

JOANNA TAŁANDA

*Zakład Hydrobiologii
Instytut Zoologii
Wydział Biologii
Uniwersytet Warszawski
Żwirki i Wigury 101, 02-089 Warszawa
E-mail: jtalanda@biol.uw.edu.pl*

EKOLOGIA MIEJSKA Z PUNKTU WIDZENIA BIOLOGA – WYBRANE ASPEKTY I PERSPEKTYWY BADAŃ

WSTĘP

W 2002 r. wybitny meteorolog i chemik atmosfery, noblista Paul Curtzen zaproponował nazwę antropocen dla nowej epoki geologicznej, która według niego trwa od przynajmniej dwustu lat (ZALASIEWICZ i współaut. 2008). Wyróżnienie to jest uzasadnione rosnącym oddziaływaniem człowieka na środowisko, czego dobrym wyznacznikiem jest powstanie i rozwój miast.

Według danych zebranych przez UNITED NATIONS (2013) w 2012 r. ponad 50% ludzi mieszkało w miastach. Dla porównania, w latach 70. XX w. było to niecałe 40%. Do roku 2050 wskaźnik ten ma natomiast wynieść ok. 70%, z czego aż 80% populacji miejskiej mają stanowić mieszkańcy miast w regionach rozwijających się (głównie w Afryce i Azji).

Jednak jak się okazuje, w krajach szybko rozwijających się problemem może być chociażby znalezienie miejsca przeznaczonego na rozbudowę miasta. W Chinach realizowane są projekty mające na celu niwelację szczytów górskich i uzyskanie terenów pod nową zabudowę (Li i współaut. 2014). Przykładowo, w Lanzhou (prowincja Gansu, środkowe Chiny) 700 gór zostało zniwelowanych dla uzyskania 205 km² płaskiego terenu. Jest to jak dotąd sytuacja wyjątkowa, więc trudno przewidzieć ekologiczne skutki tak daleko idącej ingerencji (Li i współaut. 2014).

Dodatkowo, zaspokojenie potrzeb danego obszaru zurbanizowanego może wiązać się z koniecznością importu znacznych ilości pożywienia i innych materiałów z dużych obszarów. Na przykład Holandia, niewielkie państwo o powierzchni 41526 km² (dla porównania powierzchnia Polski, to 312679 km²), do zaspokojenia potrzeb swoich mieszkańców wymaga obszaru czterokrotnie większego (SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY 2012). Dlatego też wraz z rozwojem miasta zmienia się nie tylko naturalny teren, na którym ono powstaje, ale również odległe od niego miejsca, których eksploatacja jest niezbędna do zaspokojenia jego potrzeb. W tym przypadku wskaźnikiem jest tzw. ślad ekologiczny (ang. ecological footprint), który informuje o powierzchni (w hektarach) potrzebnej do zaspokojenia potrzeb jednego mieszkańca. Dla przykładu, dla Londynu wskaźnik ten przekracza 125-krotnie powierzchnię samego miasta (SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY 2012).

Wpływ miasta na różnorodność biologiczną może być więc bezpośredni (zmiany w obrębie jego obszaru) i pośredni (zmiany terenów mających zaspokajać potrzeby miasta). W związku z tym ważne jest wypracowanie odpowiedniej polityki reagującej na rozwój obszarów zurbanizowanych. Rozwój ten ma być jak najbardziej „zrównoważony” (ang. sustainable) (UNITED NATIONS 2013).

Niemniej jednak, w skali globalnej krajobraz miejski staje się coraz bardziej rozpoznawalny. Człowiek, który go kształtuje wpływa pośrednio lub bezpośrednio na organizmy występujące na zmienianym przez siebie obszarze. Procesy ekologiczne zachodzące w mieście podlegają jednak podobnym zasadom, jak te zachodzące w naturalnych warunkach (tzn. w takich o ograniczonej ingerencji człowieka) (NIEMELÄ 1999). Różnica polega jednak na występowaniu zjawisk niespotykanych w środowisku naturalnym (albo mniej intensywnych lub zachodzących w specyficznych warunkach). Należą do nich:

- zanieczyszczenie powietrza (w naturze np. po erupcjach wulkanów, dużych pożarach),
- hałas (w naturze np. w okolicach wodospadów),
- syndrom miejskiego strumienia,
- miejska wyspa ciepła,
- zanieczyszczenie światłem.

