

controversies concerning *FOXP2*, a gene involved in the development of language skills, are also discussed. Language influence on human sociosexual behaviour has been established. The author also indicates the possibility of a new bioelectrical approach.

1. Wprowadzenie

Nowakowski (2006: 143) określa biolingwistykę jako

dyscyplinę (...) próbującą opisywać i wyjaśniać fakty oraz procesy językowe, a także zachowania komunikacyjne zwierząt (w tym człowieka) z wykorzystaniem aparatu pojęciowego i procedur nauk przyrodniczych.

Boeckx i Grohmann (2007) wyróżniają biolingwistykę w sensie słabym i mocnym². Pierwsze ujęcie charakteryzują jako zorientowane na odkrycie biologicznych podstaw języka (*scil.* gramatyki) i znajdujące wyraz w programie badawczym zapoczątkowanym przez Chomsky'ego w *Syntactic Structures* (po raz pierwszy wydana w 1957); drugie zaś jako angażujące wiedzę z zakresu językoznawstwa i nauk przyrodniczych w celu odpowiedzi na pytania, które wymagają połączenia kompetencji naukowców zajmujących się naukami filologicznymi i przyrodniczymi (takimi jak biologia ewolucyjna, genetyka, neurologia, psychologia etc.). Pracę Lenneberga (1967) wskazują jako wzór tego typu badań. Chodzi tu więc o, wspomnianą przez Bańcherowkiego *et al.* (1982), „przyległość obszarów badawczych”. Ladd *et al.* (2008) odnoszą się do tego podziału i wskazują na potrzebę badań interdyscyplinarnych, stymulowanych rozwojem zwłaszcza neurobiologii procesów poznawczych (ang. *cognitive neuroscience*) i genetyki, preferując tym samym biolingwistykę w sensie mocnym. Zgadzamy się z tą opinią.

W kontekście niniejszej pracy należałoby sprecyzować, czym się charakteryzuje *podejście* bio- i neurolingwistyczne. W myśl naszej

² Nowakowski (2006) też zdaje się odnotowywać dwie możliwości rozumienia terminu „biolingwistyka”, jednakże nie stwierdza tego *expressis verbis*.

definicji polega ono na umieszczeniu człowieka i jego zachowań komunikacyjnych (z językiem włącznie³) w szerszej perspektywie badawczej, mianowicie takiej, która uznaje człowieka za element przyrody, a jego działania za przejaw odpowiednich procesów biochemicznych i biofizycznych (por. Nowakowski 2006). Tak więc:

(...) biolingwistyka obejmuje wszelkie aspekty języka i komunikacji w ich rozlicznych uwarunkowaniach somatycznych, środowiskowych i porównawczych. Wykorzystuje metodologię i ustalenia nauk przyrodniczych, wychodząc z założenia o jedności przyrody, występujących w niej zjawisk i zachodzących procesów. (...) Jest więc nauką redukującą wszelkie zjawiska do zjawisk materialnych⁴ oraz wielkości je charakteryzujących i próbującą ustalić prawa nimi rządzące (Nowakowski 2006: 144).

Przedrostek *neuro-* wskazuje na szczególną rolę układu nerwowego, a zwłaszcza struktur mózgowia, w występowaniu zjawisk i procesów komunikacyjnych. W ogólnym ujęciu „[m]akroskopowe własności obiektów i ich ruchu postrzegane na poziomie umysłu są wynikiem sposobu przetwarzania informacji na poziomie mikroskopowym przez sieci neuronowe mózgu” (Duch 2002). Banalna konstatacja, iż kontakt każdego zwierzęcia ze światem zewnętrznym prowadzi się do podrażnień zwierzęcych zakończeń nerwowych nie oznacza oczywiście, iż jedynym poziomem dociekań jest poziom neurofizjologiczny⁵. Jak podaje Damasio (1999): „System immu-

³ Por. Lanigan (1991), gdzie stwierdza się, że model komunikacji R. Jakobsona ma charakter przede wszystkim znakowy (semiotyczny), a nie językowy.

⁴ Por. też np. Churchland (1981), Churchland (1994) oraz Duch (2002, 2006).

⁵ Nie zaprzeczamy, że np. „zdolność posługiwania się językiem ludzkim jest (...) przekazywana genetycznie, ale praktyczne opanowanie kompetencji języka naturalnego zależy od procesu socjalizacji, a więc także od informacji zewnętrznej docierającej do danego osobnika, która pełni funkcję wyzwalacza” (Nowak, Nowakowski 2006: 165). Dodajmy tylko, że geny oddziałują na język i mowę przede wszystkim na poziomie osobniczym; Ladd *et al.* (2008: 115) podają ponadto, iż „genetyczna i językowa różnorodność są [też] skorelowane na poziomie populacyjnym”. Ci sami autorzy zastanawiają się nad powiązaniem między genetyką populacyjną i typologią języków.

nologiczny, podwzgórze, brzusznoprzyśrodkowa kora czołowa oraz Deklaracja Praw Człowieka mają te same korzenie”. Nie wykluczamy zatem żadnych czynników, ani genetycznych, ani środowiskowych, byleby były mierzalne. Nasza *perspektywa* zawiera w sobie dociekania neuro- i biolingwistyczne, a także te z zakresu foniatry i audiologii, socjobiologii, lingwistyki molekularnej, ewolucyjnej i genetycznej, a także lingwistyki kwantowej *in spe*⁶. Podejście to nazwać można też biologiczno-medycznym.

Związki lingwistyki z przyrodoznawstwem nie ograniczają się oczywiście wyłącznie do wykorzystania metod i języka opisu nauk przyrodniczych przez nauki filologiczne. Badania lingwistów mogą być wykorzystane w dociekaniach z dziedziny szeroko pojętego przyrodoznawstwa (por. Pogonowski 1983).

2. Metody neurobiologiczne i inne oraz przykłady ich wykorzystania w badaniach nad językiem

Nowe podejście scharakteryzować można poprzez metody badawcze, z których większość to nieinwazyjne metody obrazowania pracy mózgu. Elektroencefalografia (EEG) i magnetoencefalografia (MEG) pozwalają określić bioelektryczną aktywność mózgu poprzez rejestrację, kolejno, zmian potencjału elektrycznego na powierzchni skóry, pochodzących od aktywności neuronów kory mózgowej (EEG) oraz pola magnetycznego wytworzonego przez mózg (MEG). Tomografia komputerowa (CAT) jest badaniem wykorzystującym promieniowanie rentgenowskie, dzięki któremu uzyskujemy serię obrazów rentgenowskich; tomografia rezonansu magnetycznego (MRI) jest wykorzystywana do określenia struktur anatomicznych i występujących zmian patologicznych; dzięki czynnościowemu obrazowaniu metodą jądrowego rezonansu magnetycznego (fMRI) możemy ocenić stężenie substancji chemicznej oraz jej rozmieszczenie w mózgu, a także scharakteryzować środowisko chemiczne; wreszcie pozytonowa emisyjna

⁶ Por. uwagi P. Nowakowskiego (2006: 143, 153) oraz ostatnią część tego artykułu.

tomografia komputerowa (PET) umożliwia zmierzenie aktywności neuronalnej w związku z różnymi stanami funkcjonalnymi. Poza tym wykonywane są np.: elektrookulografia (EOG), rejestrująca zmiany potencjałów elektrycznych wywoływanych ruchami gałki ocznej oraz elektromiografia (EMG), pozwalająca śledzić czynność elektryczną mięśni (za Gomulka, Rewerski 1992; Epstein *et al.* 2001; Ślusarska *et al.* 2004; Longstaff 2006; Nowakowski 2006).

Kemmerer *et al.* (2009), korzystając z m.in. obrazowania metodą rezonansu magnetycznego (MRI), zbadali kompetencję natywnych użytkowników języka angielskiego, związaną z ich intuicjami dotyczącymi prawidłowej kolejności przymiotników (określających wartość, rozmiar, wymiary przestrzenne, własności fizyczne oraz kolor) przed rzeczownikiem. Badania przeprowadzone zostały na pacjentach z uszkodzeniami mózgu spowodowanymi m.in. chorobami naczyniowymi mózgu, lobektomią skroniową i anoksią oraz na zdrowych uczestnikach z grupy kontrolnej.

Christensen (2009) posłużył się metodą czynnościowego rezonansu magnetycznego (fMRI) w celu zbadania zależności między wymiarem trybu⁷ (*scil.* affirmativu i negativu) a aktywnością różnych obszarów mózgu. Jak się okazało, zaprzeczenie treści wypowiedzi (negativus) wiązało się ze wzrostem aktywności lewej strony kory przedruchowej (*left premotor cortex*) (6 obszar czołowy), natomiast wyrażenie przez badanego pewności w stosunku do zachodzenia faktu komunikowanego przez jego wypowiedź (affirmativus) – ze zwiększoną aktywnością zakrętu nadbrzeżnego prawej półkuli (*right supramarginal gyrus*) (40 obszar ciemieniowy)⁸.

Ponadto Roll *et al.* (2009) przeprowadzili badania elektroencefalograficzne (EEG) i elektrookulograficzne (EOG), a Silbergleit *et al.* (2009) wykorzystali pozytonową emisyjną tomografię komputerową (PET), opisując neurogeny problem z płynnością mowy (*scil.* jąkanie się) u chorych na zwyrodnienie korowo-podstawne (ang. *corticobasal ganglionic degeneration* – CBGD).

⁷ Inne semy tego wymiaru – por. Bańczerowski *et al.* (1982). Uwagi na temat powiązania wymiaru trybu (z wyjątkiem dwóch semów: affirmativu i negativu) z emocjonalnością wypowiedzi – por. Nowakowski (2006).

⁸ Wszyscy uczestnicy badania byli praworęczni.

Należy zaznaczyć, iż powyższe metody neurobiologiczne służyły badaniu zwłaszcza, posługując się określeniem Hjelmsleva, substancjalnej warstwy języka. Dodajmy jeszcze, iż wspomniane przykłady zastosowań metod neuroobrazowania służyć mają li tylko egzemplifikacji; nie było naszym celem przedstawienie wyników tych badań. Dlatego wybraliśmy artykuły z jednego tylko numeru jednego pisma naukowego.

3. Umieszczenie człowieka w świecie zwierząt

O przepastnych różnicach między człowiekiem a innymi zwierzętami pisało wielu autorów; jedni z pobudek ideologicznych, inni – pseudonaukowych (przy czym jedno nie wyklucza drugiego). Przekonanie, według którego istota ludzka, w przeciwieństwie do zwierzęcia, posiada duszę, jest nie do utrzymania. Twierdzenie, iż tym, co stanowi o wyjątkowości człowieka, jest wolna wola – również. Mimo iż konstatacja ta opiera się przede wszystkim na wynikach badań przeprowadzonych trzydzieści lat temu niezależnie przez Libeta oraz Kornhubera, to i niedawno przeprowadzone badania (Soon *et al.* 2008) potwierdzają, iż aktywność mózgu pojawia się przed dotarciem decyzji do świadomości⁹.

Z naszych rozważań wynika, że nie ma czegoś takiego, jak wolna wola; intencje naszego działania są w istotniejszym, niż dotychczas sądzono, stopniu determinantem biologicznym, nawet w ramach zachowań społecznych. Przekonanie o wolnej woli i niezdeteminowanym dokonywaniu wyborów jest prawdopodobnie jednym z mechanizmów adaptacyjnych do środowiska. Nasze wybory to nie rezultat autonomicznej dla człowieka wolności, lecz odruch mózgu, dyktowany genetycznymi potrzebami człowieka (Nowak, Nowakowski 2006: 163).

⁹ Przy czym u Soon *et al.* (2008) aktywność mózgu w częściach przedczołowej i ciemieniowej pojawiła się aż 10 sekund przed dotarciem decyzji do świadomości. W badaniach Libeta był to czas 0,3–0,5 sekundy.

Nowak i Nowakowski (2006) stwierdzają to przy okazji pracy mającej na celu konfrontację założeń społeczeństwa informacyjnego z ustaleniami memetyki i socjobiologii, w tym teorii samolubnego genu Dawkinsa (1996) oraz wcześniej wspomnianymi wynikami doświadczeń przeprowadzonych przez Libeta w latach osiemdziesiątych.

Damasio (1999) podkreśla, że nie ma ostrej granicy między emocjami i rozumem. Z filozoficznego punktu widzenia w starym metafizycznym sporze między monizmem a pluralizmem Damasio zajmuje stanowisko materialistyczne. Nowakowski (2006: 148) opisuje, za Damasio (1999), przypadek Phineasa Gage'a z połowy XIX wieku:

Był to brygadzysta budowlany, który podczas układania torów linii kolejowej w Nowej Anglii (Vermont) uległ wypadkowi. W wyniku niekontrolowanej eksplozji metalowy pręt uderzył w jego twarz, wbil się w lewy policzek, przeszedł przez czołową część mózgu i wyszedł otworem, który wybił na szczycie czaszki. (...) Choć w czasach tych nie znano antybiotyków, zabiegi lekarzy pozwoliły pacjentowi przeżyć infekcję spowodowaną urazem i po dwóch miesiącach uznano go za wyleczonego. Najistotniejsza jednak jest głęboka zmiana osobowości Gage'a po wypadku. (...) ten niezwykle dotąd spokojny człowiek stał się kapryśny, kłął i reagował ze zniecierpliwieniem na wszelkie próby narzucenia mu jakichkolwiek ograniczeń. (...) Zdegenerowana osobowość nie wpłynęła jednak na funkcjonowanie percepcji, uwagi, pamięci, języka czy inteligencji. Kiedy po latach dokonano ekshumacji zwłok Gage'a i poddano jego czaszkę badaniom, okazało się, że zniszczeniu w czasie wypadku uległa okolica brzusznoprzyśrodkowa części przedczołowej, uważana dziś za jeden z ważnych ośrodków emocji. Zredukowana emocjonalność stała się więc poważnym źródłem zachowań nieracjonalnych.

Damasio doszedł do powyżej nakreślonych wniosków, badając pacjentów z uszkodzeniem zarówno samej części wentromedialnej (brzusznoprzyśrodkowej) płatów przedczołowych, jak i tych (pacjentów), których uszkodzone obszary obejmowały część grzbietowo-

boczną płatów przedczołowych czy korę somatosensoryczną prawej półkuli. Już zresztą Darwin, wiedziony budzącą podziw intuicją, swój „zanik wyższego uczucia estetycznego” łączył z „atrofią pewnej części mózgu” (Darwin 1959). Bądź co bądź, dualistyczny podział Damasio na ciało właściwe oraz mózg zdaje się być tylko popularnonaukowym zabiegiem, zważywszy na holistyczne (a zarazem materialistyczne) podejście naukowca. W konsekwencji umysł okazuje się być funkcją mózgu (Churchland 1981; Churchland 1994; Duch 2002, 2006) a

(...) aparat racjonalności, tradycyjnie kojarzony z korą nową, nie może funkcjonować bez regulacji biologicznej, tradycyjnie uważanej za czynność podkorową. (...) Kora nowa współdziała z korą starego jądra mózgu, a racjonalność jest wynikiem ich kooperacji. (...) [T]o właśnie [emocje i uczucia] tworzą pomost pomiędzy procesami racjonalnymi i nieracjonalnymi, pomiędzy strukturami korowymi i podkorowymi (Damasio 1999: 152).

Morris (1997) zwraca uwagę na pewne cechy (zarówno anatomiczne, jak i behawioralne czy intelektualne), właściwe tylko człowiekowi i tłumaczy je z punktu widzenia przeszłości ewolucyjnej naszego gatunku; na przykład występowanie specyficznych cech anatomicznych (takich jak mięsiste płatki uszne, których żaden inny gatunek prymatów nie posiada, czy wystający i również mięsisty nos) umieszcza w kontekście zachowań seksualnych człowieka (zmiana rejonów ciała wystawionych na widok partnera seksualnego w akcie kopulacji)¹⁰.

Hockett (1960) podaje trzynaście cech charakteryzujących i wyróżniających ludzki sposób porozumiewania się. Przy naszym podejściu oraz zgodnie z ewolucyjną hipotezą pochodzenia języka różnice te nadal istnieją, są jednak różnicami stopnia, nie jakości. Materiał zebrany przez językoznawców i badaczy zachowań zwierząt, zwłaszcza prymatologów, zdaje się dostarczać argumentów za naszym stanowiskiem (por. np. Goodall 1986; de Waal 1989, 1995; Savage-Rumbaugh *et al.* 1993; Morris 1997; Gorzelańczyk, Nowa-

¹⁰ *Nota bene*, powszechnie przyjmuje się dziś, iż drugo- i trzeciorzędowe cechy płciowe (o których Morris też wspomina) związane są z doбором płciowym. Dość wspomnieć o koncepcji, wedle której zanik kości prącia u człowieka tłumaczy się działaniem doboru płciowego (Dawkins 1996).

kowski 1999; Nowakowski 2006; Pruetz, Bertolani 2007; Fehér *et al.* 2009). Pinker i Bloom (1990) stwierdzają wprost, że zdolność do posługiwania się językiem naturalnym jest dziełem natury, nie kultury i jako taka winna być przedmiotem zainteresowania biologii człowieka. Jako analogię podają echolokację u nietoperzy, co nie powinno dziwić. Jak wspomnieliśmy we *Wprowadzeniu* język naturalny jest jedną z rozlicznych form komunikacji, tak jak „taniec” pszczół, ultradźwiękowe wokalizacje myszy czy właśnie echolokacja u nietoperzy. Ludzki sposób porozumiewania się najbardziej jednak przypomina ten wykorzystywany przez najbliższych krewnych człowieka współczesnego – gatunki *Pan troglodytes* i *Pan paniscus* (Pollick, de Waal 2007). Podsumowując:

Na świecie żyją sto dziewięćdziesiąt trzy gatunki małp. Z nich sto dziewięćdziesiąt dwa to gatunki owłosione. Wyjątek stanowi naga małpa, która sama nadała sobie nazwę *Homo sapiens*. Ten niezwykle i nader udany gatunek poświęca mnóstwo czasu na analizowanie wzniosłych pobudek swego postępowania, jednocześnie starannie ignorując pobudki podstawowe (Morris 1997).

Wydaje się, iż wyżej nakreślone przekonania człowieka: o jego gatunkowej wyjątkowości, o posiadaniu duszy oraz wolnej woli, a także niechęć do myślenia o sobie jako elemencie przyrody stanowią bądź to mechanizmy adaptacyjne do środowiska (Nowak, Nowakowski 2006), bądź, co mniej prawdopodobne, produkty uboczne takich mechanizmów.

Morris (1997) przekonuje, iż zarówno u człowieka, jak i u szympansa proces wychowawczy podzielić możemy na dwie odrębne fazy: introwertyczną (wczesna) i ekstrawertyczną (późniejsza), które różnią się oczywiście czasem trwania u obu gatunków, ale ich przebieg oraz funkcje są bardzo podobne. Osobnik pozbawiony poczucia bezpieczeństwa we wczesnej fazie, pomimo łatwości w nawiązaniu kontaktów społecznych jako dorosły, nie będzie potrafił ich utrzymać ani nadać im głębi. Z kolei doświadczenie nadopiekuńczości w fazie drugiej w życiu dorosłym spowoduje trudności z nawiązaniem nowych, dojrzałych kontaktów.

Ten sam autor (Morris 1997) pisze o podobnych reakcjach człowieka i innych gatunków zwierząt (nie tylko małych naczelnych) wystawionych na zbyt intensywny i długotrwały stres oraz nudę: od wykonywania rytmicznych czynności stereotypowych po samookaleczenie. Na poziomie neurofizjologicznym wszystkie odpowiednio rozwinięte gatunki są do siebie bardzo podobne. Należałoby oczywiście sprecyzować, co rozumiemy w tym kontekście przez „odpowiednio rozwinięte gatunki”. Niestety, jest to kwestia zbyt skomplikowana, by się nią tutaj zajmować. Ograniczmy się zatem do konstatacji, iż to jądra podstawy (łac. *ganglia basales*), poza prążkowiem brzuszным (łac. *striatum ventralis*), są odpowiedzialne za, między innymi, kontrolę ruchów mięśni szkieletowych, zwłaszcza ruchów zautomatyzowanych (Laskowska *et al.* 2008).

Prowadząc badania nad życiem społecznym tymali arabskich (*Turdoides squamiceps*), biolog Zahavi zaproponował tzw. zasadę upośledzenia¹¹ (ang. *handicap principle*) (Zahavi 1975, 1977; Pomiankowski 1987, Grafen 1990), wyjaśniającą zachowania altruistyczne w kategoriach innych niż dobór krewniaczy czy odwzajemnianie. Teoria ta tłumaczy też m.in. posiadanie przez samce pawia indyjskiego (*Pavo cristatus*) imponujących ogonów, obyczaje godowe koliberka żarogłowego (*Calypte anna*), jak również niektóre zachowania człowieka (*Homo sapiens*), w tym zjawisko potlaczu. Widzimy zatem, iż odkrycia na polu behawioru innych zwierząt mogą służyć wyjaśnianiu zachowań typowo ludzkich.

4. Ewolucyjna hipoteza pochodzenia języka

Pinker i Bloom (1990) oraz Gorzelańczyk i Nowakowski (1999) prezentują hipotezę ewolucyjnego powstawania języka, według której pochodzenie i rozwój języka można wytłumaczyć przez naturalne mechanizmy selekcji, tj. traktując język jako proces adaptacyjny zachodzący stopniowo. Ladd *et al.* (2008: 121) domniemują, iż tak rozumiana ewolucja nadal się dokonuje (podobnie zresztą jak ewolucja

¹¹ Model matematyczny został stworzony w roku 1990 (Grafen 1990).

człowieka). Proces ewolucji języka został ostatnio, nie po raz pierwszy zresztą, zaobserwowany w warunkach laboratoryjnych (Kirby *et al.* 2008) oraz potwierdzony w badaniach diachronicznych (Lieberman *et al.* 2007). Gorzelańczyk i Nowakowski (1999) przedstawiają sekwencję zdarzeń, które mogły doprowadzić do wykształcenia się języka oraz podkreślają rolę gestów w tym procesie. W takim ujęciu pierwowzorami współcześnie wyróżnianych fonemów były dźwięki związane z konkretnym znaczeniem biologicznym, współczesne morfemy natomiast powstały w wyniku wspólnej ewolucji sekwencji dźwięków i gestów. Na pochodzenie języka związane z gestykulacją zwracają uwagę też inni autorzy (Hewes 1973; Allott 1991, Gärdenfors 1995; Rizzolatti *et al.* 1996; Rizzolatti, Arbib 1998; Corballis 1999; Ramachandran 2000; Pollick, de Waal 2007).

Gesty, okrzyki, jednostki językowe były ściśle związane z reakcjami mającymi znaczenie dla przeżycia, a reakcje tego typu rozwinęły się u człowieka w zjawiska zwane emocjami (Gorzelańczyk, Nowakowski 1999).

O roli procesów emocjonalnych w ogólnym funkcjonowaniu organizmu pisze Damasio (1999), o emocjonalnym podłożu wszelkich wypowiedzi językowych – Nowakowski (2006), a o roli emocji w procesach uczenia się i zapamiętywania – Gorzelańczyk (2000). Okazuje się, że emocje mają też wpływ na złożone procesy planowania i decyzyjne. Jak zauważa Spisak (2009):

(...) układy stratega i recenzenta kontaktują się w ograniczonym zakresie, głównie na poziomie emocji i nastroju.

Warto odnotować, że wykorzystanie biologicznego sprzężenia zwrotnego (*biofeedback*), czyli kontroli własnego stanu fizjologicznego oraz modyfikowania go według potrzeb jako metody wspomagającej proces uczenia się (Trzebiński *et al.* 2008) potwierdza hipotezę o bliskich związkach uczenia się z pamięcią oraz językiem. Przypomnijmy, iż gest podkreśla emocjonalne podłoże sekwencji dźwięków (Gorzelańczyk, Nowakowski 1999). Również w przy-

padku wypowiedzi pozornie emocji pozbawionej, zachodzą pewne zmiany fizjologiczne *sub rosa* (zmienność rytmu serca – HRV, reakcja skórno-galwaniczna – GSR, zmiana napięcia autonomicznego układu nerwowego). Detekcja tego typu reakcji wykorzystywana jest już nie tylko w wykrywaczach kłamstw (Gorzelańczyk, Nowakowski 1999), ale też, jako się rzekło, może wspierać proces uczenia się.

Proces ewolucji języka związany jest z preadaptacjami na różnych poziomach. Na poziomie anatomicznym mamy do czynienia z przystosowaniami aparatu artykulacyjnego (położenie krtań, kształt podstawy czaszki, umieszczenie języka w jamie ustnej), na poziomie umiejętności społecznych – umiejętnościami uwspólniania uwagi, naśladowania gestów oraz posiadania teorii umysłu; kognitywnym – zdolnościami reprezentowania złożonych kompleksów i kombinacji znaczeń oraz umiejętnością przetwarzania sekwencyjnego i kategoryzowania hierarchicznego. Do tego dochodzą zwiększona pojemność pamięci słuchowej w zakresie roboczym oraz egzaptacje neuronalne (za Matuszewską 2007). Fitch (2000), koncentrując się na ewolucji mowy, wskazuje na dwie konieczne preadaptacje: modyfikacje traktu wokalnego oraz rozwój zdolności do naśladowania dźwięków.

Warto dodać, iż tak pojmowana ewolucja języka nie wyklucza ani genezy języka starszej niż pojawienie się człowieka (Gorzelańczyk, Nowakowski 1999; Savage-Rumbaugh *et al.* 1993), ani hipotezy poligenyzy językowej.

5. Dalsze przykłady badań prowadzonych z perspektywy biologiczno-medycznej oraz pewne kontrowersje

Podejście biologiczno-medyczne może być wykorzystane w badaniach patologii mowy i języka *en bloc*¹² (Ansaldo *et al.* 2008; Bormann *et al.* 2009; Green, Abutalebi 2008; Kemmerer *et al.* 2009; March *et al.* 2009; Silbergleit *et al.* 2009; Rodríguez-Ferreiro *et al.*

¹² Wliczając w to afazje, zaburzenia w pisaniu, zaburzenia płynności, zaburzenia wynikające z interwencji chirurgicznej oraz spowodowane niedotlenieniem oraz chorobami.

2009), akwizycji pierwszego i drugiego języka (Pinker 1995; Abutalebi, Costa 2008; Osterhout *et al.* 2008) oraz w glottodydaktyce (Gorzelańczyk 2000).

Krause *et al.* (2007), bazując na analizie genomów dwóch osobników z gatunku *Homo (sapiens) neanderthalensis* z El Sidrón, doszli do wniosku, iż „zmiany obu aminokwasów (...) związane z wyłonieniem się współczesnej zdolności językowej” (Krause *et al.* 2007) zostały prawdopodobnie odziedziczone zarówno przez Neandertalczyka, jak i człowieka współczesnego od ich ostatniego wspólnego przodka¹³ (za Benítez-Burraco *et al.* 2008). Z taką interpretacją wyników analizy polemizują Benítez-Burraco *et al.* (2008), wskazując trzy możliwe scenariusze, dające się pogodzić z wynikami otrzymanymi przez Krause’a *et al.* (2007), a prowadzące do mniej radykalnych wniosków. Twierdzą oni, że inkryminowane mutacje mogły pojawić się w genomie neandertalczyka w innej niż językowa funkcji, że mogły być obojętne dla organizmu oraz że mogły zostać przeniesione do genomu neandertalczyka z genomu człowieka współczesnego w wyniku przepływu genów. Autorzy artykułu polemicznego przyznają, że gen *FOXP2* zdaje się być warunkiem koniecznym, acz niedostatecznym do posługiwania się ludzką mową.

Dużo wątpliwości związanych jest z tzw. neuronami lustrzanymi (ang. *mirror neurons*). Zostały one odkryte w latach 80. i 90. XX wieku w mózgach makaków. Neuronaukowcy doszli do wniosku, iż występują także u ludzi, chociaż trudno to stwierdzić wykorzystując metody neurobiologiczne. Jednakże badania wykonane metodami przezczaszkowej stymulacji magnetycznej (TMS) oraz czynnościowego rezonansu magnetycznego (fMRI) zlokalizowały obszary odpowiadające systemowi neuronów lustrzanych makaków, znajdujących się w brzusznej korze przedruchowej płatów czołowych (*ventral premotor area of the frontal lobes*) (obszar F5, stanowiący dolną część kory przedruchowej) (np. di Pellegrino *et al.* 1992; Nelissen *et al.* 2005) w dolnych częściach kory czołowej człowieka,

¹³ „Wspomniane zmiany aminokwasów są spowodowane zmianą nukleotydu na pozycjach 911 i 977 w eksonie 7 genu *FOXP2*, co spowodowało zamianę treoniny na kwas asparaginowy i argininy na serynę” (Benítez-Burraco *et al.* 2008).

w pobliżu obszaru Broki (44 i 45 obszar czołowy) oraz w dolnych częściach płata ciemieniowego (*inferior parietal lobule*) (Ramachandran 2006). Najczęściej wymienianymi funkcjami neuronów lustrzanych są rozumienie intencji innych osobników (Iacoboni *et al.* 2005) i zdolność do empatii. Niektórzy autorzy (np. Ramachandran 2000; Théoret, Pascual-Leone 2002) utrzymują, iż neurony lustrzane są zaangażowane w proces akwizycji języka. Przybywa też dowodów na to, iż nieprawidłowe funkcjonowanie tych ośrodków mózgu, w których występują neurony lustrzane odpowiedzialne jest za zaburzenia z grupy Autystycznego Spektrum Zaburzeń (ASD) (Williams *et al.* 2001; Oberman *et al.* 2005; Iacoboni, Dapretto 2006; Ramachandran, Oberman 2006). Bądź co bądź, kwestia neuronów lustrzanych pozostaje kontrowersyjna. Turella *et al.* (2009), po przeanalizowaniu wyników badań wykonanych metodami fMRI oraz PET, wskazali pewne niedoskonałości dotychczasowej metodologii (*scil.* brak bezpośredniego dowodu) oraz w konsekwencji podali w wątpliwość istnienie systemu neuronów o takich „lustrzanych” właściwościach w ludzkim mózgu. Z kolei na podstawie metaanalizy Molenberghs *et al.* (2009) zasugerowali, iż struktury aktywne podczas naśladowania (imitacji) wykraczają poza tradycyjnie przyjęty system neuronów lustrzanych. Nieuwzględniane do tej pory rejony to zwłaszcza górny płacik ciemieniowy (*superior parietal lobule*), dolny płacik ciemieniowy (*inferior parietal lobule*) i grzbietowa kora przedruchowa (*dorsal premotor cortex*, PMd).

6. Język a system socjoseksualny człowieka oraz różnice w organizacji społecznej prymatów

Język, stanowiąc proces adaptacyjny pozostający w ścisłych związkach z pamięcią i świadomością (np. Gärdenfors 1995), zwiększa szanse prokreacyjne osobnika sprawniejszego językowo i tym samym ułatwia przekazanie informacji genetycznej (Gorzelańczyk, Nowakowski 1999). Na szczególną rolę i charakter systemu socjoseksualnego człowieka zwraca uwagę Morris (1997):

Ogromna większość aktów spółkowania u naszego gatunku ma zatem na celu nie płodzenie potomstwa, lecz wzajemne dostarczanie sobie przez dwójkę partnerów satysfakcji seksualnej i cementowanie w ten sposób więzi między nimi. Wniosek stąd oczywisty, że uprawianie przez taką dwójkę seksu w celach wyłącznie erotycznych nie jest wcale jakimś wymyślnym dekadencckim obyczajem wynalezionym przez nowoczesną cywilizację, lecz głęboko zakorzoną, ewolucyjnie uzasadnioną i biologicznie zdrową tendencją naszego gatunku.

Tak więc zdolności językowe przedstawiciela gatunku *Homo sapiens* wpływają dodatnio nie tylko na możliwość prokreacji i przekazania genów, ale po prostu znalezienia partnera seksualnego. Co ciekawe, wpływ sprawności językowej zdaje się mieć coraz mniejsze znaczenie w kolejnych fazach zachowań seksualnych człowieka: fazie zalotów, fazie przedkopulacyjnej, i wreszcie kopulacyjnej¹⁴. Źródła antropologiczne wskazują również, że większa sprawność w posługiwaniu się językiem sprzyja osiągnięciu wyższej pozycji w hierarchii społecznej (Lévi-Strauss 1970, np. rozdział IX: Czarownik i jego magia; Evans-Pritchard 2007). Obserwacje te potwierdzają konieczność traktowania języka jako czynnika motywacyjnego w zakresie podstawowych funkcji życiowych człowieka.

Mimo iż organizacja społeczna człowieka charakteryzuje się największą różnorodnością (występowanie więzi zarówno między samymi samcami, samymi samicami, jak i samcami oraz samicami; związki monogamiczne, poligamiczne i poliandryczne), to wśród pozostałych prymatów również spotkać możemy różne jej formy. I tak gibbony tworzą pary monogamiczne, goryle żyją w poligamii (najsilniejsze więzi są między samcem i jego samicami), a orangutany nie wykazują silniejszych więzi (jeden samiec włada dużym terytorium, na którym żyje osobno kilka samic). U szympansów zwyczajnych (*Pan troglodytes*) najsilniejsze więzi zaobserwować można między samcami, które razem polują i chronią wspólne terytorium; samice nie są związane szczególnie ani ze sobą nawzajem,

¹⁴ Nie dotyczy osobników dotkniętych erotolalią.

ani z konkretnym samcem. Szympansy bonobo (*Pan paniscus*) z kolei żyją w stadach o strukturze egalitarnej i, prawdopodobnie ze względu na swój promiskuityzm, rzadko wykazują zachowania agresywne; najsilniejsze więzi występują między samicami, ale też między samicami a samcami (za de Waal 1995). Chociaż codzienna obserwacja każe niektórym przyrównywać system organizacji społecznej człowieka do systemu bonobo, to właściwsza wydaje się uwaga rozpoczynająca ten akapit.

7. Poziom submolekularny, czyli w kierunku lingwistyki kwantowej

Aktywność elektryczną mózgu zarejestrowano po raz pierwszy pod koniec XIX wieku (Wróbel 1997). Mniej więcej sto lat później Sedlak zaproponował swój bioelektroniczny model życia, pochodzenie człowieka wywodząc z elementarnej więzi kwantowej między procesami chemicznymi i elektronicznymi zachodzącymi w molekularnym środowisku białkowego półprzewodnika (Sedlak 1980, 1988). W tym modelu świadomość to wrażliwość bioukładu na zmiany czynników zewnętrznych (środowiskowych), wyrażonaestrojeniem własnego bilansu energetycznego.

W mikrowymiarze istnieją tylko elektrony, fotony i fonony przy wzajemnym oddziaływaniu sprzężeń w białkowym ośrodku półprzewodnika (Sedlak 1980: 141).

Zważywszy na fakt, iż tkanka nerwowa charakteryzuje się czynnikami piezoelektrycznymi, a świadomość, o której związkach z językiem wspomnieliśmy wcześniej, została opisana jak wyżej, nie widać powodu, by zupełnie nowe (kwantowe) podejście nie miało pojawić się w dociekaniach nad językiem. Pozostaje mieć nadzieję, iż nie miał racji Feynman, mówiąc, że nikt nie rozumie teorii kwantowej. W każdym razie jesteśmy przekonani o trafności innego spostrzeżenia tego naukowca, parafrazując: „Nauka jest jak seks: pewnie, że może dawać jakieś praktyczne rezultaty, ale nie dlatego to robimy”.

Bibliografia

- Abutalebi J., