmy wyciszania genów. Geny życia. Wyd. Farmapress.

CANESTRO C., YOKOI H., POSTLETHWAIT J. 2007. Evolutionary developmental biology and genomics. Reviews. 12. 932–942.

CHARON K., ŚWITOŃSKI M. 2004.Genetyka zwierząt.Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa. 57–59.

CHRISTENSEN BC, HOUSEMAN EA, MARSIT CJ, ZHENG S, WRENSCH MR, ET AL. 2009. Aging and Environmental Exposures Alter Tissue-Specific DNA Methylation Dependent upon CpG Island Context. PLoS Genet. 5(8). 1–13.

DMITRZAK-WĘGLARZ M., HAUSER J. 2009. Mechanizmy epigenetyczne w chorobach psychicznych i zaburzeniach funkcji poznawczych. Psychiatria. 6. 51–60.

ELANGO N., HUNT B., GOODISMAN M., YI S. 2009. DNA methylation is widespread and associated with differential gene expression in castes of the honeybee, *Apis mellifera*. PNAS. 27. 11206–11211.

HUNT B., BRISSON J., YI S., GOODISMAN M. 2010. Functional conservation of DNA methylation in the Pea Aphid and the Honeybee. Genome Biol. Evol. 2. 719–728.

IKEDA T., FURUKAWA S., NAKAMURA J., SASAKI M., SASAKI T. 2011. CpG methylation in the hexamerin 110 gene in the European honeybee, *Apis mellifera*. J. InsectSci. 74. 1–11.

JERZMANOWSKI A. 2003. Organizmy modelowe w badaniach biologicznych. Biologia w szkole. Z zagadnień współczesnej biologii. 3. 68–69.

KELLER L., JEMIELITY S. 2006. Social insects as a model to study the molecular basis of ageing. ExpGerontol. 41. 533–556.

KOSTKA G., URBANEK K. 2005. Metylacja DNA – alternatywny mechanizm chemicznej kancerogenezy. Roczn. PZH 1. 1–14.

KUCHARSKI R., MALESZKA J., MALESZKA R. 2008. Nutritional control of reproductive status in honeybees via DNA methylation. Science. 319. 1827–1830.

LEWANDOWSKI R., ROSZKOWSKI K., LEWANDOWSKA M. A. 2011. Personalized medicine in oncology: vision or realistic concept? Contemporary oncology. 15. 1–6.

LYKO F., FORET S., KUCHARSKI R., WOLF S., FALCKENHAYN C., MALESZKA R. 2010.The Honey Bee Epigenomes: Differential Methylation of Brain DNA in Queens

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017

and Workers. PlosBiology. 8. 1–12.

LYKO F., MALESZKA R. 2011. Insects as innovative models for functional studies of DNA methylation.Trends Genetics. 27. 127–164.

ŁUKASIK M., KARMALSKA J., SZUTOWSKI M., ŁUKASIEWICZ J. 2009. Wpływ metylacji DNA na funkcjonowanie genomu. Biuletyn Wydziału Farmaceutycznego Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego. 2. 13–18.

MOCZEK A., SNELL-ROOD E. 2008. The basis of bee-ing different: the role of gene silencing in plasticity. Evolution & development. 10. 511–513.

NATURE 443 2006. The Honeybee Genome Sequencing Consortium: Insight into social insects from the genome of the honeybee *Apis mellifera*. 931–949.

OLSZEWSKA M., KURPISZ M. 2010. Metylacja i jej rola regulacyjna wobec rodzicielskiego piętna genomowego. Postępy hig. med. dośw. 64. 642–649.

PALEOLOG J. 2011. Pszczoły - ochrona zasobów genetycznych, [w:] Litwińczuk Z.: Ochrona zasobów genetycznych zwierząt gospodarskich i dziko żyjących. PWRiL. Warszawa.

PALEOLOG J. 2012. Pszczoły jako model doświadczalny. XLIX Naukowa konferencja pszczelarska 13-14 marzec. 28–32.

ROGALSKA S. M. 2010. Metylacja DNA. Chromatyna. 128–147.

SMAGACZ O., KABAŁA-DZIK A., WOJTYCZKA R., RZEPECKA-STOJKO A., STOJKO J. 2008. Wykorzystanie procesu metylacji DNA u *Apis mellifera* w poznaniu mechanizmów zachodzących w genomie człowieka. XLV Naukowa konferencja pszczelarska. 165–166.

SNELL-ROOD EC, TROTH A, MOCZEK AP. 2013. DNA methylation as a mechanism of nutritional plasticity: limited support from horned beetles. J. Exp. Zool. (Mol. Dev. Evol.) 320B. 22–34.

STRACHECKA, A., OLSZEWSKI, K., PALEOLOG, J., BORSUK, G., BAJDA, M., KRAUZE, M., MERSKA M., CHOBOTOW, J. 2014. Coenzyme Q10 treatments influence the lifespan and key biochemical resistance systems in the honeybee, *Apis mellifera*. Archives of Insect Biochemistry and Physiology.

STRACHECKA A., PALEOLOG J., BORSUK G., OLSZEWSKI K., BAJDA M. 2012. Metylowanie DNA u pszczoły miodnej (*Apis mellifera*) i jego wpływ na badania biologiczne. Med. Weter. 68 (7), 391–396.

STRACHECKA A., PALEOLOG J., BORSUK G., OLSZEWSKI K., CHOBOTOW J., BAJDA M., ŁOŚ A. 2014. Wpływ wybranych suplementów diety na poziom globalnej metylacji DNA u robotnic *Apis mellifera*. LI Naukowa Konferencja Pszczelarska.

SUZUKI M.M., BIRD A. 2008.DNA methylation landscapes: provocative insights from epigenomics. Nature Reviews – Genetics. 8. 465–476.

WANG Y., JORDA M., MALESZKA R., LING X., ROBERTSON H., MIZZEN C., PEINADO M., ROBINSON G. 2006. Functional CpG methylation system in a social insect. Science. 314. 645-647.

WANG Y., LEUNG F. 2009. In silico pre-

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017

diction of two classes of honeybee genes with CpG deficiency or CpG enrichment and sorting according to gene ontology classes. J. Mol. Evol. 68. 700–705.

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017

Dariusz Kozik
Uniwersytet Śląski w Katowicach
Wydział Biologii i Ochrony Środowiska
Katedra Ekologii
ul. Jagiellońska 28
40-032 Katowice
e-mail: dkozik@us.edu.pl

ELEMENT GÓRSKI W DOLINIE SOŁY

MONTANE ELEMENT IN THE VALLEY OF THE SOŁA RIVER

STRESZCZENIE

Doliny górskich rzek stanowią jedne z najbogatszych florystycznie ekosystemów lądowych, a ich charakterystyczne ukształtowanie sprawia, że można spotkać tu szerokie spektrum ekologiczne gatunków. Wzmożona presja ze strony człowieka niszczy siedliska wielu cennych gatunków roślin, stąd też celem badań jest określenie na ile Soła, mimo silnej ingerencji człowieka w ciągłość siedlisk nadrzecznych wciąż zachowała siedliska odpowiednie dla gatunków o górskiej proweniencji. Soła to rzeka o górskim charakterze, przepływająca przez Kotlinę Żywiecką w województwie śląskim. By osiągnąć cel pracy, podzielono rzekę na 10 odcinków z dobrze zachowaną biologiczną obudową, na których dokonano spisu gatunków na brzegach doliny rzecznej. Zlokalizowano 11 górskich gatunków występujących z różną frekwencją wzdłuż biegu rzeki, przy czym 4/11 ma równomiernie rozmieszczone swoje stanowiska. Obecność górskiego elementu flory w dolinie rzeki świadczy o zachowaniu siedlisk odpowiednich dla gatunków górskich reprezentujących różne syntaksony, jednak w bardzo nierównomiernym stopniu.

Słowa kluczowe: dolina rzeki, migracja gatunków roślin, gatunki górskie.

ABSTRACT

The mountain river valleys are one of floristically the richest terrestrial ecosystems. Characteristically shaped mountain rivers valleys create conditions for a broad spectrum of species. Increased anthropogenic impact destroys habitats of many valuable species of plants, so the aim of this research is to ascertain whether valley of the Soła river can be the habitat for montane element of flora. The Soła river crosses the Żywiec Basin in the Silesian province. In order to reach the aim of this paper, the river valley was divided into 10 the best preserved sections. In these sections the species were noted on the river banks. Eleven mountain species with different frequency were located along the river however only 4 them were evenly distributed. The presence of the montane flora in the river valley indicates that the suitable habitats are preserved but in very irregular degree.

Key words: river valley, migration of plant species, montane species.

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017

Wstęp

Krajobraz dolin rzecznych stanowi jeden z najbogatszych w gatunki roślin ekosystem lądowy. Mnogość gatunków w dolinach górskich rzek jest następstwem mozaiki siedlisk utworzonej w wyniku dynamiki rzeki (WOLFE I IN., 2007; UZIĘBŁO I BARĆ, 2015). Koryta górskich rzek i potoków w porównaniu z rzekami nizinnymi są dodatkowo wyścielone materiałem skalnym w postaci otoczaków, które tworzą tzw. żwirowiska (WYŻGA I IN., 2008), a roślinność porastająca je, stanowi często nietrwałą pokrywę zielną. Okresowe zalewy dolin rzecznych, często w czasie wiosennych roztopów stanowią czynnik siedlisko twórczy, który odpowiada za charakterystyczny w świecie przyrody strefowy, zlokalizowany w poprzek doliny układ roślinności. Tak ukształtowane pasy roślinności wzdłuż cieku wodnego określane są mianem biologicznej obudowy rzeki, która stanowi ostoję m.in. dla górskich gatunków roślin (WAWRĘTY, 2007).

Według schematu nakreślonego powyżej, dobrze zachowane doliny rzek (tzn. z obecnością okresowych zalewów i kamieńców w korycie rzeki bez dodatkowych umocnień, z zachowaną ciągłością pasów roślinności) pełnią funkcję korytarza ekologicznego, który umożliwia migrację diaspor wszystkich gatunków roślin – stąd też gatunki górskie i wysokogórskie pojawiają się również w niższych położeniach (JANKOWSKI, 1995). Tematyką migracji gatunków górskich zajmują się naukowcy już od 1930 roku – wynikiem tych badań jest lokalizacja od ok. 100 gatunków górskich na polskim niżu (SZAFER, 1966) do 122 gatunków w późniejszych pracach (PARUZEL, 2016). Mimo, iż problematyka nie jest nowa, to w dalszym ciągu cieszy się zainteresowaniem wśród naukowców, którzy próbują dociec fenomenu obecności górskiego elementu flory na polskim niżu (ZAJĄC, 1996).

Górskie gatunki roślin można podzielić wg rozmieszczenia wysokościowego na kilka grup:

1) gatunki górskie – osiągające górną granicę lasu np. *Cardamine trifolia*, *Dentaria glandulosa*,
2) gatunki subalpejskie – rosnące powyżej górnej granicy lasu, ale również poniżej hal np. *Alnus viridis*, *Rumex alpinus*,
3) gatunki alpejskie – występujące w Tatrach, Karkonoszach i Babiej Górze (*Pulsatilla alba*, *Viola alpina*);
4) gatunki ogólnogórskie – rosnące w górach, równomiernie rozmieszczone z dużą częstością (*Petasites kablikianus*, *Cardaminopsis halleri*) (SZAFER, 1966).

Mimo wyznaczenia ww. grup, granica między nimi jest bardzo płynna, bowiem obok granic wysokościowych, decydujące znaczenie ma również odpowiednie siedlisko – stąd gatunek subalpejski, znajdując odpowiednie dla siebie siedlisko może znaleźć się w niższych położeniach górskich. Obecność gatunków górskich w niższych położeniach oraz na niżu może być wynikiem albo współczesnych wędrówek roślin, albo tych z okresu zlodowacenia – wtedy, gatunki górskie na niżu, są uważane za relikty epoki lodowcowej (SZAFER, 1966). Z drugiej strony, ich obecność na niżu może być związana z dłuższą niż w górach działalnością lodowca, przez co gatunki górskie migrując w niższe położenia znajdują na niżu odpowiednie dla siebie siedliska i nie mogą być wówczas traktowane jako relikty (ZAJĄC, 1996). Obecność górskiego elementu flory na niżu wg innej hipotezy jest możliwa dzięki działalności człowieka (WIĘCŁAW I CIACIURA, 2005).

Doliny potoków i rzek górskich są potencjalnym miejscem występowania górskiego elementu flory, pod warunkiem zachowania odpowiednich dla nich siedlisk. Zagrożeniem dla nadrzecznych roślin jest dziś rozerwanie ciągłości lasów łęgowych, zarośli i ziołorośli, które porastają brzegi doliny rzecznej (ŻELAZO, 2009). Wycinka drzew, ingerencja

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017

w koryto rzeki i regulacja jej brzegów przyczynia się do redukcji siedlisk odpowiednich dla gatunków aluwialnych (WYŻGA I IN., 2008; BACUŁA, 2011) i bardziej wymagających gatunków górskich, które w czasie nasilonej antropopresji nie znajdują odpowiednich dla siebie siedlisk (PASZKIEWICZ-JASIŃSKA, 2015). Górskie rzeki, od II połowy XX wieku do dnia dzisiejszego są osią turystyki, a rozwijające się osadnictwo turystyczne obszarów górskich podchodzi coraz bliżej koryt rzek, przyczyniając się do degradacji kolejnych siedlisk (TKOCZ, 2007).

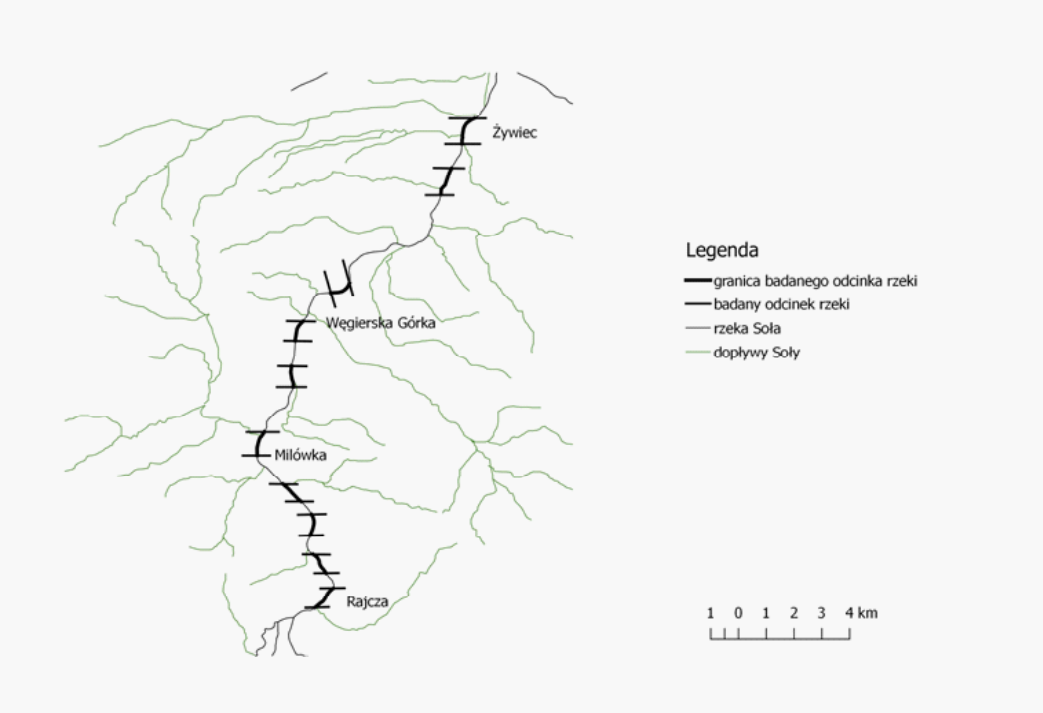
Siedliska występujące w dolinach rzecznych na terenie Unii Europejskiej są traktowane jako siedliska priorytetowe, warte objęcia ochroną w postaci obszarów Natura 2000. To pociąga za sobą konieczność prawnej ochrony ekosystemów nadrzecznych oraz zakaz wszelkich negatywnych działań ze strony człowieka (FAGIEWICZ I IN., 2007). Mimo to, wskutek antropopresji, w Polsce zostało zniszczonych ok. 95% lasów łęgowych, co doprowadziło do sytuacji, w której mówimy o zagrożonych wyginięciem nadrzecznych zbiorowiskach łęgowych (WAWRĘTY, 2007). W aspekcie powyższych informacji, celem badań niniejszej pracy jest określenie na ile dolina Soły, mimo znacznych przekształceń, jest siedliskiem górskich gatunków roślin.

Teren badań

Badania prowadzono nad górską rzeką Soła (rys. 1), która przepływa przez Kotlinę Żywiecką, w zachodniej części Beskidów w województwie śląskim - począwszy od górnego biegu rzeki płynącej przez wsie i przysiółki w kierunku miasta Żywiec (KONDRACKI, 2000).

Obszar badań w znacznej części znajduje się pod wpływem mas powietrza polarno-morskiego, które w sezonie letnim przynoszą ochłodzenie i intensywny opad. Nieco rzadziej, nad Sołę w lecie dostarczane jest ciepłe powietrze niesione przez polarno-kontynentalne masy powietrza, które zimą doprowadzają do inwersji termicznej – temperatura powietrza w kotlinach jest niższa, aniżeli na szczytach otaczających je gór (ZIĘTARA, 1976).

Ukształtowanie doliny i jej lokalizacja



Rys. 1. Rozmieszczenie badanych odcinków rzeki.

sprawią, że mamy do czynienia z tzw. wiatrami dolinnymi, które są aktywne w dzień a ich kierunek skierowany jest od doliny do gór, z kolei wiatry górskie wieją w odwrotnym kierunku (ZIĘTARA, 1976).

Intensywne opady deszczu związane często z wylewem wody poza koryto Soły, przypadają na maj, czerwiec, lipiec i sierpień. Z kolei roztopy śniegu, który zalega niecałe 4 miesiące, nawadniają badany obszar w kwietniu, a w niżej położonych częściach rzeki już w marcu (ZIĘTARA, 1976). Dodatkowo, rozbudowana sieć hydrograficzna obszaru (rys. 1) sprawia, że Soła odznacza się dużą amplitudą przepływów oraz stanów wód (ZIEMOŃSKA, 1973).

W wyniku połączenia kilku potoków w miejscowości Rajcza swój bieg rozpoczyna Soła (ZIĘTARA, 1976).

Na uwagę zasługują również gleby, które sąsiadują z korytem rzeki. Gleby te o słabo wykształconym profilu glebowym są płytkie i kamieniste, do tego stopnia, że aż 50% ich masy stanowi rumosz skalny (CHYLAK I KULIKOWSKI, 2009).

Metodyka badań

Na podstawie zdjęć satelitarnych GoogleMaps wytypowano dziesięć najlepiej zachowanych nadrzecznych fragmentów leśnych na odcinku Rajcza-Żywiec (rys. 1). W niniejszych badaniach, brano pod uwagę tylko te odcinki (każdy ok. 1 km długości), na których biologiczna obudowa rzeki była najlepiej zachowana, aniżeli te, gdzie pokrywa roślinna była zredukowana. Decyzja o tak wyznaczonych fragmentach została oparta o fakt, iż gatunki górskie są wrażliwie na antropogeniczne przeobrażenia środowiska (WIĘCŁAW I CIACIURA, 2005; MARTIN, 2013). Tak wrażliwe na działalność człowieka gatunki określa się mianem hemerofobów (WIĘCŁAW I CIACIURA, 2005).

Wyznaczone na mapie najlepiej zachowane fragmenty doliny rzecznej zostały potwierdzone w terenie, a spisu gatunków dokonano w sezonie wegetacyjnym w 2015 roku (dwukrotnie – na początku maja oraz w czerwcu i lipcu), w transekcie ok. 20 m od prawego i lewego brzegu rzeki w głąb lasu. Po lokalizacji obiektu badań pobrano jego koordynaty. W celu skartowania poszczególnych gatunków i wygenerowania map posłużono się programem QGIS ver. 2.16.3. Klasyfikacji górskich gatunków dokonano na podstawie atlas-roślin.pl. Przynależność syntaksonomiczną gatunków do klas: *Betulo-Adenostyletea*, *Phragmitetea*, *Querco-Fagetea*, *Artemisietea vulgaris* oraz *Salicetea purpureae*, została dokonana w oparciu o MATUSZKIEWICZA, 2008.

Odnotowane w terenie gatunki górskie podzielono na trzy grupy:
1) gatunki z największą liczbą odnotowanych stanowisk;
2) gatunki z dwoma i trzema stanowiskami;
3) gatunki odnotowane tylko raz.

Daty wykonania nowych umocnień na brzegu koryta rzeki oraz daty prac renowacyjnych istniejących już regulacji pobrano w sierpniu 2016 roku, z danych Zarządu Zlewni Soły i Skawy z siedzibą w Żywcu. Udostępnione dane pochodzą z okresu między 1996 a 2013 rokiem. Dokonane wtedy prace remontowe zaznaczono odcinkami na mapie wzdłuż biegu rzeki.

Wyniki

W ramach wyznaczonych odcinków, obecność gatunków górskich stwierdzono w lasach łęgowych doliny Soły. Na badanym odcinku rzeki – od Rajczy do Żywca zlokalizowano 11 przedstawicieli tej grupy gatunków – są nimi: *Petasites kablikianus*, *Geranium phaeum*, *Carduus personata*, *Salvia glutinosa*, *Alchemilla xanthochlora*, *Athyrium distentifolium*, *Epilobium alsinifolium*, *Cardamine trifolia*, *Prenanthes purpurea*, *Rumex*

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017

alpestris oraz *Senecio subalpinus*.

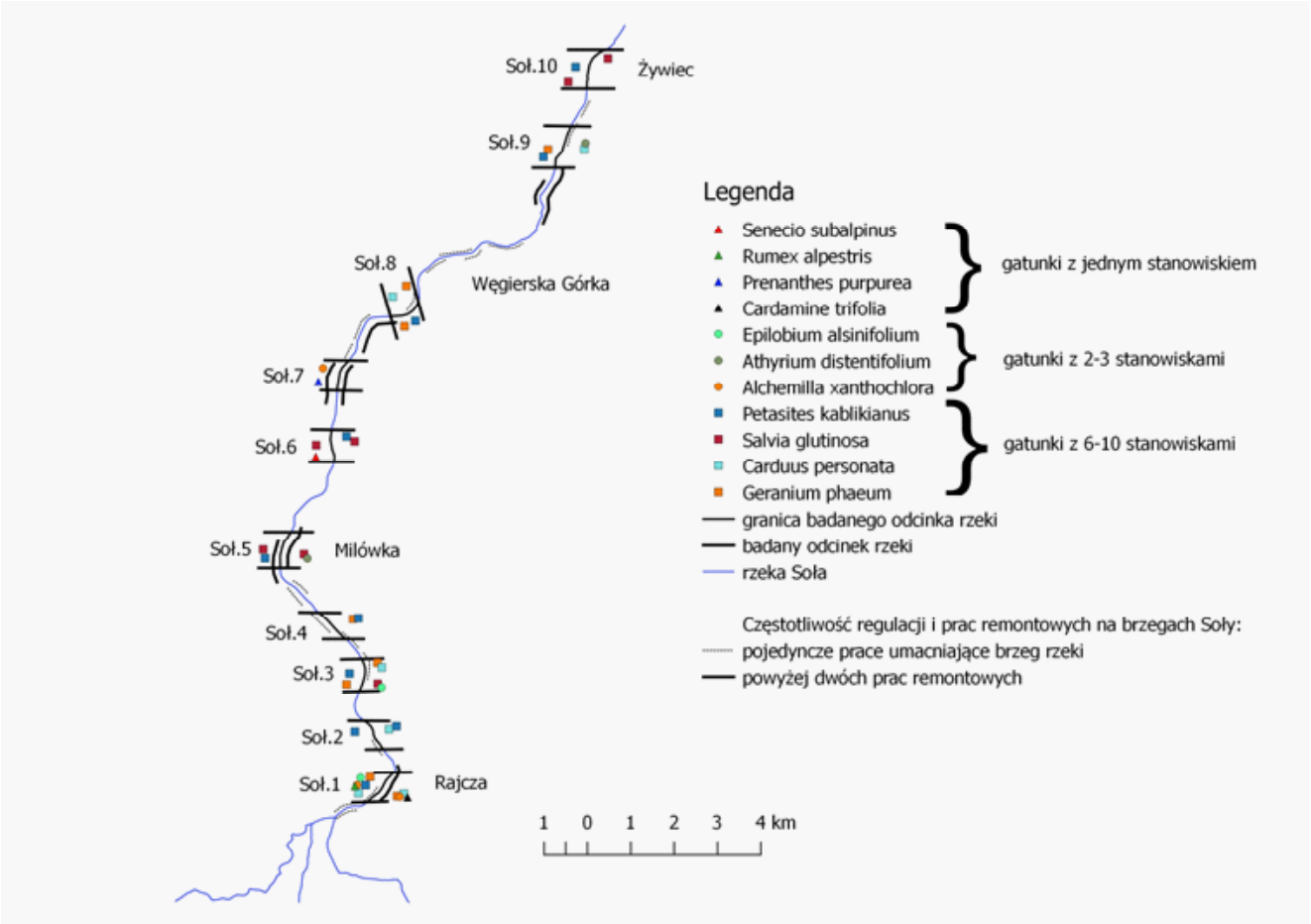
Pierwsza grupa gatunków górskich, charakteryzuje się równomiernym rozmieszczeniem wzdłuż badanej części doliny. Zaliczono tutaj gatunki z 6-10 odnotowanymi stanowiskami - są nimi kolejno: *Petasites kablikianus*, *Geranium phaeum*, *Carduus personata*, *Salvia glutinosa* (rys. 2).

Następna grupa jest reprezentowana przez gatunki, których w terenie zlokalizowano od 2 do 3 stanowisk. Są to: *Alchemilla xanthochlora*, *Athyrium distentifolium* oraz *Epilobium alsinifolium* (rys. 2). Dwa z nich (*Alchemilla xanthochlora* i A*thyrium distentifolium*) posiadają swoje stanowiska oddalone od siebie, jedynie *Epilobium alsinifolium* utrzymuje się w początkowym biegu rzeki.

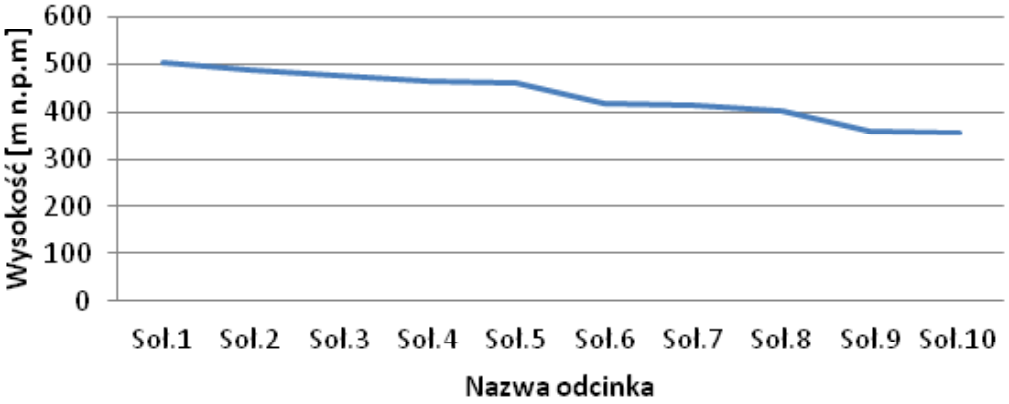
Na badanym terenie są również gatunki, które zostały odnotowane tylko raz – należą do nich: *Cardamine trifolia*, *Prenanthes purpurea*, *Rumex alpestris*, *Senecio subalpinus* (rys. 2). Dwa z nich – *Prenanthes purpurea* oraz *Senecio subalpinus* mają swoje stanowiska w środkowym biegu Soły.

Z powyższej ryciny wynika (rys. 2), że większe skupienie gatunków górskich roślin koncentruje się w pierwszych pięciu odcinkach doliny rzeki (Soł.1 – Soł.5). Tutaj bowiem, odnotowano 25 punktów z gatunkami górskimi. Poniżej tej części doliny (Soł.6 – Soł.10) takich punktów odnotowano 17.

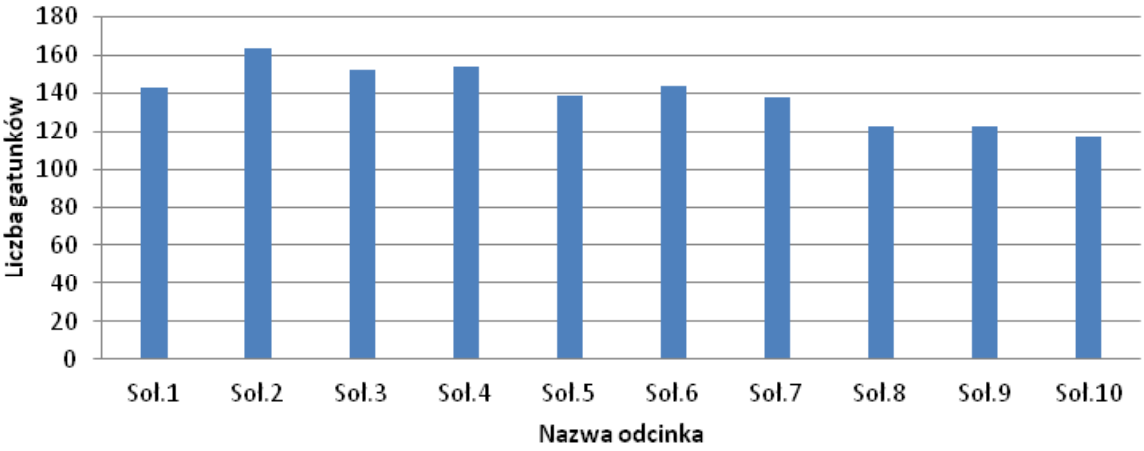
Badane odcinki rzeki mieszczą się w dolinie Soły na wysokości od 503 m n.p.m. (Soł.1) do 356 m n.p.m. (Soł.10; rys.3). Zatem, różnica wysokości pomiędzy pierwszym i ostatnim odcinkiem wynosi 147 metrów. Pięć kolejnych odcinków, począwszy od odcinka pierwszego (Soł.1) jest zlokalizowanych na brzegach doliny



Rys. 2. Rozmieszczenie górskiego elementu flory na tle biegu rzeki.



Rys. 3. Wysokości nad poziomem morza badanych odcinków.



Rys. 4. Średnia liczba gatunków prawego i lewego brzegu doliny Soły.

rzecznej o łagodnym jej spadku podłużnym.

Z biegiem rzeki, średnia liczba wszystkich gatunków odnotowanych w nadrzecznych lasach prawej i lewej strony doliny (rys. 4), wykazuje tendencję spadkową. Przy czym, najwięcej gatunków odnotowano na drugim (Soł.2) badanym odcinku rzeki. Różnica pomiędzy odcinkiem o największej liczbie gatunków (Soł.2), a odcinkiem o najmniejszej liczbie gatunków w okolicach Żywca (Soł.10) wynosi 47.

Z biegiem rzeki zmniejsza się również procentowy udział gatunków leśnych (*Querco-Fagetea*) na rzecz gatunków ruderalnych (*Artemisietea vulgaris*; rys.5). Podobną tendencję spadkową zaobserwowano wśród gatunków, które reprezentują wysokogórskie ziołorośla i traworośla (*Betulo-Adenostyletea*). Z kolei, gatunki szuwarowe zmniejszają swój udział od połowy badanej doliny (Soł.6). Gatunki roślin, charakterystyczne dla dolin rzecznych (*Salicetea purpureae*) nie wykazują tendencji spadkowej, a ich udział na badanych odcinkach rzeki mieści się między 6% a 12%.

Dobrze zachowane doliny rzek są wolne od jakichkolwiek umocnień, z kamieńcami w korycie rzeki, z biologiczną obudową (fot. 1). Jednakże, coraz częściej nad Sołą można spotkać umocnienia brzegów rzeki (fot. 2) w postaci opasek z narzutu kamieni luzem lub rzadziej opasek z koszy siatkowo-kamiennych na wyściółce faszynowej. Dotychczas, nad Sołą, nie zaobserwowano betonowych umocnień brzegów.

Niemniej, niezależnie od rodzaju umocnienia, tego typu ingerencja w brzeg rzeki niszczy dotychczasową pokrywę roślinną, zaburzając ciągłość pasa zieleni, który dotychczas tworzył biologiczną obudowę cieku.

Brzegi koryta Soły, wolne od jakichkol-

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017

wiek działań ze strony człowieka zachowały się na odcinku Soł.6 oraz Soł.10. Tutaj, zarówno na szóstym i dziesiątym odcinku zlokalizowano gatunki z pierwszej wyodrębnionej grupy – *Salvia glutinosa* oraz *Petasites kablikianus*, jak również jeden gatunek z grupy trzeciej – *Senecio subalpinus*.

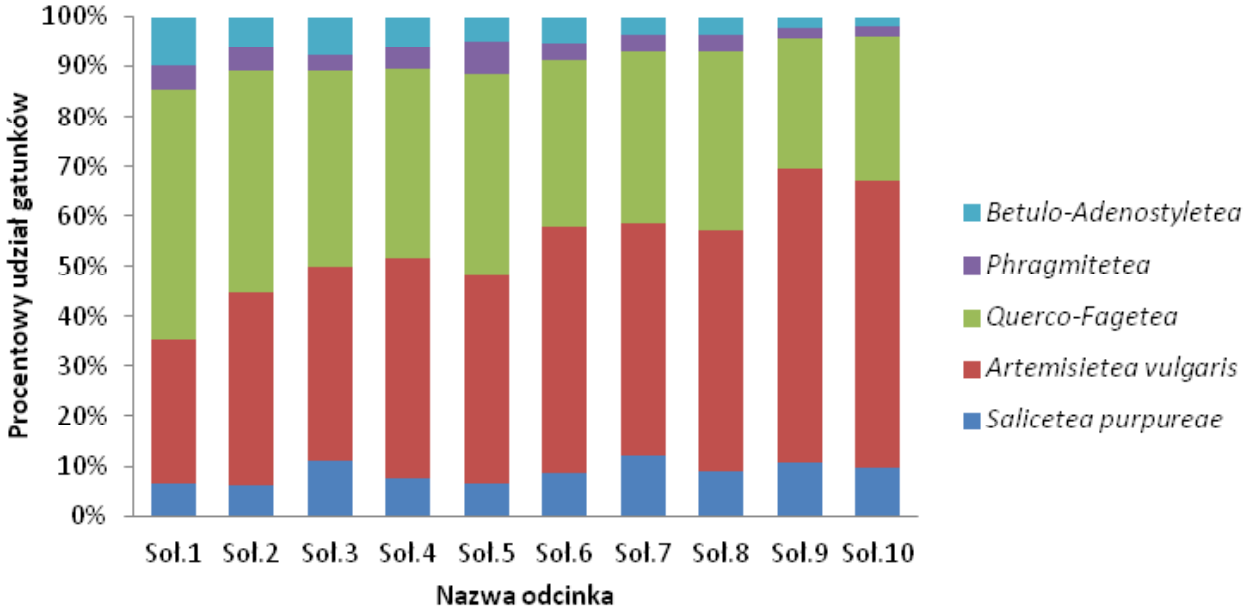
Odcinki rzeki, o największej częstotliwości działań, mających na celu regulację koryta, występują na wysokości Rajczy (Soł.1), Milówki (Soł. 5) oraz między Milówką i Węgierską Górką (Soł.7).

Na tych częściach doliny Soły odnotowano gatunki z grupy:
- pierwszej – wszystkie odnotowane gatunki z tej grupy,
- drugiej – wszystkie odnotowane gatunki z tej grupy
- trzeciej – *Cardamine trifolia*, *Rumex alpestris* oraz *Prenanthes purpurea*.

Dyskusja

Dobrze zachowane nadrzeczne lasy łęgowe, dzięki mnogości siedlisk, stanowią ostoję dla wielu gatunków roślin o różnych wymaganiach ekologicznych, w tym rzadkich gatunków górskich (UZIĘBŁO I CIAPAŁA,

Fot. 2. Najbardziej spektakularnie uregulowany brzeg rzeki w okolicach odcinka Soł.9, wraz z zerwaną warstwą zielną.



Rys. 5. Wybrane grupy syntaksonomiczne.

Fot. 1. Nieuregulowany odcinek rzeki w okolicach odcinka Soł.6 z naturalnym biegiem koryta rzeki, wyścielonym kamieńcami bez umocnień brzegowych.

2006). Mikroklimat wytworzony w dolinach rzecznych sprawia, że roślinność aluwialna terenów górskich, obok gatunków charakterystycznych dla tego ekosystemu zawiera również gatunki właściwe tylko dla tej krainy geograficznej, a mimo odciśniętych śladów działalności człowieka, górskie doliny rzeczne są nadal ostoją różnorodności biologicznej (STEFAŃSKA-KRZACZEK, 2013). Wynika to przede wszystkim z sąsiedztwa ekosystemu lądowego z wodnym – tutaj bowiem krawędź lasu łęgowego ma unikatowy skład gatunkowy i swoiste cechy charakterystyczne w porównaniu z wnętrzem lasu, który oddalony jest od koryta rzeki (ŠÁLEK I IN., 2013).

Jak wynika z opisu terenu badań, dolina Soły jest doskonałym obszarem do przyjęcia dużej liczby gatunków górskich. Rozległy obszar zasilania rzeki jak również bogata sieć hydrograficzna sprawiają, że szansa na dopływ diaspor górskich gatunków z Beskidu Śląskiego i Beskidu Żywieckiego jest naprawdę duża. Ponadto, górski klimat tam panujący i podłoże o dużej zawartości szkieletu są idealnym miejscem do rozwoju, wzrostu i rozprzestrzeniania się górskich gatunków roślin.

Gatunki, w pierwszej wyodrębnionej grupie tj. *Petasites kablikianus*, *Salvia glutonosa*, *Carduus personata* oraz *Geranium phaeum* to gatunki, które w Karpatach można spotkać bardzo często. *Petasites kablikianus* spotykany jest nad potokami i rzekami górskimi, tworząc nieraz jednogatunkowe skupienia, a jako gatunek pionierski, zasiedla również osuwiska powstałe wzdłuż doliny rzecznej (UZIĘBŁO, 2011). *Salvia glutinosa* to gatunek często spotykany w lasach łęgowych, swobodnie migrujący w niższe położenia górskie wzdłuż

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017

dolin rzecznych (CZARNA I MIELCARSKI, 2004), podobnie *Carduus personata*, preferuje lasy łęgowe o wilgotnych i bardzo żyznych glebach. Zaś ostatni gatunek – *Geranium phaeum*, posiada rozproszone stanowiska na nizinach (ZAJĄC I ZAJĄC, 2001).

Gatunki, które zaliczono do drugiej grupy, a mianowicie: *Alchemilla xanthochlora*, *Athyrium distentifolium* oraz *Epilobium alsinifolium* - to gatunki znacznie rzadziej spotykane na Żywiecczyźnie, w porównaniu z ww. gatunkami z pierwszej grupy. *Epilobium alsinifolium* jest gatunkiem źródliskowym, stąd rzadko „schodzi" w niższe położenia. Częściej występuje nad tatrzańskimi potokami, gdzie swoje stanowiska ma równomiernie rozmieszczone (SMIEJA, 2014). *Alchemilla xanthochlora* to gatunek charakterystyczny dla wysokogórskich ziołorośli i traworośli - nie zaobserwowano do tej pory tendencji do zajmowania przez ten gatunek niższych położeń (KURTTO I IN., 2009). *Athyrium distentifolium* rośnie głównie w wysokogórskich ziołoroślach oraz cienistych i wilgotnych lasach regla górnego w Karpatach i Sudetach (ZAJĄC I ZAJĄC, 2001).

Cardamine trifolia, *Prenanthes purpurea*, *Rumex alpestris* oraz *Senecio subalpinus* to gatunki rzadko pojawiające się na brzegach potoków i rzek górskich. Jedynie *Senecio subalpinus* utożsamiany jest z nadrzecznymi lasami łęgowymi (ZAJĄC I ZAJĄC, 2001). W pobliżu doliny Soły, gatunek ten został zlokalizowany nad potokiem Rycerka (potok źródłowy Soły) we wsi Rycerka Górna (MIŁEK, 2016). *Cardamine trifolia* to gatunek porastający cieniste górskie lasy bukowe (SZWAGRZYK I IN., 2009), a w dolinach górskich rzek pojawia się bardzo rzadko - jedyne zaobserwowane stanowiska w dolinach rzek miały miejsce w olszynkach nadrzecznych (PARUZEL, 2016) w dolinie Danielki - w okolicach przysiółku Młada Hora (MIŁEK, 2006). *Rumex alpestris* z kolei, schodząc w niższe położenia, bardziej preferuje świerczyny, aniżeli żyzne gleby lasów łęgowych (PASIERBEK I IN., 2004). *Prenanthes purpurea* swoim zasięgiem obejmuje również Śląsk i Roztocze (ZAJĄC I ZAJĄC, 2001).

W górnej części doliny Soły odnotowano więcej gatunków górskich. Może mieć to związek z:

1) preferencjami gatunków górskich względem siedlisk leśnych (CZARNA I MIELCARSKI, 2004; SZWAGRZYK I IN., 2009; PODGÓRSKA, 2012; SMIEJA, 2014; PARUZEL, 2016), a takowe występują w górnym biegu rzeki. Procentowy udział gatunków leśnych z klasy *Querco-Fagetea* z biegiem rzeki maleje na rzecz gatunków ruderalnych z klasy *Artemisietea vulgaris*, przez co gatunki górskie mogą przegrywać konkurencję z gatunkami tej klasy roślin,

2) odległością od źródła diaspor - liczba gatunków górskich maleje z południa na północ ze względu na zwiększający się dystans od źródła rzeki (PODGÓRSKA, 2012).

Jak podkreśla FAGIEWICZ I IN. (2007), zagrożeniem dla górskiego elementu flory w dolinie rzecznej mogą być sukcesywnie pojawiające się betonowe umocnienia brzegów koryta rzeki. Przyczyniają się one do zaniku ważnych dla prawidłowego funkcjonowania lasów łęgowych epizodycznych zalewów. Koryta rzek, zamknięte w betonowych umocnieniach są znacznie trudniejsze do zarządzania - dzielą rzekę na odcinki, w których następuje pogłębianie koryta rzeki, a przez to następuje osuszanie brzegów doliny rzecznej, co odbija się na charakterystycznej dla dolin rzecznych florze (BACUŁA, 2011). Takie umocnienia rzeki stanowią swoisty „przerywnik" przyczyniający się do fragmentacji siedlisk, (WAWRĘTY, 2007), a nowo powstałe umocnienie wywołuje zmiany zarówno powyżej jak i poniżej działań regulacyjnych (GORAJSKA, 2014). Efektem jest utrata cennych z przyrodniczego punktu widzenia siedlisk wraz z gatunkami, które je

porastają, zaś izolacja płatów roślinnych może utrudnić migrację gatunków górskich pomiędzy nimi (SŁAWSKI, 2008).

Soła nie jest rzeką w całości uregulowaną, a posiada jedynie fragmentaryczne umocnienia brzegów. Do tych umocnień wykorzystano naturalny materiał – kamienie i wyściółka faszynowa (powiązane z sobą cienkie gałęzie) – jest to tzw. regulacja proekologiczna, która uwzględnia aspekt przyrodniczy (obecną faunę i florę). Zatem, rodzaj umocnień i wykorzystany materiał ma znaczenie – betonowa zabudowa hamuje procesy korytotwórcze, a w przeciwieństwie do naturalnie wykorzystanych materiałów rewitalizacja odcinków nie jest w ogóle możliwa, albo jest możliwa tylko w niewielkim zakresie (LENAR-MATYAS I IN., 2010). Mimo licznych prac prowadzonych na niektórych odcinkach rzeki nie zaobserwowano bezpośredniej zależności między liczbą ingerencji w ukształtowanie brzegów koryta rzeki a obecnością gatunków górskich.

Wnioski

1. W dolinie Soły, mimo ingerencji w brzegi rzeki, siedliska umożliwiające migrację i osiedlanie się gatunków górskich zostały zachowane w wystarczającym stopniu.

2. Proekologiczna regulacja brzegów doliny rzeki sprzyja utrzymywaniu się stanowisk dla górskiego elementu flory.

3. Obecność pojedynczych gatunków roślin górskich i tych, których stanowiska są oddalone od siebie świadczą o utrzymującej się możliwości migracji gatunków wzdłuż doliny rzecznej.

4. Zróżnicowana frekwencja gatunków górskich jest związana z faktem, iż niektóre gatunki jak np. *Petasites kablikianus* występują pospolicie na badanym obszarze, inne jak np. *Epilobium alsinifolium* czy *Cardamine trifolia* w dolinach rzek na Żywiecczyźnie występują rzadko, niemniej ich obecność wpływa na różnorodność biologiczną tego terenu.

Literatura

BACUŁA A. 2011. Wpływ regulacji technicznej na zmiany morfologii górskiego potoku: potok Jamne, Gorce. Acta Sci. Pol. Formatio Circumiectus. 10, 3-16.

CHYLAK A., KULIKOWSKI S. 2009. Prognoza oddziaływania na środowisko aktualizacji programu ochrony środowiska dla powiatu żywieckiego na lata 2010-2017. 30.

CZARNA A., MIELCARSKI C. 2004. *Salvia glutinosa* L. na terenie Poznania. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu – CCCLXIII. 48-51.

FAGIEWICZ K., ŁAWNICZAK R., PONIŻY L. 2007. Znaczenie opracowań ekofizjograficznych w kształtowaniu i restytucji korytarzy ekologicznych o znaczeniu regionalnym (na przykładzie fragmentu doliny rzeki Kani). Doliny Rzeczne Przyroda-Krajobraz-Człowiek. Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego. 8, 295-300.

GORAJSKA J. 2014. Wpływ regulacji technicznej na równowagę pionową koryta Wisły na przedpolu Karpat. Landform Analysis. 26, 3–9.

JANKOWSKI W. 1995. Korytarz ekologiczny doliny Odry. Fundacja IUCN Poland.

KONDRACKI J. 2000. Geografia regionalna Polski. Wyd. PWN. Warszawa.

LENAR-MATYAS A., ŁAPUSZEK M., LAFONT M., POULARD C. 2010. Możliwości rewitalizacji koryt rzek i potoków w warunkach

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017

ich zróżnicowanego zagospodarowania. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. 9, 17-27.

MARTIN K. 2013. The Ecological Values of Mountain Environments and Wildlife. The Impacts of Skiing on Mountain Environments. 3, 3-29.

MATUSZKIEWICZ W. 2008. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa.

MIŁEK J. 2006. Rzadkie i interesujące gatunki roślin z pasma Wielkiej Raczy w Beskidzie Żywieckim. Fragm. Flor. Geobot. Polonica. 13(2), 425-426.

PARUZEL J. B. 2016. „Nowe" gatunki górskie ze Śląska na niżu Polski. Fragm. Florist. Geobot. Polonica. 23(2), 273–288.

PASIERBEK T., HOLEKSA J., WIKA S., WILCZEK Z. 2004. Zbiorowiska leśne i zaroślowe rezerwatu „Na Policy im. Prof. Z. Klemensiewicza" w Beskidzie Żywieckim. Parki Narodowe i Rezerwaty Przyrody. 23, 37-59.

PASZKIEWICZ-JASIŃSKA A. 2015. Chronione i rzadkie gatunki użytków zielnych w Sudetach. Inżynieria i Ochrona Środowiska. 2, 259-270.

PODGÓRSKA M. 2012. Zagadnienia geobotaniczne Garbu Gielniowskiego. Część I. Elementy kierunkowe i gatunki górskie. Fragm. Florist. Geobot. Polonica. 19 (2), 485–497.

ŠÁLEK L., ZAHRADNIK D., MARUŠÁK R., JEŘÁBKOVÁ L., MERGANIČ J. 2013. Forest edges in managed riparian forests in the eastern part of the Czech Republic. Forest Ecology and Management. 305, 1-10.

SŁAWSKI M. 2008. Wewnętrzna fragmentacja lasu i jej skutki przyrodnicze. Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej. 3(19), 55-60.

SMIEJA A. 2014. Flora of springs in the Polish Tatra Mountains – habitat and phytosociological characteristics of crenophiles. Biodiversity: Research and Conservation. 36(1), 25-36.

STEFAŃSKA-KRZACZEK E. 2013. Fitocenozy lasów zalewowych terenów miejskich na przykładzie lasu Osobowickiego (Wrocław). Inżynieria Ekologiczna. 33, 119-127.

SZAFER W. 1966. The Vegetation of Poland. PWN. Warszawa.

SZWAGRZYK J., SULOWSKI W., SKRZYDLOWSKI T. 2006. Struktura naturalnego drzewostanu buczyny karpackiej w Tatrach na tle naturalnych buczyn z innych masywów Karpat. SYLWAN. 20, 1-13.

TKOCZ M. 2007. Rozwój zagospodarowania turystycznego w dolinie górnej Soły. [W:] Doliny rzeczne. Myga-Piątek U. (red.). Przyroda-Krajobraz-Człowiek. Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego PTG. 7, 438-447.

KURTTO A., UOTILA P., SENNIKOV A. 2009. Alchemilla in Mediterranean Europe as revealed by Atlas Florae Europaeae. BOCCONEA. 23, 221-235.

URBISZ A. 2001. Gatunki górskie we florze naczyniowej Płaskowyżu Rybnickiego (Wyżyna Śląska). Fragm. Flor. Geobot. Polonica. 8, 63–70.

UZIĘBŁO A.K. 2011. *Petasites kablikianus* Tausch ex Berchtold jako gatunek pionierski i jego możliwości kolonizowania siedlisk inicjalnych. Prace naukowe Uniwersytetu Śląskiego

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017

w Katowicach.

UZIĘBŁO A.K., BARĆ A. 2015. Alluvial gravel bars as an example of habitat of the widest ecological spectrum in the mountain regions – a case of Carpathians, Southern Poland. Ecologia Balkanica. 7, 1-11.

UZIĘBŁO A.K., CIAPAŁA S. 2006. Zróżnicowanie florystyczne i ekologiczne roślinności przypotokowej w masywie Babiej Góry. Ochrona Beskidów Zachodnich 1, 93-103.

WAWRĘTY R. 2007. Wpływ budownictwa wodnego na przyrodę. [W]: Wartości przyrodnicze dolin rzecznych. 26-32.

WIĘCŁAW H., CIACIURA M. 2005. Gatunki górskie we florze roślin naczyniowych Ińskiego Parku Krajobrazowego (Pojezierze Ińskie). Fragm. Flor. Geobot. Polonica. 12(1), 57–66.

WOLFE W. J., FITCH K. C., LADD D. E. 2007. Alluvial bars of the obed Wild and Scenic River, Tennessee. Science for changing world. 2972.

WYŻGA B., AMIROWICZ A., RADECKI-PAWLIK A. 2008. Zróżnicowanie hydromorfologiczne rzeki górskiej a bogactwo gatunkowe i liczebność ichtiofauny. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. PAN. 2, 273-285.

ZAJĄC M. 1996. Mountain vascular plants in the Polish Lowlands. Polish Bot. Stud. 11, 1–20.

ZAJĄC, A., ZAJĄC, M. 2001. Atlas rozmieszczenia roślin naczyniowych w Polsce. - Distribution Atlas of Vascular Plants in Poland. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.

ZIEMOŃSKA Z. 1973. Stosunki wodne w polskich Karpatach Zachodnich. Prace geograficzne. 103, 74.

ZIĘTARA T. 1976. Krajobraz Ziemi Żywieckiej. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne. Warszawa.

ŻELAZO J. 2009. Wybrane problemy zabudowy rzek o szczególnych wartościach przyrodniczych. Nauka Przyroda Technologie. 3, 1-13.

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017

Grzegorz K. Jakubiak
student VI roku kierunku lekarskiego
Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach
Wydział Lekarski z Oddziałem Lekarsko-Dentystycznym w Zabrzu
pl. Traugutta 2, 41-800 Zabrze
e-mail: grzegorz.k.jakubiak@gmail.com

Aktywność biologiczna histaminy i farmakologiczne możliwości jej modyfikacji

Biological activity of histamine and pharmacological possibilities of its modification

Streszczenie

Histamina jest autakoidem aminowym, który powstaje w wyniku dekarboksylacji aminokwasu histydyny. Jest zmagazynowana przede wszystkim w pęcherzykach w cytoplazmie mastocytów i granulocytów zasadochłonnych. Metabolizm tej aminy biogennej przebiega według dwóch szlaków: szlak N-metylotransferazy (wewnątrzkomórkowy) oraz szlak diaminooksydazy (zewnątrzkomórkowy). Histamina pełni również funkcję neuroprzekaźnika. Wywiera swój efekt fizjologiczny za pośrednictwem czterech typów receptorów sprzężonych z białkiem G: H1, H2, H3 i H4. Histamina odgrywa istotną rolę w patogenezie chorób alergicznych, a także w innych procesach chorobowych. Za pośrednictwem receptorów H1 wywołuje skurcz oskrzeli, skurcz mięśni gładkich przewodu pokarmowego i innych narządów oraz rozszerzenie naczyń krwionośnych i wzrost ich przepuszczalności. Antagoniści receptorów H1 są powszechnie stosowanymi lekami, wśród których wyróżniamy antyhistaminiki I generacji (np. hydroksyzyna, klemastyna, antazolina, prometazyna) oraz antyhistaminiki II generacji (np. cetyryzyna, lewocetyryzyna, loratadyna, desloratadyna, feksofenadyna, rupatadyna). Aktywacja receptorów H2 w błonie śluzowej żołądka powoduje stymulację wydzielania kwasu solnego. Antagoniści receptorów H2 są lekami stosowanymi w chorobie wrzodowej żołądka i dwunastnicy, chorobie refleksowej przełyku, czy też zespole Zollingera-Ellisona. Wśród tych substancji wyróżniamy ranitydynę, famotydynę, czy też nizatydynę. Receptor H3 jest receptorem presynaptycznym, dzięki któremu wydzielona do przestrzeni synaptycznej histamina hamuje uwalnianie kolejnych porcji neuroprzekaźnika. Antagonista tego receptora, betahistyna, jest lekiem stosowanym do leczenia objawowego zawrotów głowy w przebiegu choroby Ménière. Receptor H3 reguluje także wydzielanie innych neuroprzekaźników, takich jak acetylocholina, noradrenalina, dopamina, czy też serotonina. Receptor H4, odkryty jako ostatni, występuje na komórkach układu odpornościowego i jest badany pod kątem wprowadzenia nowych substancji czynnych do praktyki klinicznej.

Słowa kluczowe: histamina, antagoniści receptorów H1, antagoniści receptorów H2, autakoidy aminowe.

Abstract

Histamine is an amine autacoid which is derived from decarboxylation of histidine amino acid. It is mainly generated in granules in mast cells and basophils. There are two metabolic pathways of histamine metabolism: one associated with enzyme N-methylotransferase (intracellular) and the second one associated with diaminooxidase (extracellular). Histamine also plays a role of neurotransmit-

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017

ter. This biogenic amine exerts its physiological effects by binding to four types of G-protein coupled receptors: H1, H2, H3 and H4. Histamine plays an important role in pathogenesis of allergic diseases and in other pathologic processes. By binding to H1 receptors histamine causes bronchoconstriction, smooth muscles contraction in gastrointestinal tract as well as in other organs, and extension with increased permeability of blood vessels. H1 receptor antagonists are commonly used medicaments which can be divided into two groups: first-generation H1-antihistamines (e.g. hydroxyzine, clemastine, antazoline, promethazine) and second-generation H1-antihistamines (e.g. cetirizine, levocetirizine, loratadine, desloratadine, fexofenadine, rupatadine). H2 receptor activation in gastric mucosa is responsible for stimulation of hydrochloric acid secretion. H2 receptor antagonists are useful medicaments for patients suffering from gastroesophageal reflux disease, peptic ulcer disease and Zollinger-Ellison syndrome. Among these substances we can distinguish ranitidine, famotidine and nizatidine. H3 receptor is a presynaptic receptor, whereby histamine secreted to synaptic cleft decreases secretion of further portions of neurotransmitter. H3 receptor antagonist, betahistine, is a drug used in symptomatic treatment of vertigo in the course of Ménière's disease. H3 receptor also regulates secretion of other neurotransmitters, such as aceytolocholine, noradrenaline, dopamine, serotonine. H4 receptor, discovered as the last one, can be found on the surface of immune cells and is scientifically tested as the target for potential new medicaments.

Key words: histamine, H1 receptor antagonists, H2 receptor antagonists, amine autacoids.

Wprowadzenie

Histamina (β-imidazolyloetyloamina) jest jednym z najważniejszych autakoidów występujących w organizmie człowieka oraz innych kręgowców. Autakoidy, inaczej hormony tkankowe, to substancje, które wywołują swój efekt fizjologiczny w mechanizmie parakrynnym, czyli w pobliżu komórek, z których zostały wydzielone. Ze względu na budowę chemiczną można wyróżnić kilka grup autakoidów:

- autakoidy aminowe (np.: histamina, serotonina);
- autakoidy gazowe (np.: tlenek węgla, tlenek azotu);
- autakoidy peptydowe (np.: bradykinina, angiotensyna, endotelina);
- autakoidy lipidowe (np.: prostaglandyny, prostacyklina, leukotrieny, tromboksan);
- autakoidy purynowe (np.: adenozyna, adenozynodifosforan, adenozynotrifosforan).

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie najistotniejszych informacji w ramach aktualnej wiedzy na temat biochemii i farmakodynamiki histaminy oraz mechanizmu działania i zastosowania leków przeciwhistaminowych, zarówno na poziomie komórkowych mechanizmów transdukcji sygnału, jak i fizjologii poszczególnych narządów oraz całego organizmu.

Histamina jako hormon tkankowy pełni istotne funkcje w wielu procesach fizjologicznych, takich jak skurcz mięśni gładkich oskrzeli, przewodu pokarmowego i macicy, rozszerzenie naczyń krwionośnych, wzrost przepuszczalności naczyń kapilarnych, stymulacja wydzielania kwasu solnego w żołądku, chemotaksja, zapalenie, czy też produkcja cytokin (PANULA I IN., 2015).

Histamina pełni również funkcję neuroprzekaźnika. Neurony, które wydzielają do przestrzeni synaptycznej pęcherzyki zawierające tę substancję określa się mianem histaminergicznych (JAWIEŃ I OLSZAN-

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017

ECKI, 2012).

Do tej pory opisano 4 typy receptorów, za pośrednictwem których histamina wywiera swój efekt fizjologiczny. Receptory te oznacza się symbolami H1, H2, H3 oraz H4. Wszystkie są receptorami metabotropowymi (wskutek aktywacji receptora dochodzi do nasilenia bądź zahamowania syntezy wtórnego przekaźnika), sprzężonymi z białkiem G.

Histamina została po raz pierwszy zsyntetyzowana w 1907 r. Dokonali tego A. Windaus i W. Vogt (WINDAUS I VOGT, 1907). Fizjologiczna rola tego związku została ustalona przez H. Dale i P. Laidlaw w 1910 r. (DALE I LAIDLAW, 1910).

Histamina jako neuroprzekaźnik jest zmagazynowana w pęcherzykach synaptycznych neuronów. Natomiast jako hormon tkankowy jest zgromadzona w ziarnistościach mastocytów i bazofili, gdzie występuje w postaci kompleksu z heparyną. Największe stężenie histaminy występuje w obrębie skóry, płuc, błony śluzowej nosa i żołądka. Histamina zostaje wydzielona z komórek tych narządów w wyniku reakcji nadwrażliwości typu I, czyli natychmiastowego. Na powierzchni komórek znajdują się receptory FcεRI. Swoiste dla alergenu cząsteczki immunoglobulin klasy E (IgE) łączą się z tymi receptorami. W momencie kontaktu z alergenem, łączy się on z cząsteczkami IgE na powierzchni komórek, mostkując sąsiednie kompleksy IgE – FcεRI. W wyniku tego procesu dochodzi do egzocytozy ziarnistości (AMIN, 2012; STEINBRICH, 2012). Znane jest także zjawisko nieswoistej degranulacji mastocytów, do której może dojść po podaniu niektórych farmaceutyków (morfina, tubokuraryna, hydroksyetylowana skrobia, czy też jodowe środki cieniujące) lub u niektórych osób w wyniku wysiłku fizycznego, stresu, spożycia alkoholu, użądlenia przez owady oraz czynników fizycznych, takich jak zimno i ciepło (HELLMANN I MITAL, 2016).

Istnieje także kilka substancji, stosowanych jako leki, które stabilizując błonę komórkową komórek tucznych hamują ich degranulację. Należy do nich kromoglikan disodowy, czy też nedokromil. Takie preparaty hamują zatem aktywność biologiczną histaminy w sposób nieswoisty i niezależny od bezpośredniego wpływu na poszczególne receptory (KATZUNG, 2012).

Biosynteza i przemiany biochemiczne histaminy

Histamina powstaje w wyniku dekarboksylacji aminokwasu histydyny w reakcji katalizowanej przez enzym dekarboksylazę L-aminokwasów aromatycznych. Równanie reakcji biosyntezy histaminy zostało przedstawione na rys. 1. (RODWELL, 2012). Histamina należy zatem do grupy związków biologicznie czynnych, nazywanych aminami biogennymi. Wszystkie te substancje stanowią produkty dekarboksylacji aminokwasów (MEDINA I IN., 2005).

Histamina jest metabolizowana w organizmie człowieka na drodze dwóch szlaków biochemicznych:

• oksydacyjna dezaminacja, katalizowana przez diaminooksydazę (DAO); produktem tej reakcji jest aldehyd imidazolooctowy;

• metylacja pierścienia heterocyklicznego cząsteczki histaminy, katalizowana przez N-metylotransferazę; produktem tej reakcji jest N-metylohistamina.

Aldehyd imidazolooctowy jest następnie metabolizowany do kwasu imidazolooctwowego w reakcji katalizowanej przez dehydrogenazę aldehydową.

N-metylohistamina w reakcji katalizowanej przez diaminooksydazę lub monoaminooksydazę B jest metabolizowana do aldehydu N-metyloimidazolooctwego, który zostaje dalej przekształcony do kwasu N-metyloimidazolooctowego. Szlak oksy-

dacyjnej deaminacji histaminy jest szlakiem zewnątrzkomórkowym, zaś szlak metylacji pierścienia imidazolowego cząsteczki histaminy – wewnątrzkomórkowym (MAINTZ I NOVAK, 2007).

Receptory H1

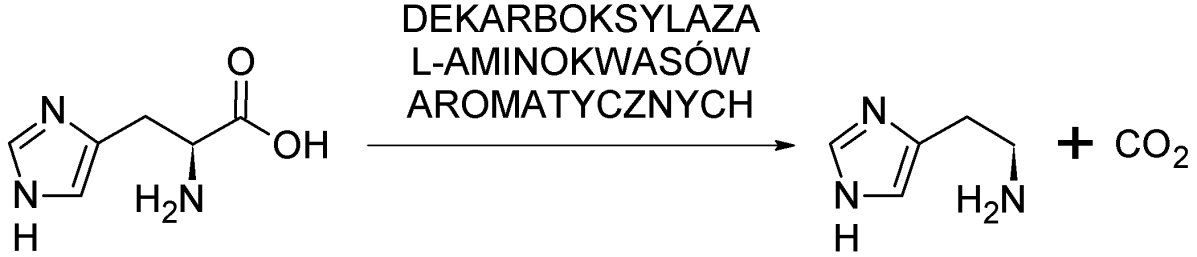
Receptory histaminergiczne H1 są receptorami sprzężonymi z białkiem Gq. Aktywacja receptora wywołuje wzrost aktywności fosfolipazy C, która katalizuje rozkład 4,5-bisfosforanu fosfatydyloinozytolu do 1,4,5-trifosforanu inozytolu (IP3) oraz diacyloglicerolu (DAG). Łańcuch polipeptydowy, z którego zbudowany jest receptor H1, składa się u człowieka z 487 aminokwasów; jego masa cząsteczkowa wynosi 56 kDa. Gen kodujący białko receptora H1 znajduje się u człowieka na ramieniu krótkim chromosomu 3. (NAKAMURA I IN., 2000; ODA I IN., 2000).

Trifosforan inozytolu (IP3) jest agonistą jonotropowych receptorów IP3R, zlokalizowanych w błonie siateczki śródplazmatycznej, których aktywacja powoduje wypływ jonów wapnia Ca^{2+} ze światła retikulum endoplazmatycznego do cytozolu. Receptory IP3R mają budowę tetrameryczną. Mogą być homo- lub heterotetramerami. Dotychczas opisano trzy podjednostki, które mogą wchodzić w ich skład: IP3R1, IP3R2 oraz IP3R3 (TAYLOR I KONIECZNY, 2016).

Najważniejszym cytobiochemicznym skutkiem pobudzenia receptorów sprzężonych z białkiem Gq, w tym receptorów H1, jest wzrost stężenia jonów wapnia w cytozolu. Skutek fizjologiczny jest natomiast uzależniony od rodzaju komórek, w błonie komórkowej których są zakotwiczone zaktywowane receptory. Receptory H1 są zlokalizowane w błonie komórkowej śródbłonka naczyń, komórek mięśniowych gładkich (w obrębie dróg oddechowych, przewodu pokarmowego a także innych narządów) oraz w obrębie ośrodkowego układu nerwowego (PANULA, 2015).

Wzrost stężenia jonów Ca^{2+} w cytozolu komórek endotelium wywołuje aktywację śródbłonkowej syntazy tlenku azotu (eNOS). Następnie tlenek azotu dyfunduje przez błony komórkowe oraz błonę podstawną śródbłonka do cytoplazmy komórek mięśniowych gładkich w ścianie naczyń krwionośnych. Tam aktywuje swój wewnątrzkomórkowy receptor, rozpuszczalną cyklazę guanylową (sGC), która katalizuje przemianę nukleotydu guanozynotrifosforanu (GTP) do cyklicznego guanozynomonofosforanu (cGMP), który pełni funkcję wtórnego przekaźnika. cGMP powoduje natomiast aktywację kinazy G, która powoduje spadek stężenia wapnia zjonizowanego w cytozolu według trzech mechanizmów:

- aktywacji ATP – zależnego transportera SERCA (ang. sarco/endoplasmic retikulum Ca^{2+}-ATPase), odpowiedzialnego za transport aktywny jonów Ca^{2+} do siateczki śródplazmatycznej;
- hamowania zależnych od potencjału kanałów wapniowych VDCC w błonie komórkowej;
- hamowania przepływu jonów wapnia do cytozolu przez kanały IP3R.



Rys. 1. Reakcja dekarboksylacji aminokwasu histydyny, w wyniku której powstaje histamina.

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017

Spadek stężenia wapnia wewnątrzkomórkowego powoduje zahamowanie aktywacji kinazy łańcuchów lekkich miozyny (MLCK) oraz aktywację fosfatazy łańcuchów lekkich miozyny (MLCP), rozkurcz mięśniówki naczyń i spadek ciśnienia tętniczego krwi (ZHAO I IN., 2015).

W przypadku pobudzenia receptorów H1 na komórkach mięśniowych dochodzi do skurczu mięśni. Wzrost stężenia jonów wapnia w cytozolu prowadzi do aktywacji MLCK za pośrednictwem kalmoduliny, fosforylacji łańcuchów lekkich miozyny, a to umożliwia interakcję tego białka z cząsteczkami aktyny i skurcz mięśnia (JAWIEŃ I OLSZANECKI, 2012).

Najbardziej skrajną kliniczną manifestacją opisanych zjawisk jest wstrząs anafilaktyczny, który następuje w wyniku gwałtownego wyrzutu histaminy z ziarnistości mastocytów i bazofili w wyniku reakcji nadwrażliwości typu I według podziału Gella i Coombsa. Objawami, które mogą wystąpić w przebiegu tego stanu zagrożenia życia są hipotensja (warunek sine qua non istnienia wstrząsu) oraz obrzęk naczynioruchowy w wyniku rozszerzenia naczyń i wzrostu ich przepuszczalności, kaszel, duszność w wyniku skurczu oskrzeli, nudności, wymioty, biegunka, bóle brzucha w wyniku skurczu mięśniówki przewodu pokarmowego czy też skurcze macicy, niepokój (KRUSZEWSKI, 2016).

Antagoniści receptorów H1 są substancjami powszechnie stosowanymi w medycynie klinicznej. Leki o takiej farmakodynamice znalazły zastosowanie w terapii chorób alergicznych, takich jak alergiczny nieżyt nosa, alergiczne zapalenie spojówek oraz pokrzywka. Pomocniczo są stosowane u pacjentów z atopowym zapaleniem skóry, czy też astmą oskrzelową o podłożu alergicznym. Antyhistaminiki są stosowane także w objawowym leczeniu świądu (RYGALSKI I ZAWISZA, 2015).

Z punktu widzenia struktury chemicznej leku, antagonistów receptorów H1 można podzielić na 6 grup: alkiloaminy, etanoloaminy, etylenodiaminy, fenotiazyny, piperazyny oraz piperydyny (SIMONS I SIMONS, 2008).

Bardziej przydatny w praktyce klinicznej jest podział na leki I i II generacji. Kryterium tego podziału jest zdolność przenikania substancji do ośrodkowego układu nerwowego i działania sedatywnego oraz selektywność oddziaływania z receptorem H1. Antagoniści receptorów H1 I generacji dobrze przenikają przez barierę krew – mózg, zaś antagoniści receptorów H1 II generacji w znacznie mniejszym stopniu. Leki I generacji są nieselektywne. Oddziałują bowiem również z receptorami muskarynowymi, adrenergicznymi i serotoninowymi. Mogą w związku z tym w znacznie większym stopniu wywoływać takie objawy, jak suchość w ustach, zaparcia, trudności w oddawaniu moczu, zaburzenia widzenia, kołatanie serca, czy też senność. Leki II generacji wykazują zaś o wiele większą selektywność w stosunku do receptorów H1 (CHURCH I CHURCH, 2011).

Do leków przeciwhistaminowych I generacji należą: hydroksyzyna, difenhydramina, doksylamina, dimenhydrynat, prometazyna, cyproheptadyna, klemastyna i antazolina. Hydroksyzyna jest stosowana jako anksjolityk (lek przeciwlękowy) (ŚWIĘCICKI, 2015). W leczeniu bezsenności znalazły zastosowanie hydroksyzyna, difenhydramina i doksylamina (MAKOWSKA, 2014). Dimenhydrynat jest używany w leczeniu objawów choroby lokomocyjnej (ENARSON I IN., 2011), natomiast prometazyna, która jest również antagonistą receptorów dopaminergicznych, jako lek przeciwwymiotny (antyemetyk) (DEITRICK I IN., 2015). Leki I generacji mogą też być stosowane w chorobach alergicznych, ale z pewnością nie jako leki pierwszego rzutu, ze względu na wspomniane działania niepożądane tych leków, wynikające z antagonizmu w stosunku do innych receptorów. Leki przeciwhistaminowe I generacji stosuje się również w cięższych

przypadkach atopowego zapalenia skóry, ponieważ obok aktywności przeciwalergicznej działają nasennie, przyczyniając się do poprawy psychofizycznej kondycji pacjenta i szybszego wygojenia zmian skórnych (BATYCKA-BARAN I BARAN, 2011).

Do leków przeciwhistaminowych II generacji należą substancje powszechnie stosowane we współczesnej alergologii, takie jak cetyryzyna, loratadyna, rupatadyna, feksofenadyna, desloratadyna, bilastyna czy też lewocetyryzyna. Ze względu na brak lub tylko nieznaczny efekt sedatywny leki te dobrze nadają się do przewlekłego stosowania w chorobach alergicznych (KATZUNG, 2012).

Terfenadyna i astemizol są antyhistaminikami wycofanymi z rynku ze względu na groźne działanie niepożądane w postaci wydłużenia odcinka QT w zapisie EKG, co predysponuje do groźnej tachyarytmii komorowej, częstoskurczu komorowego torsades de pointes (HASIEC I IN., 2010; MERK, 2001).

Receptory H2

Receptory H2 są receptorami sprzężonymi z białkiem Gs. Ich aktywacja wywołuje wzrost aktywności enzymu cyklazy adenylanowej oraz nasilenie syntezy wtórnego przekaźnika, cyklicznego adenozynomonofosforanu (cAMP), w komórce (ALONSO I IN., 2015).

Ludzki receptor histaminowy H2 jest zbudowany z 359 aminokwasów. Masa cząsteczkowa łańcucha polipeptydowego receptora wynosi 40,0 kDa. Jest obecny w błonie komórkowej komórek okładzinowych błony śluzowej żołądka, komórek mięśniowych gładkich naczyń krwionośnych a także w plazmalemmie limfocytów T supresorowych, granulocytów obojętnochłonnych, kardiomiocytów czy też neuronów ośrodkowego układu nerwowego (NAKAMURA I IN., 2000). Gen kodujący łańcuch polipeptydowy receptora H2 zlokalizowany jest w kariotypie człowieka na chromosomie 5 (ODA I IN., 2000).

W medycynie klinicznej leki z grupy antagonistów receptorów histaminergicznych H2 znalazły zastosowanie w leczeniu chorób, w których korzystne jest zahamowanie wydzielania kwasu solnego w żołądku i tym samym podwyższenie pH soku żołądkowego, a więc w takich jednostkach chorobowych jak: choroba wrzodowa żołądka i dwunastnicy, zespół Zollingera – Ellisona, choroba refleksowa przełyku, czy też w objawowym leczeniu dolegliwości niezwiązanych z chorobą organiczną przewodu pokarmowego (zgaga). Antagoniści receptora H2 ustąpiły pierwszeństwa inhibitorom pompy protonowej, jednak nadal pozostają w użyciu. H2-blokery hamują bowiem jedynie wydzielanie żołądkowe stymulowane histaminą, zaś inhibitory pompy protonowej hamują ten proces na ostatecznym poziomie, blokując białko, które odpowiada za transport jonów H^+ do światła żołądka (SHIN I IN., 2008).

Pierwszym H2-blokerem powszechnie stosowanym była cymetydyna, która pojawiła się w praktyce klinicznej w latach 70. XX w. Był to niestety lek obarczony działaniami niepożądanymi, takimi jak efekt antyandrogenowy (ginekomastia, zaburzenia funkcji seksualnych) oraz wchodzący w istotne interakcje z wieloma innymi lekami, ze względu na hamowanie aktywności cytochromu P450 (HUMPHRIES I MERRITT, 1999). Cymetydyna ma także krótki czas działania.

Obecnie najpopularniejszymi substancjami wśród antagonistów receptorów H2 są ranitydyna i famotydyna. Rzadziej stosowanym lekiem o analogicznym mechanizmie działania jest nizatydyna.

Receptory H3

Receptor H3 został odkryty i opisany w 1983 r. (SCHWARTZ, 2011). Jest

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017

receptorem sprzężonym z białkiem Gi, zatem zasadniczy mechanizm transdukcji sygnału opiera się na inhibicji cyklazy adenylanowej i zmniejszeniu stężenia cAMP w cytozolu. Receptor H3 występuje przede wszystkim w błonie komórkowej neuronów i bierze udział w regulacji procesu neurotransmisji, zarówno jako autoreceptor (regulując aktywność neuronów histaminergicznych), jak i jako heteroreceptor (regulując aktywność neuronów serotoninergicznych, dopaminergicznych, noradrenergicznych i cholinergicznych) (PANULA, 2015).

Niewiele leków, których farmakodynamika polega na oddziaływaniu z receptorem H3 znajduje się w rutynowej praktyce klinicznej, choć farmakologia doświadczalna dysponuje wieloma takimi substancjami.

Betahistyna jest silnym antagonistą receptora H3 i słabym agonistą receptora H1. Jest substancją stosowaną w leczeniu zawrotów głowy w przebiegu choroby Ménièra, czyli idiopatycznego wodniaka endolimfatycznego błędnika (STRUPP I IN., 2013).

Pitolisant jest lekiem blokującym aktywność receptorów H3, zarejestrowanym do stosowania u pacjentów cierpiących z powodu narkolepsji, z katapleksją lub bez niej. Wykazuje także aktywność prokognitywną (SCHWARTZ, 2011).

Receptory H4

Receptor histaminowy H4 został odkryty i opisany symultanicznie przez sześć zespołów badawczych z różnych stron świata (MORSE I IN., 2001; NAKAMURA I IN., 2000; ODA I IN., 2000; ZHU I IN., 2001; NGUYEN I IN., 2001; LIU I IN., 2001).

Receptor H4, podobnie jak H3, jest sprzężony z białkiem Gi, zatem zasadniczy mechanizm transdukcji sygnału polega na inhibicji cyklazy adenylanowej i zmniejszeniu stężenia cAMP w cytozolu (PANULA, 2015).

Receptor H4 jest zlokalizowany przede wszystkim w plazmalemmie komórek zaangażowanych w odpowiedź immunologiczną. Stwierdzono, że histamina za pośrednictwem receptorów H4 odgrywa istotną rolę w procesie chemotaksji granulocytów kwasochłonnych oraz komórek tucznych. Zauważono także, że pobudzenie receptorów H4 na powierzchni mastocytów moduluje proces degranulacji tych komórek w reakcji nadwrażliwości typu I, z powodu indukowania regulacji w górę receptorów FcεRI. Omawiane receptory odgrywają również istotną rolę w procesie aktywacji limfocytów T. Antagoniści receptorów H4 nie są obecnie lekami stosowanymi w rutynowej praktyce klinicznej, ale wyniki wielu badań dowodzą, że substancje czynne o takiej farmakodynamice mogłyby być użyteczne w leczeniu przewlekłych chorób zapalnych, takich jak astma, reumatoidalne zapalenie stawów i atopowe zapalenie skóry, a także jako leki przeciwświądowe czy też jako leki stosowane w leczeniu pokrzywki (THURMOND, 2015).

Podsumowanie

Histamina jest substancją znaną w biologii i medycynie już od ponad stu lat, jednakże badania naukowe w dalszym ciągu dostarczają interesujących informacji o coraz to nowych aspektach aktywności biologicznej tej aminy biogennej. Leki, które wywołują swój efekt farmakologiczny poprzez oddziaływanie z receptorami histaminowymi, są powszechnie stosowane w medycynie i farmacji. Są użytecznym narzędziem terapeutycznym lekarzy wielu specjalności, głównie alergologów, dermatologów, gastroenterologów, otorynolaryngologów, pediatrów, internistów, czy też lekarzy rodzinnych. Wiele z tych substancji jest dostępnych jako preparaty OTC (wydawane bez przepisu lekarza).

Długa historia badań nad histaminą sprawia, że staje się ona tym lepszym

przykładem, obrazującym pewną ogólną koncepcję, która leży u podstaw farmakologii. Ta dziedzina nauki, wspólna dla medycyny i farmacji, opiera się bowiem na dogłębnym poznaniu receptorów, ich struktury, lokalizacji tkankowej i narządowej, mechanizmu transdukcji sygnału oraz skutków fizjologicznych ich aktywacji bądź zablokowania, budowy i metabolizmu substancji, które są endogennymi ligandami dla tych receptorów, a następnie odnalezieniu substancji egzogennych, które mogą wywierać efekt farmakologiczny poprzez hamowanie bądź aktywację określonych receptorów w sposób, który może być wykorzystany w leczeniu i diagnostyce chorób. Postęp technologiczny, powstanie i rozwój takich dziedzin nauki jak genetyka, biologia molekularna, bioinformatyka, proteomika, czy też metabolomika, udoskonala i rozszerza możliwości prowadzenia tego typu badań.

Literatura

ALONSO N., ZAPPIA C. D., CABRERA M., DAVIO C. A., SHAYO C., MONCZOR F., FERNÁNDEZ N. C. 2015. Physiological implications of biased signaling at histamine H2 receptor. Frontiers in Pharmacology. 6. 45. DOI: 10.3389/fphar.2015.00045.

AMIN K. 2012. The role of mast cells in allergic inflammation. Respiratory Medicine. 106: 9-14.

BATYCKA-BARAN A., BARAN W. 2011. Atopowe zapalenie skóry (AZS). Lek w Polsce. 21(4). 42-51.

CHURCH D. S., CHURCH M. K. 2011. Pharmacology of antihistamines. World Allergy Ogranization Journal. 4. 22-S27.

DALE H. H., LAIDLAW P. P. 1910. The physiological action of β-iminazolylethylamine. The Journal of Physiology. 41(5), 318-344.

DEITRICK C. L., MICK D. J., LAUFFER V., PROSTKA E., NOWAK D., INGERSOLL G. 2015. A comparison of two differing doses of promethazine for the treatment of postoperative nausea and vomiting. Journal of Perianesthesia Nursing. 30(1). 5-13.

ENARSON P., GOUIN S., GOLDMAN R. D. 2011. Dimenhydrinate use for children with vomiting. Canadian Family Physician. 57(4). 431-432.

HASIEC A., WASIAK W., SZUFLADOWICZ E., BODALSKI R., WALCZAK F., OLEKSIUK T., KWIATEK P., MICHAŁOWSKA I. 2010. Zaburzenia rytmu serca w chorobach układu oddechowego. Choroby serca i naczyń. 7(3). 143-152.

HELLMANN A., MITAL A. 2016. Mastocytoza. [W:] Interna Szczeklika 2016/2017. Mały podręcznik. GAJEWSKI P. (red.). Kraków. Medycyna Praktyczna.

HUMPHRIES T. J., MERRITT G. J. 1999. Review article: drug interactions with agents used to treat acid-related diseases. Alimentary Pharmacology and Therapeutics. 13 (3). 18-26.

JAWIEŃ J., OLSZANECKI R. 2012. Farmakologia autakoidów. [W:] Farmakologia. KORBUT R. (red.). Wydawnictwo Lekarskie PZWL. Warszawa. 129-209.

KATZUNG B. G. 2012. Histamina, serotonina i alkaloidy sporyszu. [W:] Farmakologia ogólna i kliniczna. KATZUNG B. G. (red.), BUCZKO W. (red. wyd. pol.). Lublin. Wyd. Czelej. 311-336.

KRUSZEWSKI J. 2016. Anafilaksja i wstrząs anafilaktyczny. [W:] Interna Szczeklika 2016. GAJEWSKI P. (red.). Kraków. Medycyna

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017

Praktyczna. 2101-2107.

LIU C., MA X. J., JIANG X., WILSON S. J., HOFSTRA C. L., BLEVITT J., PYATI J., LI X., CHAI W., CARRUTHERS N., LOVENBERG T. W. 2001. Cloning and pharmacological characterization of a fourth histamine receptor (H4) expressed in bone marrow. Molecular Pharmacology. 59(3). 420-426.

MAINTZ L., NOVAK N. 2007. Histamine and histamine intolerance. American Journal of Clinical Nutrition. 85. 1185-1196.

MAKOWSKA I. 2014. Farmakoterapia bezsenności. Lek w Polsce. 24(4). 14-20.

MEDINA M. A., CORREA-FIZ F., RODRIGUEZ-CASO C., SANCHEZ-JIMENEZ F. 2005. A comprehensive view of poliamine and histamine metabolizm to the light of new technologies. Journal of Cellular and Molecular Medicine. 9(4). 854-864.

MERK H. F. 2001. Standard treatment: the role of antihistamines. Journal of Investigative Dermatology Symposium Proceedings. 6(2). 153-156.

MORSE K. L., BEHAN J., LAZ T. M. I IN. 2001. Cloning and characterization of a novel human histamine receptor. Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics. 296(3). 1058-1066.

NAKAMURA T., ITADANI H., HIDAKA Y., OHTA M., TANAKA K. 2000. Molecular cloning and characterization of a new human histamine receptor, HH4R. Biochemical and Biophysical Research Communications. 279. 615-620.

NGUYEN T., SHAPIRO D. A., GEORGE S. R., SETOLA V., LEE D. K., CHENG R., RAUSER L., LEE S. P., LYNCH K. R., ROTH B. L., O'DOWD B. F. 2001. Discovery of a novel member of the histamine receptor family. Molecular Pharmacology. 59(3). 427-433.

ODA T., MORIKAWA N., SAITO Y., MASUHO Y., MATSUMOTO S. 2000. Molecular cloning and characterization of a novel type of histamine receptor preferentially Expressem in leukocytes. The Journal of Biological Chemistry. 275(47). 36781-36786.

PANULA P., CHAZOT P. L., COWART M. I IN. 2015. International Union of Basic and Clinical Pharmacology. XCVIII. Histamine Receptors. Pharmacological Reviews. 67. 601-655.

RODWELL V. W. 2012. Conversion of amino acids to specialized products. [W:] Harper's illustrated biochemistry. MURRAY R. K., BENDER D. A., BOTHAM K. M., KENNELLY P. J., RODWELL V. W., WEIL P. A. (red.). The McGraw Hill Companies. New York. 297-306.

RYGALSKI M., ZAWISZA E. 2015. Atrybuty nowoczesnego leku przeciwhistaminowego. Lek w Polsce. 25(3). 20-25.

SCHWARTZ J. C. 2011. The histamine H3 receptor: from discovery to clinical trials with pitolisant. British Journal of Pharmacology. 163. 713-721.

SHIN J. M., VAGIN O., MUNSON K., KIDD M., MODLIN I. M., SACHS G. 2008. Molecular mechanisms in therapy of acid-related diseases. Cellular and Molecular Life Sciences. 65(2). 264-281.

SIMONS F. E., SIMONS K. J. 2008. H1 antihistamines: current status and future direc-

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017

tions. World Allergy Ogranization Journal. 1(9). 145-155.

STRUPP M., DIETERICH M., BRANDT T. 2013. The treatment and natural course of peripheral and central vertigo. Deutsche Ärzteblatt International. 109(29-30). 505-516.

STEINBRICH J. D. 2012. Farmakoterapia chorób alergicznych. Lek w Polsce. 22(5). 16-31.

ŚWIĘCICKI Ł. 2015. Terapia zaburzeń lękowych – problem wyboru leku w praktyce lekarza podstawowej opieki zdrowotnej. Pediatria i Medycyna Rodzinna. 11(1). 85-94.

TAYLOR C. W., KONIECZNY V. 2016. IP3 receptors: take four IP3 to open. Science Signaling. 9(422). DOI: 10.1126/scisignal.aaf6029.

THURMOND R. L. 2015. The histamine H4 receptor: from orphan tot he clinic. Frontiers in Pharmacology. 6-65. DOI: 10.3389/fphar.2015.00065.

WINDAUS A., VOGT W. 1907. Synthese des Imidazolyl-äthylamins. European Journal of Inorganic Chemistry. 40(3). 3691-3695. DOI: 10.1002/cber.190704003164

ZHAO Y., VANHOUTTE P. M., LEUNG S. W. 2015. Vascular nitric oxide: beyond eNOS. Journal of Pharmacological Sciences. 129. 83-94.

ZHU Y., MICHALOVICH D., WU H. L. I IN. 2001. Cloning, expression, and pharmacological characterization of a novel human histamine receptor. Molecular Pharmacology. 59. 434-441.

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017

Aga Żarczyńska
Damian Zieliński
Piotr Czyżowski
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Katedra Etologii i Dobrostanu Zwierząt
ul. Akademicka 13, 20-950, Lublin
e-mail: damian.zielinski@up.lublin.pl

Filip Stadnik
Bartek Gorzkowski
Schronisko dla Bezdomnych Zwierząt
w Lublinie - Egzotarium
ul. Metalurgiczna 5, 20-234 Lublin

Fundacja Epicrates
ul. Ruckemana 12/30, 20-244 Lublin

PRZEBIEG PROCESU OSWAJANIA LEGWANA ZIELONEGO (*IGUANA IGUANA*) W WARUNKACH CHOWU TERRARYJNEGO

THE PROCESS OF GREEN IGUANA (*IGUANA IGUANA*) TAMING UNDER THE TERRARISTIC REARING CONDITION

STRESZCZENIE

Legwan zielony (*Iguana iguana*) to jeden z wielu gatunków jaszczurek utrzymywanych w chowie terraryjnym. Oswojenie jest kluczowym czynnikiem warunkującym bezpieczną obsługę zwierzęcia, ze względu na jego duże rozmiary ciała.

Celem niniejszej pracy była analiza zmian zachowania samca legwana zielonego w trakcie procesu oswajania, w stopniu umożliwiającym bezpieczne sprawowanie nad nim opieki w przyszłości. Niniejsza praca ma charakter opisu przypadku.

W tym celu wykonano ćwiczenia kontaktowe obejmujące: spryskiwanie terrarium oraz ciała legwana wodą, delikatny dotyk, karmienie z ręki oraz próby podnoszenia jaszczurki w terrarium. Pierwsze zmiany w zachowaniu legwana były widoczne po dwóch miesiącach wykonywania ćwiczeń. Jaszczurka przestała reagować agresywnie na personel wykonujący codzienne czynności w terrarium (podawanie pokarmu, zmiana wody, sprzątanie). Kolejne miesiące oswajania również przyniosły pozytywne skutki – legwan zaczął przejawiać swobodne zachowania w obecności ludzi przebywających w pobliżu terrarium oraz tolerował bezpośredni kontakt z opiekunami.

Słowa kluczowe: behawior, legwan zielony, oswajanie, dobrostan.

ABSTRACT

The green iguana (*Iguana iguana*) is one of many species of lizards kept under terraristic conditions. Taming is a key factor in the safe care of the animal, because of its large body size.

The aim of this study was to analyze changes in the behavior of adult male green iguana in the process of taming, in order to ensure safe care of the male in the future. This paper is a case report.

For this purpose, contact exercises were carried out: spraying the terrarium and iguana's body with water, gentle touch, feeding from your hand and try to lift a lizard in a terrarium. The first changes in the behavior of iguana were visible after two months of exercising. The lizard stopped responding aggressively to shelter personnel doing daily activities in the terrarium (feeding, changing water, cleaning). The following months of taming also brought positive effects - iguana began to exhibit free behaviors in the presence of people staying near the terrarium, and tolerate direct contact with keepers.

Key words: behavior, green iguana, taming, welfare.

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017

Wstęp

Legwan zielony (*Iguana iguana*) to duża, roślinożerna jaszczurka zaliczana do rzędu łuskonośnych (Squamata), rodziny legwanowatych (Iguanidae). Oryginalny obszar występowania tego gatunku to Ameryka Południowa (dorzecza Amazonki i Orinoko) oraz Ameryka Środkowa aż po południowy Meksyk (GORAZDOWSKI I KACZOROWSKI, 2005). Aktualnie jego zasięg geograficzny obejmuje również południe Stanów Zjednoczonych, szczególnie Hawaje czy Florydę (KRYSKO I IN., 2007).

Legwan zielony jest bardzo popularnym gadem wśród hodowców zwierząt egzotycznych na całym świecie. Wymieniony jest w II załączniku Konwencji Waszyngtońskiej (CITES) co oznacza, że obrót międzynarodowy osobnikami tego gatunku podlega ścisłej reglamentacji, mimo iż legwany nie mają aktualnie statusu zwierząt zagrożonych wyginięciem. Jaszczurka ta jest również umieszczona w załączniku B rozporządzenia Rady (WE) nr 338/97 z dnia 9 grudnia 1996 r. w sprawie ochrony gatunków dzikiej fauny i flory w drodze regulacji handlu nimi. Według polskich przepisów osoba prywatna wchodząca w posiadanie zwierzęcia z tego załącznika ma 14 dni na zgłoszenie go do rejestru.

Legwany nie są polecane dla początkujących hodowców, ponieważ opieka nad nimi może sprawiać problemy. Jaszczurki te wykazują dużą zmienność osobniczą pod względem zachowania, każdy nowo nabyty osobnik powinien przejść proces oswajania, który jednak nie gwarantuje, że legwan stanie się łagodnym zwierzęciem towarzyszącym, nawet jeśli oswajanie zostało przeprowadzone prawidłowo (CHLEBICKA I IN., 2012).

Celem pracy była analiza zmian zachowania samca legwana zielonego w trakcie procesu oswajania, w stopniu umożliwiającym bezpieczne sprawowanie nad nim opieki, przy zachowaniu wszystkich wymogów dobrostanu zwierząt. Całość została zrealizowana w Lubelskim Egzotarium (ośrodek rehabilitacji i schronisko dla zwierząt egzotycznych) działającym przy Schronisku dla Bezdomnych Zwierząt w Lublinie.

Opis gatunku

Legwan zielony jest dużą, nadrzewną, dzienną jaszczurką, która doskonale wspina się, pływa oraz skacze. Posiada masywny pokryty łuskami w odcieniach zieleni, szarości, brązu i czerni tułów, wsparty na silnych kończynach zakończonych giętkimi palcami i ostrymi pazurami. Samce tego gatunku osiągają długość około 2 metrów, natomiast samice są mniejsze – dorastają do 1,2–1,5 metra. Trzymane w odpowiednich warunkach terraryjnych mogą dożyć 10-15 lat (DE VOSJOLI I IN., 2003). Znaczna część długości jaszczurki przypada na ruchliwy ogon, który jest wykorzystywany przy pływaniu i obronie, może on również zostać odrzucony (autotomia). Samce są nie tylko większe od samic, posiadają również dłuższe wyrostki kolczyste wzdłuż grzbietu oraz bardziej okazały fałd skórny na podgardlu. Obie struktury mają sprawiać wrażenie, że legwan jest większy niż w rzeczywistości i odstraszyć potencjalne zagrożenie. Poza rozmieszczonymi po bokach klinowatej głowy oczami legwan posiada także szczątkowe oko ciemieniowe, które zlokalizowane jest w otworze ciemieniowym czaszki. Jego funkcja nie jest jeszcze dokładnie poznana, istnieje kilka hipotez co do sposobu wykorzystywania tego narządu. Zakłada się na przykład, że oko ciemieniowe wpływa na termoregulację, służy do oceny zmiany natężenia światła, co pozwala legwanowi na regulowanie swojego behawioru dobowego oraz płciowego jak również, pozwala na odpowiednio szybkie dostrzeżenie drapieżnika zmierzającego z góry (FLANK, 2007). Legwan zielony posiada zęby bez zębodołów, które podlegają wymianie przez całe życie, ucho zewnętrzne, środkowe i wewnętrzne oraz gruby język, który umożliwia

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017

mu badanie otoczenia (ZARZYŃSKA, 2011).

Legwan zielony jest gadem roślinożernym, a jego dieta składa się głównie z liści, którą uzupełnia o kwiaty oraz owoce (BARLETT I BARLETT, 1999). Badania RAND I IN. (1990) wykazały, że treść żołądkowa dorosłych legwanów z Panamy, składa się między innymi z takich rośliny jak: liście śliwca mombin, przepękli ogórkowatej, tekomy prostej, *Centrosema plumieri*, owoce flaszkowca czy *Merremia quinquefolia*.

W warunkach terraryjnych natomiast, gadom tym podaje się między innymi liście oraz kwiaty mniszka lekarskiego, liście gorczycy, rzepy, koniczyny, endywii, rukoli, kapusty pekińskiej, pamiętając przy tym o odpowiednim suplementowaniu diety wapniem i witaminami. Należy unikać podawania liści sałaty, szpinaku, buraka liściowego czy buraka ćwikłowego, ze względu na wysoką zawartość szczawianów, które łącząc się z wapniem wypłukują ten pierwiastek z organizmu gada, co może prowadzić do poważnych schorzeń układu kostnego (BARTEN, 2003). Podstawy diety nie powinny stanowić owoce, ponieważ mają one niską wartość odżywczą oraz wysoką zawartość fosforu, dlatego należy je ograniczać w diecie tych zwierząt (CHLEBICKA I IN., 2012).

W sezonie rozrodczym samica legwana zielonego może złożyć od 20 do 80 jaj, których inkubacja może trwać od 65 od 115 dni przy odpowiednio wysokiej wilgotności i temperaturze w przedziale 28-32°C (GORAZDOWSKI I KACZOROWSKI, 2005). Wartości te mogą się różnić nie tylko w zależności od warunków środowiska, ale również od wieku i kondycji danego osobnika. Do rozmnażania dochodzi w porze suchej, tak aby wyklute w porze deszczowej potomstwo miało zapewniony dostęp do dużej ilości pokarmu (DE VOSJOLI I IN., 2003). W czasie okresu godowego samce są bardziej czujne i często agresywne względem innych samców, z którymi rywalizują o samice, a łuski pokrywające ich ciało mają wyraźniejsze barwy. Podczas zalotów prezentowane są następujące zachowania: gwałtowny „head-bobbing" (pionowe, „potakujące" ruchy głową), szybkie składanie i rozkładanie fałdu skórnego na podgardlu oraz tzw. „pompki" czyli uginanie i prostowanie kończyn piersiowych, ponadto samce nadymają ciało wspierając je na wszystkich czterech kończynach, aby wydawać się większymi (BARTLETT I BARTLETT, 1999).

Historia legwana

Osobnik, który trafił pod opiekę Lubelskiego Egzotarium był wcześniej utrzymany w terrarium razem z samicą tego samego gatunku. Właściciele gadów przyznali, że nie poświęcali im zbyt dużo czasu, a ich opieka ograniczała się do sprzątania i podawania pokarmu. Nieoswojony samiec reagował agresywnie na obecność człowieka. Zachowywał się również brutalnie w stosunku do samicy w okresie godowym. Podczas licznych prób kopulacji dotkliwie pogryzł samicę w kark, co skutkowało ropnym zapaleniem skóry, które było powikłane infekcją grzybiczą. Agresja u samców w okresie godowym jest zjawiskiem normalnym. Jak zauważa WARWICK I IN. (2013) w warunkach naturalnych samica, która nie chce kopulować ucieknie, natomiast w warunkach terraryjnych, do tego typu urazów podczas zalotów często dochodzi w przypadku zbyt ograniczonego środowiska, gdy jaszczurki dzielące ze sobą terrarium mają zbyt mało miejsca na ucieczkę.

Właściciele zdecydowali się na rozdzielenie pary, ale terrarium, do którego została przeniesiona samica znajdowało się w takim położeniu, że samiec nadal ją widział i z determinacją próbował się do niej dostać, rozbijając sobie przy tym pysk o szybę.

Opiekunowie jaszczurek nie radzili sobie z agresywnym zachowaniem samca i 1 grudnia 2015 roku przekazali oba osobniki do Lubelskiego Egzotarium.

—Leczenie weterynaryjne—

Ze względu na stan pyska legwan wymagał natychmiastowej wizyty w gabinecie weterynaryjnym. Leczenie oraz zabiegi pielęgnacyjne miały swoją kontynuację w Egzotarium. Podczas wykonywania tych czynności konieczne było wyjmowanie jaszczurki z terrarium, co było dodatkowym czynnikiem stresogennym, wzmagającym agresywne zachowanie. Samiec, podczas wizyty w gabinecie weterynaryjnym jak i podczas wykonywania zabiegów weterynaryjnych przez weterynarza w schronisku, był przykrywany ręcznikiem i przytrzymywany przez pracowników lub wolontariuszy Egzotarium. Przykrywanie miało na celu uspokojenie jaszczurki oraz zapewnienie bezpieczeństwa osobom znajdującym się w jej otoczeniu. Legwan został również odseparowany od samicy, którą umieszczono w osobnym pomieszczeniu.

Metody oswajania legwana w schronisku

Przeniesienie zwierzęcia do nowej lokalizacji stwarza konieczność przeprowadzenia procesu aklimatyzacji, w celu poznania i przyzwyczajenia się do nowego otoczenia. W tym czasie nie należy próbować dotykać ani łapać legwana, ponieważ zwierzę może wpaść w panikę i zrobić sobie krzywdę podczas ucieczki (ZARZYŃSKA, 2011). Ze względu na konieczność wyjmowania legwana z terrarium podczas wykonywania zabiegów weterynaryjnych osobnik, który trafił do Lubelskiego Egzotarium nie przeszedł procesu aklimatyzacji do nowych warunków w sposób prawidłowy.

Początkowo praca z jaszczurką polegała na przyzwyczajaniu jej do obecności ludzi w najbliższym otoczeniu. Pracownicy i wolontariusze Egzotarium wykonywali swoje codzienne obowiązki bez zwracania uwagi na legwana podchodząc do niego na bliską odległość tylko w celu podania pokarmu i wody oraz wymiany podkładów higienicznych, których używano podczas leczenia w celu zachowania jak największej higieny. Należy zaznaczyć, że samiec miał okazje obserwować przy pracy różne osoby przez średnio 1,5-2 godziny dziennie. Gdy jaszczurka zaczęła akceptować ludzi w pobliżu terrarium i nie wykazywała już gotowości do otwartego ataku stopniowo zaczęto wydłużać czas przebywania blisko niej.

Utrzymywanie odpowiedniej wilgotności terrarium jest niezbędne do zapewnienia tym gadom optymalnych warunków środowiskowych. Analiza dostępnej literatury wykazuje rozbieżności w zakresie optymalnej wilgotności dla legwanów utrzymywanych w warunkach terraryjnych (BARTEN, 2003; FLANK, 2007; MADER I DIVERS, 2014; SUMMERS 2013; ZARZYŃSKA 2011). VOSJOLI I IN. (2003) podają, że wilgotność powinna zawierać się w przedziale od 70 do 80% i zalecane jest spryskiwanie jaszczurki raz dziennie. Odrębnego zdania jest MARTIN I IN. (2005) według którego, wilgotność powinna osiągać poziom od 80 do 85%, a zwierzę należy opryskiwać nawet kilka razy w ciągu dnia. Wykorzystano proces spryskiwania terrarium jako pierwszy bodziec służący przyzwyczajeniu zwierzęcia do codziennych czynności wykonywanych przez człowieka. W przypadku tego osobnika zraszanie wodą ciała było jedyną czynnością, która w krótkim czasie po wyleczeniu ran pyska nie powodowała u legwana zachowań agresywnych. Terrarium zraszano raz dziennie, początkowo tylko przez lekko uchyloną szybę terrarium. Zauważono, że jaszczurka nieruchomieje i zamyka oczy podczas tej procedury. Wykorzystano tą nieruchomą pozę do przyzwyczajania gada do dotyku przez człowieka.

Zaczęto od krótkotrwałego dotyku w okolicy szyi i podgardla. Z upływem czasu dotykano (poprzez głaskanie i lekkie drapanie) również okolice karku, obszar wzdłuż wyrost-

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017

ków kolczystych, kończyny oraz ogon. Unikano dotykania czubka głowy ze względu na oko ciemieniowe, czyli narząd światłoczuły służący między innymi do wykrywania zagrożenia nadchodzącego z góry (np. drapieżne ptaki). Z podobnych powodów nigdy nie chwytano jaszczurki od góry, aby nie wywołać skojarzenia palców zaciśniętych na grzebiecie ze szponami drapieżnika, co mogłoby skutkować paniką i próbą ucieczki.

Kolejnym sposobem na przyzwyczajenie legwana do obecności człowieka było podawanie pokarmu (np. liści rukoli) z ręki, również przez uchyloną szybę terrarium. Pokarm był prezentowany legwanowi nie przed samym pyskiem, a lekko od boku, ponieważ rozmieszczenie oczu po bokach głowy sprawia, że pole widzenia obuocznego u tych jaszczurek jest niewielkie (FLANK, 2007).

Przy postępujących pozytywnych zmianach w behawiorze legwana wykonano próby podnoszenia zwierzęcia w terrarium. Rozpoczęto od wsuwania dłoni pod tułów gada i przyzwyczajania go do leżenia na przedramieniu jak na gałęzi. Ćwiczenia te nie miały jednak kontynuacji ze względu na silną reakcję stresową u jaszczurki.

Zmiany zachodzące w zachowaniu legwana

W czasie leczenia weterynaryjnego zwierzę bardzo źle znosiło obecność ludzi w pobliżu terrarium i reagowało silnym stresem oraz agresją. Legwan na widok człowieka przyjmował postawę grożącą: ciało spięte, oparte na czterech kończynach, grzbiet łukowato wygięty, fałd skórny na podgardlu wyeksponowany. Jaszczurka uważnie obserwowała zagrożenie i często wydawała z siebie głośne syknięcia. Kilka razy doszło do bicia ogonem w szybę terrarium. Zwierzę nie poruszało się ani nie jadło w obecności człowieka. Przez większość doby legwan przebywał na półce, będącej jednocześnie najwyższym miejscem w terrarium. Po zakończeniu leczenia weterynaryjnego, kiedy legwan nie był już wyjmowany z terrarium w celu wykonywania zabiegów, akty agresji stopniowo zanikały.

Po około dwóch miesiącach pobytu w schronisku zwierzę nadal spędzało znaczną część doby na półce, a jego poruszanie po terrarium było sporadyczne i krótkotrwałe. Jaszczurka tolerowała obecność pracowników oraz wolontariuszy w swoim otoczeniu i nie reagowała agresywnie podczas sprzątania w terrarium, ale nadal nie jadła z miski, gdy w pobliżu przebywali ludzie. Jednakże, próby dotknięcia lub spryskania gada wodą powodowały, że legwan zamykał oczy i zastygał w bezruchu, co stanowi oznakę nieznacznego dyskomfortu. Gad unosił wysoko głowę i dodatkowo wspierał się na dwóch przednich kończynach, podczas gdy kończyny tylne leżały płasko na półce. Zachowanie to mogło być spowodowane chęcią odsunięcia głowy od źródła wody czy ręki, jako że większość legwanów nie akceptuje takich form kontaktu, chociaż istnieją osobniki, którym jest to obojętne. Zwierzę zostawało w takiej pozycji na długo po zaprzestaniu wykonywania wyżej wymienionych czynności. Legwan nie reagował na podawanie pokarmu z ręki.

W miarę upływu czasu legwan zachowywał się coraz swobodniej w obecności ludzi. Na widok wolontariuszy schodził z półki na dno terrarium i czekał przy misce na świeżą porcję pokarmu. Często spędzał tam dłuższą chwilę po posiłku zanim znów wszedł na górę wiwarium. W czasie trwania obserwacji nie nauczył się jeść z ręki i ignorował próby podawania jedzenia w ten sposób. Akceptował dotykanie tułowia i ogona, także podczas jedzenia, jednakże próby dotykania go w okolice boków głowy, szyi czy fałdu skórnego na podgardlu nadal dość często skutkowały zamykaniem oczu i zastyganiem w bezruchu. Podczas prób podnoszenia w terrarium zwierzę

spinało mięśnie, głośno wydychało powietrze, nieruchomiało lub próbowało zejść z ręki.

Dlatego też ćwiczenia te nie miały kontynuacji. W przypadku tego osobnika przyzwyczajanie do bezstresowego podnoszenia, a potem wyjmowania zajęłoby bardzo dużo czasu. Istniałoby również ryzyko, że legwan nigdy nie zaakceptuje tych czynności, tak samo jak przyjmowania pokarmu z ręki. Ponadto w warunkach schroniskowych przystosowywanie legwana do przebywania poza terrarium nie było niezbędne.

Na tym etapie oswajanie zostało zakończone, ponieważ stopień oswojenia tego osobnika był wystarczający by zapewnić pracownikom i wolontariuszom Egzotarium bezproblemową opiekę nad jaszczurką bez narażania się na urazy ze strony agresywnego zwierzęcia.

Okres godowy w schronisku

Podczas okresu godowego u legwana doszło do ponownych aktów autoagresji z rozbijaniem pyska o szybę. Najbardziej prawdopodobną przyczyną takiego zachowania był widok samca agamy brodatej (*Pogona vitticeps*, rząd łuskonośne), którego terrarium stało po przekątnej do terrarium legwana. W naturze te jaszczurki występują na różnych półkulach, jednakże sygnały wysyłane przez samców obu gatunków mające na celu pokazanie dominacji osobnika na danym terytorium są do siebie zbliżone. Oba samce wykonywały „head-bobbing" i rzucały się na szyby terrariów. W takich sytuacjach należy uniemożliwić jaszczurkom wzajemne widzenie się (np. przenieść terraria lub zasłonić je). W przypadku legwana konieczne było podleczenie nowych niewielkich ran na pysku. Zadanie to było ułatwione, ze względu na przyzwyczajenie się legwana do obsługi przez człowieka, w tym czasie nie wykazywał już zachowań agresywnych względem ludzi. Zabiegi pielęgnacyjne odbywały się bez wyjmowania jaszczurki z terrarium.

Podsumowanie

Proces oswajania samca legwana zielonego w Lubelskim Egzotarium przebiegł pomyślnie i w znacznym stopniu ułatwił opiekę nad zwierzęciem. Po 2 miesiącach codziennego kontaktu z człowiekiem jaszczurka nie przejawiała żadnej agresji podczas sprzątania w terrarium oraz podawania pokarmu i wody. Konieczność leczenia pyska po raz drugi nie stanowiła już problemu oraz niebezpieczeństwa dla personelu wykonującego zabiegi. Swobodne zachowania przejawiane przez legwana w kolejnych miesiącach pobytu w schronisku świadczą o zmniejszeniu poziomu stresu, a co za tym idzie o podniesieniu poziomu dobrostanu gada.

Przeprowadzenie procesu oswajania z pozytywnym skutkiem przynosi również inne korzyści. Dla wielu właścicieli bardzo ważny jest aspekt obcowania ze zwierzęciem. W przypadku oswojonych osobników taki kontakt daje opiekunowi więcej satysfakcji. Natomiast w schronisku gady, które tolerują obecność i dotyk człowieka mają większe szanse na adopcję. Należy jednak wziąć pod uwagę, że nawet prawidłowe i bardzo konsekwentne oswajanie nie przyniesie efektów, a legwan może nigdy nie zaakceptować kontaktu z opiekunem, ze względu na bardzo duże zróżnicowanie zachowań osobniczych u tego gatunku.

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017

Literatura

BARLETT R.D., BARLETT P.P. 1999. Reptile keeper's guides. Green iguanas. Barron's Educational Books. New York.

BARTEN S.L. 2003. Green Iguana Management and Husbandry. IGUANA. 10 (4), 129-141.

CHLEBICKA N., GORZKOWSKI B., STANICKI K., STADNIK F. 2012. Odpowiedzialna terrarystyka. Perfecta Info. Lublin.

DE VOSJOLI P., DONOGHUE S., KLINGENBERG R., BLAIR D. 2003. The green iguana manual. Advanced Vivarium Systems. Mission Viejo. California.

FLANK L. 2007. Iguanas: their biology and captive care. Red and Black Publishers. St. Petersburg. Florida.

GORAZDOWSKI M.J., KACZOROWSKI M. 2005. Leksykon zwierząt terraryjnych. MULTICO Oficyna Wydawnicza. Warszawa.

KRYSKO K.L., ENGE K.M., DONLAN E.M., SEITZ J.C., GOLDERN E.A. 2007. Distribution, natural history, and impacts of the introduced green iguana (*Iguana iguana*) in Florida. IRCF Journal. 14(3), 143-151.

MADER D.R., DIVERS S.J. 2014. Current Therapy in Reptile Medicine and Surgery. Elsevier Saunders. Philadelphia.

MARTIN M., ELSEY G., ANDERSON L., RAMPHREY D. 2005. The iguana den's care and keeping of giant green iguanas. Lulu. Raleigh. North Carolina.

RAND S.A., DUGAN B.A., MONTEZA H., VIANDA D. 1990. The diet of a generalized folivore: Iguana iguana in panama. Journal of Herpetology. 24(2), 211-214.

SUMMERS A. 2013. Common Diseases of Companion Animals. Elsevier Mosby. Maryland Heights. Missouri.

WARWICK C., ARENA P., LINDLEY S., JESSOP M., STEEDMAN C. 2013. Assessing reptile welfare using behavioural criteria. In Practise. 35, 123-131.

ZARZYŃSKA J.M. 2011. Legwan zielony. Zeszyty terrarystyczne. 2, 1-36.

Joanna Borowska-Pakuła
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie
Zakład Hydrologii
Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej
e-mail: jb.pakula@poczta.umcs.lublin.pl

Aleksandra Bober
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie
Zakład Geoekologii i Paleogeografii
Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej
e-mail: abober.pl@gmail.com

ANALIZA PARAMETRÓW FIZYKOCHEMICZNYCH ORAZ SKŁADU CHEMICZNEGO WÓD RZECZNYCH LUBLINA

THE ANALYST OF PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS AND CHEMICAL COMPOSITION OF WATER FROM RIVERS IN LUBLIN

STRESZCZENIE

W ramach niniejszej pracy przeanalizowano własności fizykochemiczne wód rzek przepływających przez Lublin oraz określono stopień oddziaływania na nie organizmu miejskiego. Podstawę pracy stanowiły pomiary terenowe przeprowadzone w obrębie aglomeracji lubelskiej 29 marca 2015 roku. Wodę pobrano z Bystrzycy w 7 przekrojach oraz z rzek na granicy Lublina i przy ich ujściu (Krężniczanka, Czerniejówka i Czechówka), a także powyżej i poniżej odpływu wód ściekowych z oczyszczalni komunalnej Hajdów. Łącznie pobrano próby z 12 przekrojów. W terenie dokonano pomiarów temperatury, przewodności elektrolitycznej właściwej, odczynu i stężenia tlenu rozpuszczonego oraz pobrano próby do analiz laboratoryjnych. W laboratorium Zakładu Hydrologii Wydziału Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej UMCS, określono pełny skład chemiczny wody przy użyciu chromatografii jonowej. W pracy przedstawiono wyniki analizy podstawowych cech fizykochemicznych i składu chemicznego badanych wód oraz wnioski dotyczące zmian w ekosystemach rzecznych. Na każdej z badanych rzek zaznaczył się wpływ organizmu miejskiego, przejawiający się wzrostem stężeń jonów o genezie antropogenicznej oraz spadkiem stężeń geogenów. Ponadto zaobserwowano liczne zmiany jakości wód Bystrzycy spowodowane działalnością oczyszczalni Hajdów.

Słowa kluczowe: Lublin, hydrochemia, antropopresja, hydrologia miejska.

ABSTRACT

The subject of this paper is to analyze physical and chemical properties of the water in Lublin's rivers and to define how does the urban area affect the quality of water. The paper is based on the local research which took place in Lublin agglomeration on 29th March 2015. The samples are collected from Bystrzyca river in a few hydrometric profiles, and from the other rivers (Krężniczanka river, Czerniejówka river and Czechówka river), starting from the area close to the city boundary, next to the rivers' mouths and also before and after the flow of sewerage from treatment plant in Hajdów. In total, the water for the further laboratory analyses was sampled from 12 profiles. Temperature, conductance, pH and oxygenation of the water were measured during terrain researches. Full chemical composition was quantified using method of chromatography in the Laboratory of Hydrology Department, Faculty of Earth Sciences and Spatial Management UMCS.

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL

The paper contains results of analysis of basic physical and chemical water properties and the conclusion related to the transformation of river ecosystems. An impact of the urbanized area is observed on each of the tested rivers, resulting in the increase in concentration of ions of anthropological origins and decrease in concentration of geogens. Furthermore a lot of changes of Bystrzyca water quality were caused by the impact of Hajdów sewerage treatment plant.

Key words: Lublin, hydrochemistry, anthropopressure, urban hydrology.

Wprowadzenie

Lublin to jeden z większych ośrodków miejskich wschodniej Polski. Historia lokacji miasta sięga średniowiecza i jest silnie związana z rzeźbą terenu – układem wzgórz i przebiegiem dolin rzecznych (KOTER I KULESZA, 2001). Pierwsza osada założona została w VI wieku na wzgórzu u zbiegu dolin Czechówki i Bystrzycy. Sąsiedztwo szerokiej i podmokłej doliny Bystrzycy przyczyniło się do rozwoju gospodarczego miasta, oraz wzmacniało jego obronność. Kolejne wieki, w trakcie których następował rozwój dzisiejszej aglomeracji, przynosiły zmiany zajmowanej przez osadników powierzchni (RADZIK I WITUSIK, 1997). Współcześnie Lublin położony jest w obrębie trzech dolin rzecznych – Bystrzycy, Czechówki oraz Czerniejówki, jego powierzchnia to 147,5 km^2 a liczba jego ludności przekracza 350 tysięcy (BUDZYŃSKI, 2014). Rozwój osadnictwa, rolnictwa oraz przemysłu rozpoczął proces przekształcania środowiska przyrodniczego, co w znacznym stopniu wpłynęło na warunki krążenia wody i jej jakość (HALL, 1984).

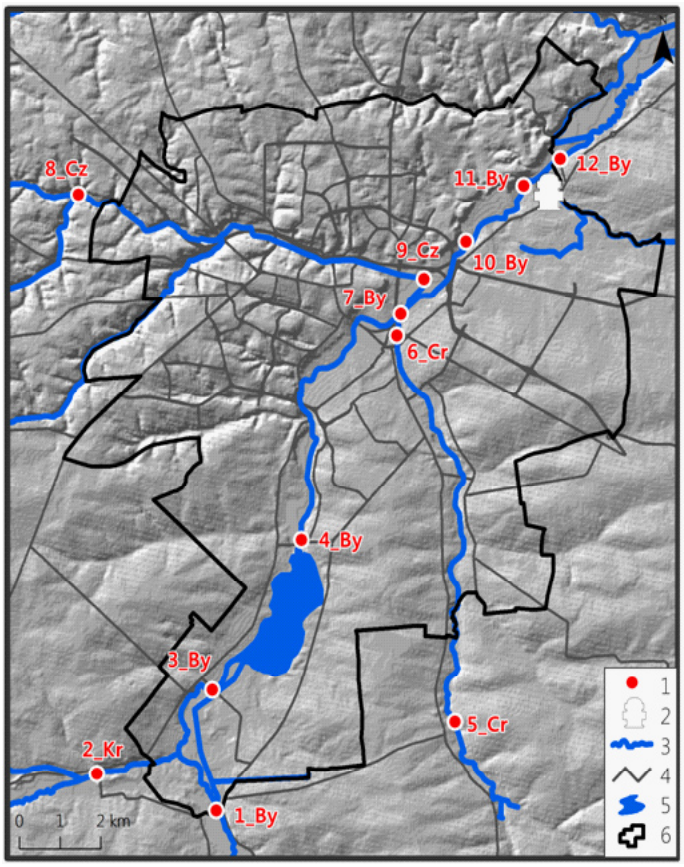
Celem niniejszej pracy jest kompleksowe spojrzenie na cechy fizykochemiczne wód rzek przepływających przez Lublin oraz określenie stopnia oddziaływania na nie organizmu miejskiego. W warunkach naturalnych właściwości wody rzecznej związane są przede wszystkim z morfologią podłoża. Na terenach zurbanizowanych, objętych antropopresją do wód płynących dostają się liczne zanieczyszczenia (BAJKIEWICZ-GRABOWSKA I MIKULSKI, 1999). Część z nich trafia do recypienta wraz ze spływem powierzchniowym oraz podziemnym na całym biegu rzeki, część natomiast wprowadzana jest w postaci wód pościekowych (ROGULSKA, 2016).

Materiał i metody badań

Badania oparto o pomiary terenowe przeprowadzone w ciągu jednej doby, 29 marca 2015 roku oraz o literaturę przedmiotu. W terenie za pomocą czerpaka pobrano wodę w 12 przekrojach (rys. 1) z następujących rzek: Krężniczanki (przy ujściu), Czerniejówki i Czechówki (przy granicy miasta oraz przy ujściu), a także z Bystrzycy (przy granicy miasta, poniżej dopływów oraz powyżej i poniżej dopływu wód pościekowych z oczyszczalni komunalnej Hajdów).

W miejscu poboru prób za pomocą wielofunkcyjnego miernika Elmetron CX461 wyposażonego w czujniki: temperatury, tlenu, przewodności elektrolitycznej i odczynu wody (konduktometr EC-60 i elektroda pH EPP-1) zmierzono parametry fizyczne (temperaturę wody, przewodność elektrolityczną właściwą i stężenie tlenu) oraz parametry chemiczne (pH). Analizę laboratoryjną wykonano w Zakładzie Hydrologii Wydziału Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej (WNoZiGP) UMCS w Lublinie. Zasadowość ogólną oznaczono poprzez miareczkowanie próbki wody kwasem solnym 0,05 N, wobec wskaźnika mieszanego zieleń bromokrezolowa / czerwień metylowa; na jej podstawie obliczono stężenie jonu wodorowęglanowego. Do oznaczenia zawartości jonów wapnia wykorzystano metodę miareczkowania kompleksometrycznego z użyciem wersenianu dwusodowego

i kalcesu jako wskaźników w celu określenia punktu końcowego miareczkowania. Stężenia podstawowych anionów i kationów oznaczono na chromatografie jonowym firmy Metrohm model MIC 3. Poprawność wykonanych analiz weryfikowano certyfikowanym materiałem odniesienia Environment Canada MISSIPPI-03. Wyniki podstawowych oznaczeń sprawdzono poprzez wykonanie bilansu jonowego wody. Błąd analizy nie przekroczył 3,0%.



Rys. 1. Rozmieszczenie punktów pomiarowych oceny jakości wody rzecznej w Lublinie (1 –punkty poboru, 2 – oczyszczalnia Hajdów, 3 – sieć rzeczna, 4 – sieć drogowa, 5 – Zalew Zemborzycki, 6 – granica miasta Lublin).

Podstawowe charakterystyki wody

Podczas badań terenowych temperatura powietrza wynosiła około 5°C i występował niewielki opad atmosferyczny (4,8 mm), nie powodujący spływu powierzchniowego. Przepływy rzek kształtowały się na poziomie wartości średnich z wielolecia, a z dorzecza Bystrzycy odpływało ok. 5 $m^3 \cdot s^{-1}$ (mat. Zakładu Hydrologii, WNoZiGP UMCS).

Średnia temperatura wody wyniosła 8,7°C, a jej rozkład był nieznacznie zróżnicowany. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że najcieplejszą rzeką była Bystrzyca (średnio 9,1°C), a sama zmienność termiki rzeki głównej była większa niż w przypadku dopływów. Największe wahania temperatury wody Bystrzycy następowały w Zalewie Zemborzyckim oraz po przyjęciu cieplejszych wód pościekowych z oczyszczalni Hajdów. We wszystkich ciekach Lublina temperatura wody nieznacznie rosła z biegiem rzek, a zatem można mówić o niewielkim wpływie miasta na termikę wody w badanym okresie (tab. 1) (ZIELIŃSKI I IN., 2012). Natlenienie wody jest bezpośrednio związane z jej temperaturą (GIBCZYŃSKA, 2013). Średnie stężenie tlenu rozpuszczonego w wodach rzek Lublina wyniosło 10,1 $mg \cdot dm^{-3}$ i na większości rzek obserwowany był jego spadek pod wpływem oddziaływania miasta. Miejscem największych zmian był Zalew Zemborzycki, w którym nastąpił wzrost natlenienia o 15% (tab. 1). W trakcie badań określono pH, którego średnia wartość wyniosła 7,7. Podobnie jak w przypadku natlenienia, najistotniejsze zmiany zachodziły w obrębie Zalewu (wzrost o 6%). Pomiędzy pozostałymi punktami różnice w wartościach pH nie były znaczące, a zatem odczyn wód rzecznych należy określić jako lekko zasadowy (tab. 1) (BURCHARD, 1997).

Na etapie prac terenowych określono także przewodność elektrolityczną właściwą (PEW). Jest to wynikająca ze stężenia jonów zdolność do przewodzenia prądu elektrycznego przez wodę (DOJLIDO, 1995). Wartość PEW jest bezpośrednio związana z bogactwem naturalnym koryta rzeki (w szczególności z budową geologiczną) oraz zanieczyszczeniami. Związki organiczne, z których zbudowane są brzegi oraz dno koryta, ulegają dysocjacji w niewiel-

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017

kim stopniu, natomiast związki nieorganiczne, często pochodzące z zanieczyszczeń, dysocjują znacznie silniej (GIBCZYŃSKA, 2013). Średnia wartość PEW wyniosła 486 $\mu S \cdot cm^{-1}$, a wraz zbiegiem przez obszar miasta wszystkich rzek stwierdzono jej tendencję spadkową. Znaczny przyrost wartości stwierdzono za to w wodach Bystrzycy poniżej oczyszczalni Hajdów (tab. 1).

Największe zmiany parametrów fizykochemicznych odnotowano na dwóch odcinkach: pomiędzy punktami zlokalizowanymi powyżej i poniżej Zalewu Zemborzyckiego oraz pomiędzy punktami zlokalizowanymi powyżej i poniżej oczyszczalni Hajdów. Sztuczny zbiornik na Bystrzycy o powierzchni 278 ha powstał w 1974 roku (SMALL I IN., 2012). Jego wody charakteryzuje dominacja jonów HCO^{3-} i Ca^{2+}, mineralizacja kształtuje się na poziomie 200-500 $mg \cdot dm^{-3}$, a odczyn (w zależności od pory roku) waha się od 7 do 9 (MICHALCZYK I IN., 2015). Wpływ Zalewu Zemborzyckiego na jakość wód rzeki Bystrzycy jest udokumentowany i był szeroko dyskutowany w literaturze (RADWAN, 2006; MICHALCZYK I IN., 2015; GRZYWNA I IN., 2016), jednak nie jest przedmiotem niniejszego artykułu. Z perspektywy oceny oddziaływania miasta na jakość wody bardziej istotne są zmiany zachodzące w wyniku pracy oczyszczalni w dzielnicy Hajdów-Zadębie. Obiekt funkcjonuje od początku lat dziewięćdziesiątych, oczyszcza ścieki bytowe i przemysłowe z aglomeracji lubelskiej, a odbiornikiem wód pościekowych jest Bystrzyca (JAROMIN-GLEŃ I IN., 2015). W wyniku procesów oczyszczania mechanicznego i biologicznego następuje znaczna redukcja zanieczyszczeń (ponad 94%) określanych za pomocą wskaźników takich jak biologiczne i chemiczne zapotrzebowanie na tlen, zawiesina ogólna, stężenia związków azotu i fosforu (MPWIK,

Tab. 1. Zestawienie wyników pomiarów cech fizykochemicznych wód rzecznych Lublina z dnia 29 marca 2015 r.

Punkt	Lokalizacja	Rzeka	T	O_2	PEW	pH
1 By	Prawiedniki	Bystrzyca	9,0	9,6	494,5	7,6
2 Kr	Krężnica Jara	Krężniczanka	8,3	11,1	609,6	7,6
3 By	Zalew, ul. Cienista	Bystrzyca	9,1	10,0	524,9	7,7
4 By	Zalew, ul. Żeglarska	Bystrzyca	9,3	11,5	445,1	8,2
5 Cr	Mętów	Czerniejówka	7,9	10,0	518,2	7,4
6 Cr	Lublin, ul. Czerniejowska	Czerniejówka	8,4	10,4	433,5	7,8
7 By	Lublin, ul. Kąpielowa	Bystrzyca	9,0	9,4	389,1	7,9
8 Cz	Dąbrowica	Czechówka	8,2	10,4	709,1	7,6
9 Cz	Lublin, ul. Działkowa	Czechówka	8,0	10,3	342,3	7,9
10 By	Lublin, ul. Azaliowa	Bystrzyca	8,8	9,5	397,2	7,7
11 By	Lublin, ul. Łagiewnicka	Bystrzyca	8,7	9,5	397,5	7,8
12 By	Lublin, ul. Pliszczyńska	Bystrzyca	9,9	9,2	567,8	7,7

Objaśnienia: T – temperatura wody [°C], O2 – tlen rozpuszczony [$mg \cdot dm^{-3}$], PEW – przewodność elektrolityczna właściwa [$\mu S \cdot cm^{-1}$], pH – odczyn wody.

(MICHALCZYK I IN., 2015). Wpływ Zalewu Zemborzyckiego na jakość wód rzeki Bystrzycy jest udokumentowany i był szeroko dyskutowany w literaturze (RADWAN, 2006; MICHALCZYK I IN., 2015; GRZYWNA I IN., 2016), jednak nie jest przedmiotem niniejszego artykułu. Z perspektywy oceny oddziaływania miasta na jakość wody bardziej istotne są zmiany zachodzące w wyniku pracy oczyszczalni w dzielnicy Hajdów-Zadębie. Obiekt funkcjonuje od początku lat dziewięćdziesiątych, oczyszcza ścieki bytowe i przemysłowe z aglomeracji lubelskiej, a odbiornikiem wód pościekowych jest Bystrzyca (JAROMIN-GLEŃ I IN., 2015). W wyniku procesów oczyszczania mechanicznego i biologicznego następuje znaczna redukcja zanieczyszczeń (ponad 94%) określanych za pomocą wskaźników takich jak biologiczne i chemiczne zapotrzebowanie na tlen, zawiesina ogólna, stężenia związków azotu i fosforu (MPWIK, 2017). Natomiast dopływ z oczyszczalni powoduje znaczne zmiany cech fizykochemicznych wody samej Bystrzycy: wzrost temperatury (o 1,2˚C – 14%), wzrost PEW (o 170 $\mu S \cdot cm^{-1}$ – 43%) i spadek natlenienia (o 0,3 $mg \cdot dm^{-3}$ – 3%).

Analiza składu chemicznego

Na podstawie przeprowadzonej analizy składu jonowego oznaczono: Li^{+}, Na^{+}, NH^{4+}, K^{+}, Mn^{2+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Sr^{2+}, HCO^{3-}, F^{-}, $HCOO^{-}$, Cl^{-}, NO^{2-}, Br^{-}, NO^{3-}, PO_4^{3-}, SO_4^{2-}. Ze względu na śladowe ilości, w analizie nie uwzględniono następujących jonów: kationów: litu, strontu i manganu oraz anionów: mrówczanowego, fluorkowego, bromkowego, azotowego (III) oraz fosforanowego (V).

Na podstawie bilansu jonowego obliczono mineralizację ogólną rozumianą jako sumę stężeń wszystkich składników mineralnych (DOJLIDO, 1995). W przypadku dopływów: Czechówki i Czerniejówki na odcinkach miejskich nastąpił wyraźny spadek mineralizacji. W kolejnych punktach pomiarowych na Bystrzycy istotnie zaznaczyła się rola dopływów. Wraz z biegiem, recypient przyjmuje kolejne dopływy, wynikiem czego jest większe rozcieńczenie substancji mineralnej.

Na podstawie bilansu jonowego pobranych prób wody określono także zmienność stężeń jonów poszczególnych pierwiastków w wyniku oddziaływania organizmu miejskiego. Ponadto przeanalizowano ich pochodzenie i dokonano klasyfikacji na geogeny (substancje pochodzenia naturalnego) i antropogeny (substancje wprowadzone do obiegu wody przez człowieka) (BOGDANOWICZ I FAC-BENEDA, 2009).

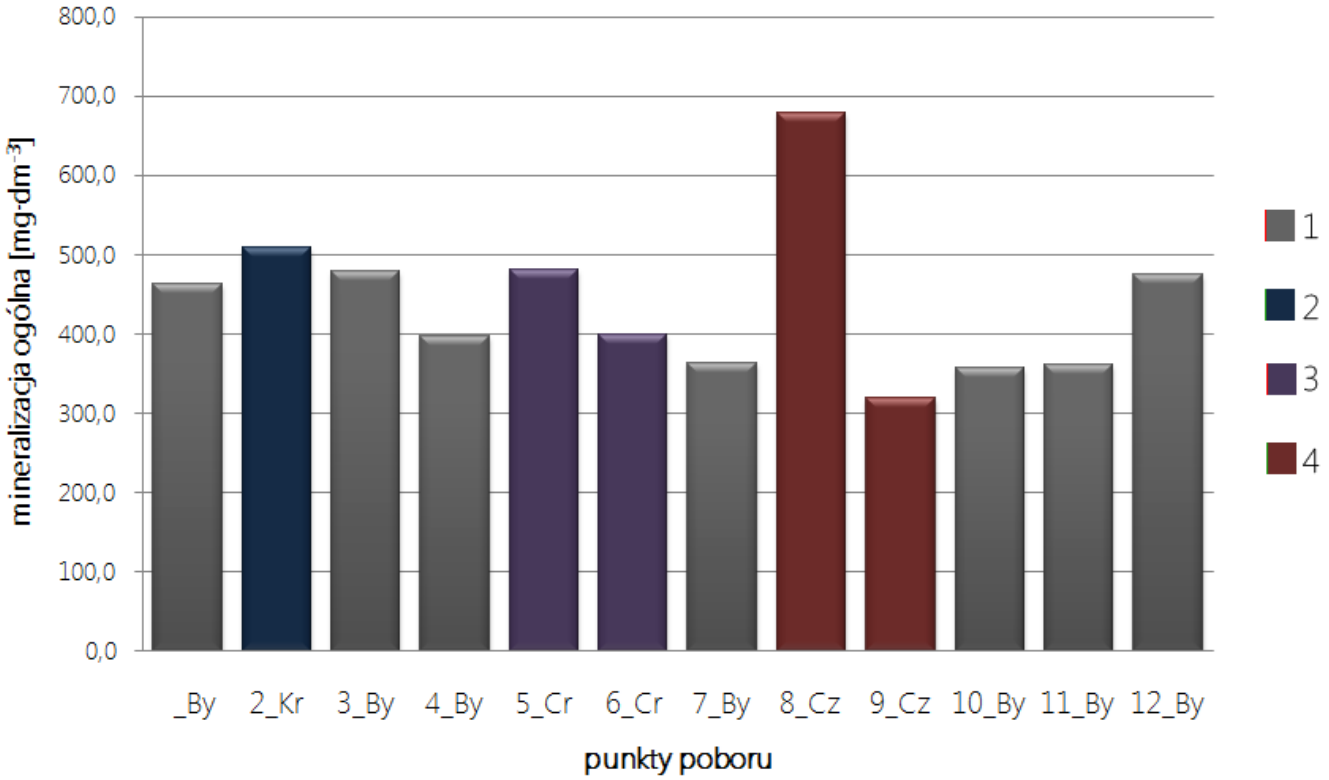
Stężenie jonów sodu w badanej wodzie na wszystkich badanych rzekach wzrastało wraz z biegiem przez obszar zurbanizowany, średnio był to wzrost dwukrotny. Maksymalne stężenie odnotowano poniżej oczyszczalni Hajdów. Sód, najczęściej w postaci chlorku sodu jest powszechnie stosowany w gospodarstwach domowych i przemyśle (np. spożywczym, medycznym), dlatego należy zaliczyć go do antropogenów (BOGDANOWICZ I FAC-BENEDA, 2009).

Potas jest głównym składnikiem m. in. nawozów rolniczych, dlatego też większe wartości jego stężeń występują poza miastem, na terenach rolniczych (GIBCZYŃSKA, 2013). Dostaje się on do obiegu wody za sprawą działalności człowieka, a zatem jest antropogenem. Średnie stężenie jonów potasu w próbach pobranych powyżej miasta wynosiło 3,4 $mg \cdot dm^{-3}$, a na terenie miejskim zmalało o niespełna 40%.

Jony amonowe oraz azotanowe stanowiące indykatory jakości wody zakwalifikowano jako antropogeny, ponieważ wskazują one na niedawne zanieczyszczenie wywołane przez człowieka. Kationy NH^{4+} pojawiają się w wodzie wraz ze ściekami, a następnie

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017



Rys. 2. Mineralizacja wody rzek Lublina (1 – punkty zlokalizowane na Bystrzycy, 2 – punkty zlokalizowane na Krężniczance, 3 – punkty zlokalizowane na Czerniejówce, 4 – punkty zlokalizowane na Czechówce).

podlegają utlenieniu, gdyż są to związki niestabilne. Tłumaczy to prawidłowość, że im mniejsze stężenia jonów NH^{4+}, tym większe NO^{3-} oraz im większe stężenia jonów NH^{4+} tym mniejsze NO^{3-} (GIBCZYŃSKA, 2013).

Stężenia jonów wapnia, magnezu oraz jonów wodorowęglanowych warunkowane są podłożem węglanowym badanego obszaru, a zatem są to jony geogeniczne (GIBCZYŃSKA, 2013). Ich dominacja w składzie chemicznym jest cechą charakterystyczną naturalnych wód śródlądowych (BAJKIEWICZ-GRABOWSKA I MIKULSKI, 1999). W przypadku wszystkich wymienionych składowych bilansu jonowego, na objętych analizą rzekach odnotowano spadek wartości w wyniku oddziaływania organizmu miejskiego oraz wzrost poniżej miasta, będący rezultatem pracy oczyszczalni Hajdów. Największy ubytek wystąpił w przypadku jonów Mg^{2+} (42%), a najmniejszy – jonów Ca^{2+} (35%). Po procesie oczyszczania wody nastąpił przyrost substancji mineralnej kolejno o 11% (jony wapnia), 20% (jony wodorowęglanowe) oraz 26% (jony magnezu), jednak ostateczne wartości stężeń we wszystkich przypadkach poniżej granicy Lublina były niższe od wartości powyżej miasta.

Geneza występowania jonów chlorkowych w wodzie może być zarówno naturalna (wody solankowe) (RAJCHEL I IN., 2004), jak i antropogeniczna (odpady przemysłowe i komunalne) (SZYMAŃSKA-PULIKOWSKA, 2010). Ze względu na lokalne warunki geologiczne należy jednak wykluczyć genezę geogeniczną i zakwalifikować jony Cl^- jako antropogeny. Na wszystkich badanych rzekach na odcinku miejskim nastąpił przyrost wartości stężeń, średnio o 16%. Poniżej oczyszczalni ścieków, w której wody rzeczne zostały wzbogacone o oczyszczone wody pościekowe, nastąpił ponad dwukrotny wzrost wartości stężeń jonów chlorkowych.

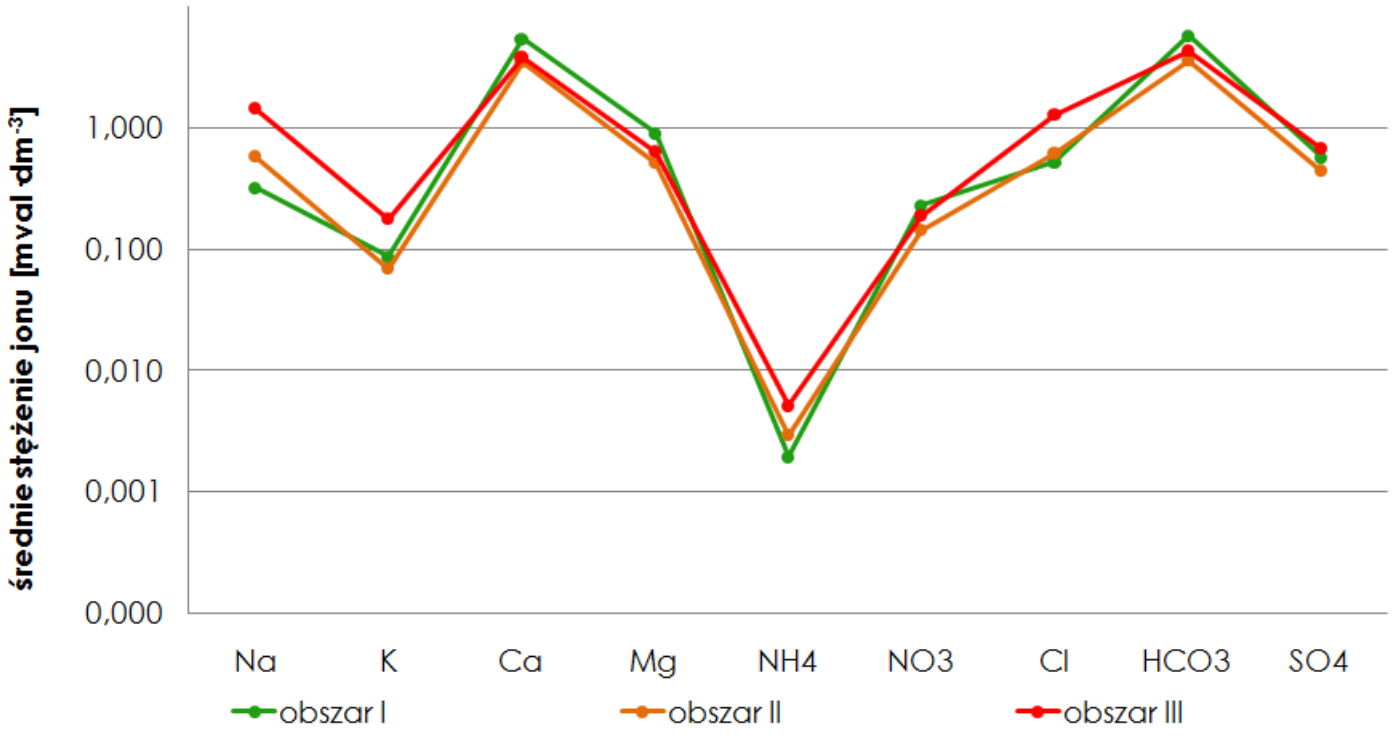
Obecność w wodzie jonów siarczanowych – podobnie jak jonów potasow-

ych – związana jest głównie z działalnością rolniczą. Ze względu na typowo rolniczy charakter Lubelszczyzny (RADZIK I WITUSIK, 1997) stężenia jonów SO^{4-} na odcinku miejskim zmalały o 23%, a poniżej miasta nastąpił ponowny ich wzrost.

Wpływ miasta na jakość wody

Jedną z podstawowych metod graficznych stosowanych w opracowaniu danych hydrochemicznych jest metoda półlogarytmicznego wykresu opracowana przez francuskiego naukowca H. Schoellera. Na logarytmicznej osi pionowej przedstawiono stężenia w milivalach, a na osi poziomej umieszczono wybrane jony (MACIOSZCZYK, 1987). Na wykresy naniesiono średnie stężenia charakteryzujące trzy obszary (rys. 3). Pierwszy z nich objął punkty znajdujące się powyżej miasta na każdej z badanych rzek. Obszar drugi to zlewnia zamknięta przekrojem zlokalizowanym nieznacznie powyżej oczyszczalni Hajdów. Obejmuje ona szereg punktów na Bystrzycy oraz punkty ujścia Czerniejówki i Czechówki. Zlewnia obszaru trzeciego obejmuje całe miasto i zamknięta jest przekrojem znajdującym się poniżej oczyszczalni. Analiza wykresu wskazuje na największy przyrost stężeń jonów sodowych, amonowych oraz chlorkowych w wyniku oddziaływania organizmu miejskiego. W przypadku wszystkich trzech substancji zaznacza się także spadek wartości dla obszaru trzeciego, potwierdzający skuteczność pracy oczyszczalni Hajdów.

Zbiorczą analizę wykazującą wpływ obszaru zurbanizowanego na jakość wody stanowi zestawienie geogenów i antropogenów dla trzech wyżej wymienionych obszarów (rys. 4). Do grupy geogenów zakwalifikowano jony wodorowęglanowe, wapnia oraz magnezu, natomiast pozostałe substancje do antropogenów. Na całym obszarze objętym badaniami następowała kumulacja zanieczyszczeń. Część z nich trafiała do rzek wraz ze spływem



Rys. 3. Zmiany średniego stężenia wybranych jonów na obszarze Lublina.

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017

powierzchniowym i podziemnym, zwiększając udział substancji antropogennych w obrębie zlewni obszaru II (przyrost antropogenów o 5,5%). Część natomiast odprowadzana była systemem kanalizacyjnym do oczyszczalni, w której po neutralizacji trafiała do recypienta. W rezultacie, w obrębie miasta następował ponad dwukrotny wzrost stężeń antropogenów.

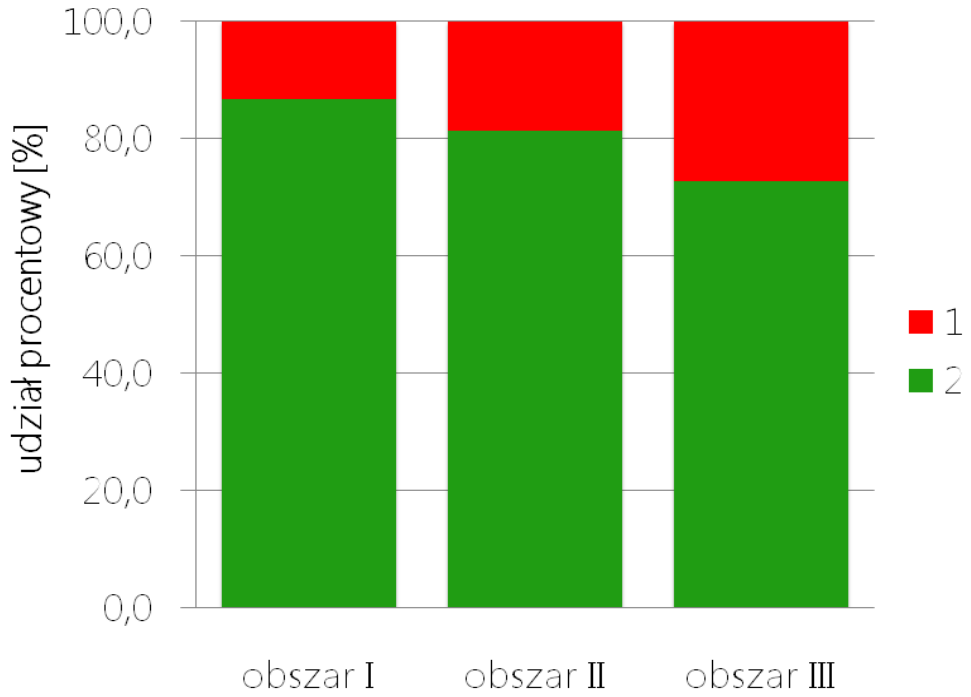
Wnioski

W pracy przeanalizowano właściwości fizykochemiczne wód rzek przepływających przez Lublin ze szczególnym uwypukleniem zmian o charakterze przestrzennym. W przypadku każdej z badanych rzek zaznaczył się wpływ organizmu miejskiego, ponadto zaobserwowano liczne prawidłowości dotyczące zmian jakości wód zachodzących na odcinkach miejskich oraz spowodowanych działalnością oczyszczalni Hajdów. Według opracowanej przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska klasyfikacji stanów ekologicznego i chemicznego wód rzecznych stan wód Bystrzycy powyżej Lublina określony został jako umiarkowany, a poniżej Lublina jako słaby. Pod wpływem antropopresji nastąpiło obniżenie klasy elementów biologicznych (z III na IV) oraz podwyższenie klasy elementów hydromorfologicznych (z II na I). W przypadku elementów fizykochemicznych klasa II została utrzymana (ROGULSKA, 2016). Prowadzone badania pozwoliły na sformowanie następujących wniosków:

1. monitoring hydrologiczny i hydrochemiczny w obrębie aglomeracji lubelskiej potwierdza wpływ antropopresji na jakość wód rzecznych;

2. pod wpływem oddziaływania organizmu miejskiego następuje spadek wartości przewodności elektrolitycznej właściwej, co jest związane przede wszystkim ze obniżeniem stężeń jonów geogenicznych: Mg^{2+}, Ca^{2+} i HCO^{3-};

3. potwierdzeniem antropopresji w zlewni Bystrzycy jest wzrost stężeń antropogenów: Na^{+}, NH^{4+}, Cl^{-} wraz z biegiem wszystkich



Rys. 4. Udział procentowy geogenów i antropogenów w wodach rzecznych na obszarze Lublina (1 – antropogeny, 2 – geogeny).

uwzględnionych w analizie rzek;

4. poniżej centrum miasta, w wyniku dopływu wód pościekowych z oczyszczalni Hajdów, następuje znaczny wzrost stężeń większości jonów (Na^{+}, NH^{4+}, K^{+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO^{3-}, Cl^{-}, NO^{3-}, $SO4^{2-}$) przekładający się na niemal podwojenie wartości przewodności elektrolitycznej właściwej.

Literatura

BAJKIEWICZ-GRABOWSKA E.,MIKULSKI Z. 1999. Hydrologia ogólna. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa.

BOGDANOWICZ R., FAC-BENEDA J. 2009. Zasoby i ochrona wód, obieg wody i materii w zlewniach rzecznych. Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego. Gdańsk.

BUDZYŃSKI I. 2014. Powierzchnia i ludność w przekroju terytorialnym w 2014 roku. GUS. Warszawa.

BURCHARD J. 1997. Analiza porównawcza składu fizykochemicznego wód opadowych, porowych i gruntowych. Acta Universitatis Lodziensis Folia Geographica Physica 1. Łódź.

DOJLIDO R. J. 1995. Chemia wód powierzchniowych. Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko. Białystok.

GIBCZYŃSKA M. 2013. Hydrochemia. Wydawnictwo Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego. Szczecin.

GRZYWNA A., JÓŹWIAKOWSKI K., GIZIŃSKA-GÓRNA M., MARZEC M., MAZUR A., OBROŚLAK R. 2016. Analysis of ecological status of surface waters in the Bystrzyca river in Lublin. Journal of Ecological Engineering 17, 5. Lublin.

HALL M. J. 1984. Urban Hydrology. Elsevier Applied Science Publishers. London and New York.

JAROMIN-GLEŃ K., KUREK E., BIS M., KOPERTOWSKA A., JACZYŃSKI M., JAWORSKA M. 2015. Effect of "Hajdow" wastewater treatment plant modernization on wastewater purification process. Ecological Chemistry and Engineering. A. 22(3), Opole. 297-311.

KOTER M., KULESZA M. 2001. Geographical And Historical Grounds Of Formation Of borders of former and present-day Poland. [W:] Changing role of border areas and regional policies. Region and Regionalism. 5.

KOTER M., HEFFNER K. (red.). UŁ-UŚ. Łódź-Opole. 165-179.

MACIOSZCZYK A. 1987. Hydrogeochemia. Wydawnictwo Geologiczne. Warszawa.

MICHALCZYK Z., CHMIEL S., GŁOWACKI S., 2015. Hydrologiczna rola Zalewu Zemborzyckiego. Zalew Zemborzycki w Lublinie szanse i zagrożenia. Urząd Miasta Lublin. Lublin.

RADZIK T., WITUSIK A. A. 1997. Lublin w dziejach i kulturze Polski. Polskie Towarzystwo Historyczne Oddział w Lublinie. Krajowa Agencja Wydawnicza-Lublin. Lublin.

RADWAN S. 2006. Zalew Zemborzycki. Struktura ekologiczna, antropogeniczne zagrożenia i ochrona. Monografia przyrodnicza. WAR. Lublin.

RAJCHEL L., ZUBER A., DULIŃSKI M., RAJCHEL J. 2004. Występowanie i geneza

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017

wód chlorkowych soli. Przegląd Geologiczny. 52, 12, PIG-PIB. Warszawa.

ROGULSKA A. 2016. Raport o stanie środowiska województwa lubelskiego w 2015 roku, Biblioteka Ochrony Środowiska. WIOŚ. Lublin.

SMALL H., LIGĘZA S., BARAN S. 2012. Odczyn i właściwości sorpcyjne osadów dennych Zalewu Zemborzyckiego i zbiornika Brody Iłżeckie. Inżynieria Ekologiczna 29. Lublin.

SZYMAŃSKA-PULIKOWSKA A. 2010. Ocena właściwości wód odciekowych z krajowych składowisk odpadów komunalnych. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. 8 (2). PAN. Kraków.

ZIELIŃSKI P., GÓRNIAK A., BRALSKI M. 2012. Wykorzystanie cech hydromorfologicznych do oceny stanu ekologicznego rzeki miejskiej. Polskie Towarzystwo Inżynierii Ekologicznej 29. Lublin.

mpwik.lublin.pl, stan na 10.11.2017.

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4 (18)/2017

Nauki Przyrodnicze

Warunki publikacji

1. Czasopismo działa w systemie Open Acces.

2. Redakcja szczególnie jest zainteresowana artykułami z następujących dziedzin nauk przyrodniczych: agrobioinżynierii, biochemii, biologii, biotechnologii, chemii, ekologii, farmacji, medycyny, ochrony środowiska, ogrodnictwa, technologii przetwórstwa żywności, toksykologii, zoologii, zootechniki, żywienia człowieka i inne.

3. Tekst musi zwierać następujące informacje: tytuł pracy, imię (w pełnym brzmieniu) i nazwisko(a) autora(ów), nazwę i adres zakładu pracy (w przypadku uczelni: nazwę uczelni, wydział, katedrę/za- kład/instytut, adres), adres poczty elektronicznej (e-mail).

4. Do pracy należy dołączyć krótkie (nieprzekraczające 300 wyrazów) streszczenie w jęz. angielskim (wraz z tytułem) i polskim, informujące o zasadniczej jej treści. Dodatkowo w obu językach należy podać maksymalnie 5 słów kluczowych.

5. Czasopismo publikuje prace w języku polskim lub angielskim.

6. Tekst:

- musi zawierać wstęp, podsumowanie/wnioski i literaturę oraz podział tekstu właściwego na nagłówki;
- czcionka Times New Roman;
- odstępy między wierszami: 1;
- bez używania wyróżnień (np. podkreślenia), z wyjątkiem kursywy;
- wyraźne odznaczenie tytułów i nagłówków bez ich centrowania;
- zaznaczenie akapitów;
- wszystkie śródtytuły bez numeracji, czcionką tej samej wielkości;
- cytowane w tekście prace zaznaczamy przez podanie nazwiska autora(ów) (pisanych kapitalizowanymi literami) i roku publikacji w nawiasie półokrągłym, np. (BORKOWSKI, 2013); (FORNALIK I IN., 2011);
- cytowaną literaturę należy zestawić na końcu maszynopisu bez numeracji, w alfabetycznej kolejności, według nazwisk autorów, w następujących formatach:

artykuł:
TAMASKI J. S., ZOMBAN M. 1999. Jak pisać artykuł. Nauki Przyrodnicze. 1, 11-15.
rozdział:
GORTAT M. 2012. Fityniany – substancje antyodżywcze w żywieniu ludzi i zwierząt.[W:] Toksyczne substancje chemiczne. LIPIŃSKI W. (red.). Instytut Naukowo-Wydawniczy SPATUM. Radom. 107-127.
książka:
SEIDENSTICKER J. 1992. Wielkie koty, królewskie stworzenia dzikiego świata. Elipsa.Warszawa. 100-115.

NaukiPrzyrodnicze

Warunki publikacji

7. Rysunki, schematy i fotografie:
   - mają być wykonane w jednym z formatów: *.cdr, *.eps, *.tif, *.psd i dostarczone jako osobne pliki wraz ze zbiorem tekstowym;
   - opisy na rysunkach powinny być wykonane czcionką odpowiedniej wielkości, nie mniejszą niż 12 punktów;
   - podpisy pod rycinami powinny być zamieszczone na końcu artykułu na osobnej stronie;
   - redakcja zaznacza sobie prawo odmówienia przyjęcia artykułu z uwagi na nieczytelny rysunek;
   - autor artykułu oświadcza, że ma prawa autorskie do publikowanej grafiki;
   - w przypadku, gdy Autorzy zamierzają włączyć do swego artykułu ilustracje publikowane przez autorów cytowanych prac oryginalnych, należy uzyskać z wydawnictwa zgodę na przedruk;
8. Do pracy należy dołączyć list przewodni, podpisany przez wszystkich autorów, zawierający następujące informacje (wzory pism znajdują się na stronie:www.naukiprzyrodnicze.naukowcy.org.pl):
   - oświadczenie o oryginalności artykułu i nieskładaniu analogicznej pracy do druku w innym czasopiśmie;
   - określenie wkładu poszczególnych autorów w powstanie tekstu;
   - informacje o źródłach finansowania (np. grant) w przypadku prac oryginalnych (podpisanie zgody na opublikowanie artykułu).
9. Autorzy są zobowiązani do wykonania korekty artykułu i zwrotu poprawionego tekstu wiadomością e-mail do Redakcji w terminie 4 dni od chwili otrzymania.
10. Przyjęcie pracy do druku jest równoznaczne z przeniesieniem przez Autora (Autorów) praw autorskich na rzecz Wydawcy.
11. Recenzja artykułu:
do każdej oceny powołuje się co najmniej dwóch niezależnych recenzentów;
rekomendowanym rozwiązaniem jest model, w którym autor(rzy) i recenzenci nie znają swoich tożsamości (tzw. „double-blind review proces");
ma mieć formę pisemną i kończyć się jednoznacznym wnioskiem co do dopuszczenia artykułu do publikacji lub jego odrzuceniu.

12. Kontakt z Redakcją:
Stowarzyszenie Młodych Naukowców
ul. Wyżynna 20/56, 20-560 Lublin
e-mail: kontakt@naukowcy.org.pl
Redaktor naczelny: Mateusz Gortat, tel. 661 657 875

13. Artykuły prosimy nadsyłać na adres e-mail: kontakt@naukowcy.org.pl
14. Autor ponosi koszty wszystkich pozytywnych recenzji w wypadku nie naniesienia poprawek do artykułu, co skutkuje brakiem możliwości publikacji.

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017

Nauki Przyrodnicze

Acceptance rules of article to publish

1. The academic journal functions in Open Access system.

2. The editorial office is particularly interested in the articles concerning the following branches of natural science: agrobioengineering, biochemistry, biology, biotechnology, chemistry, ecology, pharmacy, medicine, environmental protection, horticulture, food processing technology, toxicology, zoology, zootechnics, human nutrition etc.

3. The text must contain the following information: the title of paper, full name and surname(s) of author(s), the name and address of workplace (in case of collage: the name of collage, faculty, department/section/institute, address), e-mail.

4. It is obligatory to include a short (up to 300 words) summary (with the title) in English and Polish, informing about the basic content of the paper. Additionally, up to five key words in English and Polish must be added.

5. The text:

must contain an introduction, conclusion(s), references and a division of the main text into section headings;
Times New Roman font;
line spacing: 1;
cannot contain highlighting (such as underlying), using italics is an exception;
clear distinction of titles and headers, without centering of the text;
marking paragraphs (indention);
all the subheadings must be without numeration and with the same font size;
indicating the relevant reference in the cited text needs to be done by providing surname(s) of author(s)(all letters capitalized) and a year of publication in round brackets, e.g. (BORKOWSKI, 2013); (FORNALIK ET. ALL, 2011);
the cited literature needs to be arranged in the end of typescript, without numeration, in the alphabetic order according to surnames of the authors, in the following way:

the paper:
Makarski B., Gortat M. 2011. Effect of supplementation with copper in different chemical forms on selected physiological blood markers and content of minerals in selected tissues of Turkeys. J. Elem. 16/4: 591-602, DOI - 10.5601/jelem.2011.16.4.08.
section:
Kulus D. 2014a. Biotechnological methods of ornamental plants reproduction. [In:] Jakość życia w badaniach młodych naukowców. Mucha-Szajek E. (ed.). Instytut Naukowo Wydawniczy Maiuscula. Poznań. 87-104.
book:
Sharma P. 2010. Emerging biotech business opportunities. Biotech Consortium India. 33-43.

Nauki Przyrodnicze

Acceptance rules of article to publish

6. Drawings, diagrams and photographs:
   need to be provided in one of the following formats: *.cdr, *.eps, *.tif, *.psd and delivered as separate files with the text concerning them;
   descriptions on the drawing should be presented with the adequate font size (no less than 12);
   signatures under the drawing should be placed in the end of the article on a separate page;
   the editorial office reserves the right to refuse acceptance of the article due to unclear drawing;
   author of the article declares having copyright to the published graphics;
   if the authors intend to include in the article the illustrations of the cited authors of original works, the permission of the publisher to reprint the illustrations must be obtained.

7. Covering letter, signed by all the authors, needs to be included with the paper and should contain the following information:
   the statement about the originality of the article and not submitting the similar paper for publication in another journal;
   defining the contribution of individual authors in the creation of the text;
   information about the source of funding (e. g . grant) in the case of original works (signing permission to publish the article). The sample is available at www.naukiprzyrodnicze.ssnp.org.pl.

8. The authors are obliged to do proofread of the article and return the revised text via e-mail to the editorial office within four days from the date of receiving the article.

9. Acceptance for publication is tantamount to the transfer of copyright from the author(s) to the publisher.

10. The review of article:
   for each assessment at least two independent reviewers are appointed;
   the recommended solution is "double-blind evaluation process" in which both the reviewers and the au thors do not know each other's identity;
   is to be prepared in written form with the conclusion in the end which specify whether the article is going to be published or refused.
11. Contact:
Stowarzyszenie Młodych Naukowców
ul. Wyżynna 20/56, 20-560 Lublin
e-mail: kontakt@naukowcy.org.pl
Editor in Chief: Mateusz Gortat, tel. 661 657 875
12. Please, send your article to the following e-mail: kontakt@naukowcy.org.pl .
13. The author bears the costs of all the positive reviews in the case of not making corrections to the article, as a result the article will not be approved for publication.

WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017 WWW.NAUKOWCY.ORG.PL 4(18)/2017