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie historii i mniej znanych obszarów badań z zakresu ekologii miejskiej (zanieczyszczenie światłem, syndrom miejskiego strumienia) oraz wybranych perspektyw owych badań.

EKOLOGIA MIEJSKA JAKO INTERDYSCYPLINARNA DZIEDZINA NAUKI

Termin „ekologia miejska” (ang. urban ecology) odnosi się do badań nad organizmami żyjącymi w mieście oraz ich relacjami z przekształconym przez człowieka środowiskiem (SUKOPP 2002). W ten sposób pojęcie to jest rozumiane przez naukowców skupionych wokół tzw. szkoły europejskiej (MARZLUFF i współaut. 2008).

Same badania nad fauną i florą miast nie są niczym nowym. Już w połowie XVII w. prowadzono np. badania nad roślinami rosnącymi na terenie rzymskiego Koloseum (SUKOPP 2002). Na przestrzeni stuleci chętnie badano florę porastającą ruiny i obszary silnie przekształcone przez człowieka, nazywane ruderalnymi (łac. *rudus*, ruiny). Zauważono również migrację roślin z terenów o cieplejszym klimacie do przekształconych przez człowieka miejsc (efekt miejskiej wyspy ciepła). Natomiast w latach 70. XX w. rozpoczęto badania nad obiegiem pierwiastków oraz przepływem energii na terenie miast (SUKOPP 2002).

Przez naukowców skupionych wokół szkoły europejskiej człowiek jest traktowany jako selekcyjna siła mogąca wpływać na ewolucję organizmów na terenie miasta, które stanowi wyróżniający się ekosystem. W centrum zainteresowania są właśnie owe organizmy (z wyłączeniem człowieka) oraz ich ekologia (MARZLUFF i współaut. 2008).

Inne podejście przedstawia tzw. szkoła chicagowska. Traktuje ona miasto jako superorganizm charakteryzujący się wzrostem (ekspansją), metabolizmem (migracją ludności oraz zmianami w strukturze społecznej) i ruchliwością (BURGESS 1925). Wymienione terminy są tylko zapożyczeniami z biologii, które mają pomóc w zrozumieniu dynamiki socjologicznej i ekonomicznej miast. Głównym obiektem badań w tym przypadku jest człowiek. Wyniki tego typu analiz są następnie wykorzystywane przez takie nauki jak socjologia, politologia, ekonomia i architektura krajobrazu. W tym rozumieniu termin jest również wykorzystywany w odniesieniu do tzw. miast „przyjaznych środowisku” (SUKOPP 2002, MARZLUFF i współaut. 2008).

Tabela 1. Liczba dotychczasowych publikacji dotyczących danego zjawiska (dane na dzień 7.07.2015).

Wyszukano za pośrednictwem Web of Science (research areas: *Environmental Sciences Ecology*; document types: *Article*) oraz Scopus (subject area: *Life Sciences*; document type: *Article*).

Zjawisko	Wyszukiwana fraza	Liczba publikacji	
		Web of Science	Scopus
Zanieczyszczenie powietrza	“urban air pollution”	643	164
Miejska wyspa ciepła	“urban heat island”	550	243
Hałas	“urban noise”	102	43
Syndrom miejskiego strumienia	“urban stream syndrome”	21	9
Zanieczyszczenie światłem	“light pollution” AND city	18	17

Obecnie ekolodzy miasta starają się pogodzić ze sobą podejścia tych dwóch szkół: europejskiej i chicagowskiej, charakteryzując ekologię miejską jako naukę interdyscyplinarną badającą ekosystemy zdominowane przez człowieka (MARZLUFF i współaut. 2008). Wydaje się, że takie podejście jest najważniejsze, ze względu na skomplikowany charakter miasta, który określają czynniki zarówno społeczne, ekonomiczne, polityczne, jak i biologiczne.

Spśród ekologicznych zjawisk charakterystycznych dla miast (wymienionych we wstępie) najmniej prac powstało dotychczas z zakresu badań nad zanieczyszczeniem światłem (ang. light pollution) oraz syndromem miejskiego strumienia (Tabela 1). Jest to oczywiście związane ze stosunkowo niedawnym zaobserwowaniem ich potencjalnego wpływu na organizmy żyjące w mieście.

W 2015 r. pojawił się tematyczny zeszyt Kosmosu (64, 4) poświęcony temu zagadnieniu pt. „Zanieczyszczenie światłem - ważny problem interdyscyplinarny”, do którego odsyłam zainteresowanych czytelników.

ZANIECZYSZCZENIE ŚWIATŁEM I JEGO KONSEKWENCJE

Obecność światła w nocy może być naturalna (Księżyc i jego fazy zmieniające się w miesięcznym cyklu) oraz związana z obecnością człowieka (oświetlenie ulic, budynków). W tym drugim przypadku mówi się o sztucznym świetle w nocy (ang. artificial light at night), którego zasięg i intensywność w ostatnim wieku znacznie się zwiększyła (LONGCORE i RICH 2004).

Sztuczne światło w nocy, gdy zmienia naturalny cykl jasności i ciemności w ekosystemie, powoduje ekologiczne zanieczyszczenie światłem. Jego źródłem jest oświetlenie zewnętrzne oraz tzw. sky glow, czyli światło, które po odbiciu od cząstek zawieszonych w powietrzu wraca z powrotem na ziemię (LONGCORE i RICH 2004). Jest to przykład zjawiska będącego efektem działalności człowieka, dotyczącego nie tylko miasta (w których jest ono najintensywniejsze), ale również tereny podmiejskie czy mniejsze miejscowości. Konsekwencją ekologicznego zanieczyszczenia światłem są m. in. zmiany w interakcji drapieżnik-ofiara mogące wpływać na kierunek ewolucji populacji organizmów w nią zaangażowanych.

Drapieżniki wykorzystujące do polowania wzrok uzyskują dodatkowy czas w ciągu doby na poszukiwanie pożywienia. Na przykład brodziec krwawodzioby: *Tringa totanus* (L., 1758), przybrzeżny ptak z rodziny bekasowatych, żeruje w trakcie dnia wykorzystując przede wszystkim zmysł wzroku,

natomiast w nocy wykorzystując głównie zmysł dotyku. Okazuje się, że nocne żerowanie staje się bardziej efektywne dzięki światłu pozwalającemu wykorzystywać zmysł wzroku. W związku z tym, ptaki żerujące niedaleko oświetlonego nocą kompleksu rafineryjno-petrochemicznego zdobywały pożywienie znacznie efektywniej od tych żerujących w ciemnych lokalizacjach (DWYER i współaut. 2013). Innym przykładem wykorzystania sztucznego oświetlenia przez drapieżnika może być gatunek aktywnego nocą pajaka *Larinioides sclopeta-rius* (Clerck, 1757), którego przedstawiciele często rozpinają pajęczyny na elementach mostów. Badania wykazują ich preferencję do oświetlonych nocą miejsc, które wabią potencjalne ofiary (HEILING 1999). Skutkiem sztucznego oświetlenia mogą być także zmiany w składzie gatunkowym glebowych zgrupowań bezkręgowców, których efektem jest większy udział gatunków drapieżnych i padlinożernych w pobliżu sodowych latarni ulicznych (DAVIES i współaut. 2012). Jest to oczywiście efekt związany z wabieniem przez światło latarni dużej liczby owadów, którymi żywią się drapieżne i padlinożerne bezkręgowce.

Zwierzęta wykorzystujące światło do orientacji w terenie mogą jednak ucierpieć. Młode żółwie tuż po wykluciu kierują się w kierunku oświetlonego nadbrzeżnego miasta, zamiast do bezpiecznych wód morskich (SALMON i współaut. 1995). Badania zooplanktonu w miejskim zbiorniku wodnym wykazały zaburzenia dobowej pionowej migracji w przypadku wioślarki *Daphnia retrocurva* Forbes, 1882 (MOORE i współaut. 2000). Sytuacja ta może wpływać na dostosowanie poszczególnych osobników, które są zmuszone do migracji nie tylko w dzień w bezpieczniejsze, ciemniejsze, ale za to uboższe w pokarm i chłodniejsze warstwy wody (MOORE i współaut. 2000).

Innym efektem sztucznego oświetlenia są zaburzenia w produkcji melatoniny, hormonu wytwarzanego przez szyszynkę i zaangażowanego w cykle okołodobowe oraz zachowania reprodukcyjne. Badania na kosach (*Turdus merula* L., 1758) wykazały wyraźnie mniejszą produkcję melatoniny u osobników eksponowanych na nocne światło niż u osobników nieeksponowanych na ten czynnik (DOMINONI i współaut. 2013).

Poza ekologicznymi skutkami omawianego zjawiska można również mówić o innych skutkach, np. astronomicznych (np. RIEGEL 1973), medycznych (np. NAVARA i NELSON 2007, CHEPESIUK 2009, SKWARŁO-SOŃTA 2014), społecznych i ekonomicznych (np. GALLAWAY i współaut. 2010).

SYNDROM MIEJSKIEGO STRUMIENIA

W trakcie historii ludzkości zaznaczała się wyraźna tendencja do osiedlania się wzdłuż rzek, głównie przez łatwy dostęp do wody pitnej (GRIMM i współaut. 2008). Miejskie rzeki i strumienie są jednak narażone na różnego rodzaju zanieczyszczenia związane z działalnością człowieka (przemysł, ścieki). Dodatkowo, ich koryta często są regulowane w celu zapobiegania powodziom (GRIMM i współaut. 2008).

Strumienie są szczególnie podatne na zmiany w ich najbliższym otoczeniu (WALSH i współaut. 2005), dlatego ważne jest badanie wpływu rozwoju miasta na lokalne ekosystemy wodne (które przeważnie stopniowo zanikają) oraz badanie dynamiki kształtującego się ekosystemu miejskiego. Jak się okazuje urbanizacja jest główną, obok rolnictwa, przyczyną pogorszenia się stanu strumieni (PAUL i MEYER 2001). Ponieważ te, które przepływają przez miasta charakteryzują się wspólnymi cechami, w literaturze dla ich opisu wprowadzono termin „syndrom miejskiego strumienia” (ang. urban stream syndrome) (MEYER i współaut. 2005). Do cech wyróżniających tą grupę cieków należą (WALSH i współaut. 2005):

- zmiany hydrologiczne,
- zmiany w morfologii kanału (wynikające z jego regulacji),
- podwyższone stężenie biogenów i zanieczyszczeń,
- wzrost liczebności gatunków o szerokim zakresie tolerancji kosztem redukcji liczebności tych mniej odpornych.

Zmiany hydrologiczne wiążą się z dużymi i nagłymi wahaniami poziomu wodny, wynikającymi z gwałtownego spływu powierzchniowego występującego po ulewach (WALSH i współaut. 2005). Spływ ten jest intensywny przez występowanie na terenie miasta powierzchni nieprzepuszczających wody. Regulacja koryta cieków miejskich jest związana często ze wzmocnieniem ich brzegów przez np. pokrycie ich betonem, co również ułatwia spływ wody, która przy okazji transportuje zanieczyszczenia oraz duże ilości biogenów ze zlewni miejskiej (PAUL i MEYER 2001). Zanieczyszczenia mogą się również dostawać do wód strumienia z wodami gruntowymi (ROY i BICKERTON 2011). W osadach dennych gromadzą się toksyny, co prawdopodobnie prowadzi do drastycznego spadku lub w ogóle wyeliminowania najwrażliwszych bentosowych makrobezkręgowców (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera etc.) (PAUL i MEYER 2001). Notuje się natomiast zwiększone występowanie bardziej odpornych na zmienne warunki środowiska organizmów takich jak Tubificidae, Lumbriculidae, Naidi-

dae oraz larw Chironomidae (WALSH i współaut. 2005). Pomimo pewnej liczby prac naukowych na ten temat, nie udało się jeszcze wyjaśnić, na czym dokładnie polega mechanizm zmiany składu gatunkowego miejskich strumieni (WENGER i współaut. 2009).

MIASTA W CENTRACH RÓŻNORODNOŚCI BIOLOGICZNEJ

Pojawienie się dużych miast jest w przyrodzie zjawiskiem nowym. Warunki środowiska miejskiego są silną siłą selekcyjną wpływającą na morfologię, fizjologię oraz zachowanie organizmów zamieszkujących miasto (GRIMM i współaut. 2008). Postępująca urbanizacja prowadzi zwykle do spadku różnorodności biologicznej (choć znane są wyjątki od tej reguły wymienione w dalszej części artykułu) i zaburzenia sieci zależności między organizmami. Przez zmiany w puli genetycznej populacji i modyfikacje historii życiowych, może to prowadzić do ewolucji przystosowań do życia w mieście (GRIMM i współaut. 2008).

Jako centrum różnorodności biologicznej (ang. biodiversity hot spot) Conservation International definiuje miejsce, w którym występuje przynajmniej 1500 endemicznych gatunków roślin, a które utraciło 70% pierwotnej powierzchni. Wszystkie zidentyfikowane 34 centra bioróżnorodności zawierają obszary zurbanizowane (SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY 2012). Na przykład w obrębie Mexico City stwierdzono 3000 gatunków roślin, 350 gatunków ssaków i 316 gatunków ptaków, co, wraz z pozostałymi grupami organizmów, stanowi 2% ogólnoświatowej różnorodności biologicznej (SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY 2012). Pomimo to, należy być świadomym dużego spadku pierwotnej różnorodności biologicznej danego obszaru podlegającego urbanizacji. Ogólne dane dla światowych miast pokazują 92% spadek liczby gatunków ptaków i 75% roślin, które pierwotnie występowały na współcześnie zurbanizowanym terenie (ARONSON i współaut. 2014). Zauważa się tam jednak zwiększenie biomasy niektórych grup zwierząt, głównie wśród ptaków i stawonogów (GRIMM i współaut. 2008).

Enklawa dla naturalnej fauny mogą być tereny zieleni miejskiej (ARONSON i współaut. 2014). Dla tej sytuacji został ostatnio zaproponowany termin „Central Park Effect” w związku z zanotowaniem stosunkowo dużej liczby gatunków na obszarze „zielonej wyspy” Nowego Jorku, czyli Central Parku (ARONSON i współaut. 2014).

Człowiek wpływa jednak na różnorodność biologiczną miasta nie tylko przez bezpo-

średnie oddziaływanie na środowisko (przekształcanie środowisk, budowanie nowych struktur, fragmentacja siedlisk) (GRIMM i współaut. 2008), ale również wprowadzając świadomie lub przypadkowo gatunki obce dla danego obszaru.

Szczególnym miejscem badań na terenie miast są palmiarnie. W palmiarni poznańskiej na roztoczach (mechowcach z grupy *Ptyctima*) wykazano, że 50% znalezionych tam gatunków było obcych dla fauny Polski (NIEDBAŁA 2010). Znaleziono tam również populację tropikalnego pajęczaka należącego do naturalnie niewystępującego w Polsce rzędu Schizomida – *Stenochrus portoricensis* Chamberlin, 1922 (ZAWIERUCHA i współaut. 2013). Zwierzęta te były prawdopodobnie przetransportowane wraz z glebą lub roślinami, niestety nieznanne jest dokładne źródło ich pochodzenia. Niemniej jednak, palmiarnia stanowi miejsce, z którego obce gatunki mogą przedostawać się do środowiska miejskiego, o ile warunki klimatyczne okażą się dla nich dogodne (KOLICKA i współaut. 2015).

PERSPEKTYWY BADAŃ

Ekologia miejska jest szybko rozwijającą się interdyscyplinarną dziedziną nauki. Badania organizmów żyjących w miastach są o tyle ważne, że obszary zurbanizowane zajmują coraz większy odsetek powierzchni Ziemi. Ważne jest więc obserwowanie reakcji organizmów narażonych na silną antropopresję ze względu na:

- możliwość zaobserwowania zmian ewolucyjnych w populacjach organizmów żyjących w mieście,
- konieczność wypracowania odpowiednich metod ochrony gatunków pierwotnie występujących na terenie, gdzie powstało miasto,
- konieczność kontroli wielkości populacji gatunków inwazyjnych.

Jest więc to obszar dobry zarówno do badań ekologicznych, jak i związanych wyłącznie z ochroną przyrody.

Nadal mało wiemy o zanieczyszczeniu światłem i jego wpływie na konkurencję (LONGCORE i RICH 2008), pasożytnictwo (SICHROWSKY i współaut. 2013) i inne nieprzebadane interakcje (z wyjątkiem drapieżnictwa). Obiecującym i słabo poznanym obiektem badań mogą być również organizmy żyjące w zbiornikach wodnych narażonych na obecność sztucznego światła w nocy. Zarówno ekologia organizmów zasiedlających strumienie, jak i jeziora miejskie jest jak dotąd niedostatecznie przebadana (MOORE i współaut. 2000; PERKIN i współaut. 2011, 2014). Mało wiadomo przede wszystkim o

konsekwencjach zanieczyszczenia światłem na osobniki z narażonych na nie populacji, odpowiedzi takich populacji w czasie i ich ewolucji. Sztuczne światło w nocy jest czynnikiem przewidywalnym i wymaga badań nad ewolucją przystosowań do życia w takich warunkach.

PODZIĘKOWANIA

Chciałabym bardzo serdecznie podziękować dr. Łukaszowi Kaczmarkowi z Zakładu Taksonomii i Ekologii Zwierząt UAM, dr. Andrzejowi Kołodziejczykowi z Zakładu Hydrobiologii UW oraz prof. dr hab. Daniełi Szymańskiej z Zakładu Studiów Miejskich i Rekreacji UMK za cenne uwagi dotyczące niniejszej pracy.

Streszczenie

Ekologia miejska, to stosunkowo nowa interdyscyplinarna dziedzina, kształtująca się dzięki dokonaniom nauk socjologicznych, ekonomicznych, politycznych i biologicznych. Tak szerokie podejście umożliwia wielowymiarowe zrozumienie funkcjonowania miast, które stają się coraz częstszym elementem krajobrazu. W niniejszej pracy zaprezentowane zostały różne aspekty dotyczące ekologii miejskiej w kontekście nauk biologicznych. Omówiono oddziaływanie człowieka na środowisko naturalne związane z szybkim rozwojem miast. Przedstawiono również historię i kierunki badań ekologii miejskiej oraz wybrane, mniej znane aspekty badań ekologicznych w mieście (zanieczyszczenie światłem i syndrom miejskiego strumienia). Przedyskutowano także problem miast zlokalizowanych w centrach różnorodności biologicznej oraz przedstawiono kierunki i perspektywy badań ekologicznych w mieście.

LITERATURA

- ARONSON M. F. J., LA SORTE F. A., NILON C. H., KATTI M., GODDARD M. A., LEPczyk C. A., WARREN P. S., WILLIAMS N. S. G., CILLIERS S., CLARKSON B., DOBBS C., DOLAN R., HEDBLUM M., KLOTZ S., KOOLJMAN J. L., KUHN I., MACGREGOR-FORS I., MCDONNELL M., MORTBERG U., PYSEK P., SIEBERT S., SUSHINSKY J., WERNER P., WINTER M., 2014. *A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers*. *Proc. Royal Soc. B, Biol. Sci.* 281, 20133330.
- BURGESS E. W., 1925. *The growth of the city: an introduction to a research project*. [W:] *Urban Ecology. An International Perspective on the Interaction Between Humans and Nature*. MARZLUFF J. M., SHULENBERGER E., ENDLICHER W., ALBERTI M., BRADLEY G., RYAN C., ZUMBRUNNEN C., SIMON U. (red.), 2008. Springer Verlag, 70-78.
- CHEPESIUK R., 2009. *Missing the Dark: Health Effects of Light Pollution*. *Environ. Health Persp.* 117, A20-A27.
- DAVIES T. W., BENNIE J., GASTON K. J., 2012. *Street lighting changes the composition of invertebrate communities*. *Biol. Lett.* 8, 764-767.
- DOMINONI D. M., GOYMANN W., HELM B., PARTECKE J., 2013. *Urban-like night illumination reduces melatonin release in European blackbirds (*Turdus merula*): implications of city life for biologi-*

- cal time-keeping of songbirds.* Front. Zool. 10, 60.
- DWYER R. G., BEARHOP S., CAMPBELL H. A., BRYANT D. M., 2013. *Shedding light on light: benefits of anthropogenic illumination to a nocturnally foraging shorebird.* J. Anim. Ecol. 82, 478-485.
- GALLAWAY T., OLSEN R. N., MITCHELL D. M., 2010. *The economics of global light pollution.* Ecol. Econom. 69, 658-665.
- GRIMM N. B., FAETH S. H., GOLUBIEWSKI N. E., REDMAN CH. L., WU J., BAI X., BRIGGS J. M., 2008. *Global Change and the Ecology of Cities.* Science 319, 756-760.
- HEILING A. M., 1999. *Why do nocturnal orb-web spiders (Araneidae) search for light?* Behav. Ecol. Sociobiol. 46, 43-49.
- KOLICKA M., DZIUBA M. K., ZAWIERUCHA K., KUCZYŃSKA-KIPPEN N., KOTWICKI L., 2015. *Palm house – biodiversity hot spot or risk of invasion? Aquatic invertebrates: the special case of Monogononta (Rotifera) under greenhouse conditions.* Biologia 70, 94-103.
- LI P., QIAN H., WU J., 2014. *Environment: Accelerate research on land creation.* Nature 510, 29-31.
- LONGCORE T. RICH C., 2004. *Ecological light pollution.* Front. Ecol. Environ. 2, 191-98.
- MARZLUFF J. M., SHULENBERGER E., ENDLICHER W., ALBERTI M., BRADLEY G., RYAN C., ZUMBRUNEN C., SIMON U., 2008. *Urban Ecology. An International Perspective on the Interaction Between Humans and Nature.* Springer Verlag.
- MEYER J. L., PAUL M. J., TAULBEE W. K., 2005. *Stream Ecosystem Function in Urbanizing Landscapes.* J. North Am. Benthol. Soci. 24, 602-612.
- MOORE M. V., PIERCE S. M., WALSH H. M., KVALVIK S. K., LIM J. D., 2000. *Urban light pollution alters the diel vertical migration of Daphnia.* Verhandlungen des Internationalen Vereines Limnologie 27, 1-4.
- NAVARA K. J., NELSON R. J., 2007. *The dark side of light at night: physiological, epidemiological, and ecological consequences.* J. Pineal Res. 43, 215-224.
- NIEDBAŁA W., 2010. *Contribution to the knowledge of ptyctimous mites (Acari, Oribatida) in the Palm House in Poznań.* Biol. Lett. 47, 87-92.
- NIEMELÄ J., 1999. *Is there a need for a theory of urban ecology?* Urban Ecosyst. 3, 57-65.
- PAUL M. J., MEYER J. L., 2001. *Streams in the urban landscapes.* Ann. Rev. Ecol. Systemat. 32, 333-365.
- PERKIN E. K., HÖLKER F., RICHARDSON J. S., SÄDLER J. P., WOLTER C., TOCKNER K., 2011. *The influence of artificial light on stream and riparian ecosystems: questions, challenges, and perspectives.* Ecosphere 2, 122.
- PERKIN E. K., HÖLKER F., TOCKNER K., RICHARDSON J. S., 2014. *Artificial light as a disturbance to light-naïve streams.* Freshwater Biol. 59, 2235-2244.
- RIEGEL, K. W., 1973. *Light pollution.* Science 179, 1285-1291.
- ROY J. W., BICKERTON G., 2011. *Toxic Groundwater Contaminants: An Overlooked Contributor to Urban Stream Syndrome?* Environ. Sci. Technol. 46, 729-736.
- SALMON M., TOLBERT M. G., PAINTER D. P., 1995. *Behavior of loggerhead sea turtles on an urban beach. II. Hatchling orientation.* J. Herpetol. 29, 568-76.
- SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY, 2012. *Cities and Biodiversity Outlook.* Montreal.
- SICHROWSKY U., SCHABETSBERGER R., GASSNER H., KAISER R., BOUFANA B., PSENNER R., 2013. *Cradle or plague pit? Illuminated cages increase the transmission risk of parasites from copepods to coregonids.* Aquaculture 392-395, 8-15.
- SKWARŁO-SOŃTA K., 2014. *Melatonina: hormon snu, czy hormon ciemności?* Kosmos 63, 223-231.
- SUKOPP H., 2002. *On the early history of urban ecology in Europe.* Preslia 74, 373-393.
- UNITED NATIONS, 2013. *World Economic and Social Survey 2013.* United Nations, Population Division, Department of Economic and Social Affairs, New York.
- WALSH C. J., ROY A. H., FEMINELLA J. W., COTTINGHAM P. D., GROFFMAN P. M., MORGAN II R. P., 2005. *The urban stream syndrome: current knowledge and the search for a cure.* J. North Am. Benthol. Soc. 24, 706-723.
- WENGER S. J., ROY A. H., JACKSON C. R., BERNHARDT E. S., CARTER T. L., FILOSO S., GIBSON C. A., HESSION W. C., KAUSHAL S., MARTI E., MEYER J. L., PALMER M. A., PAUL M. J., PURCELL A. H., RAMIREZ A., ROSEMOND A. D., SCHOFIELD K. A., SUDDUTH E. B., WALSH C. J., 2009. *Twenty six key research questions in urban stream ecology: an assessment of the state of the science.* J. North Am. Benthol. Soc. 28, 1080-1097.
- ZALASIEWICZ J., WILLIAMS M., SMITH A., BARRY T. L., COE A. L., BOWN P. R., BRENCHELY P., CANTRILL D., GALE A., GIBBARD P., GREGORY F. J., HOUNSLOW M. W., KERR A. C., PEARSON P., KNOX R., POWELL J., WATERS C., OATES M., RAWSON P., STONE P., 2008. *Are we now living in the Anthropocene?* GSA Today 18, 4-8.
- ZAWIERUCHA K., SZYMKOWIAK P., DABERT M., HARVEY M. S., 2013. *First record of the schizomid Stenochrus portoricensis (Schizomida: Hubbardiidae) in Poland, with DNA barcode data.* Turk. J. Zool. 37, 357-361.

KOSMOS Vol. 65, 2, 277–283, 2016

URBAN ECOLOGY FROM BIOLOGIST'S POINT OF VIEW – SELECTED ASPECTS AND PERSPECTIVES OF RESEARCH

JOANNA TALANDA

*Department of Hydrobiology, Institute of Zoology, Faculty of Biology, University of Warsaw, Żwirki i Wigury 101, 02-089 Warsaw,
E-mail: j.talanda@biol.uw.edu.pl*

Summary

Urban ecology is a relatively new interdisciplinary domain of knowledge, which is developing in conjunction with sociological, economic, political and biological sciences. Such a broad approach enables to understand multidimensional functioning of cities, which is getting to be a more common element of landscape.

In this paper different aspects of urban ecology in the context of biological sciences are presented. Discussed is influence of humans on environment in connection with the rapid development of cities. Also the history of urban ecology and less known selected aspects of ecological studies (light pollution, urban stream syndrome) are presented. In the end, the problems of cities located in biodiversity hot spots and perspectives of ecological research in the cities are discussed.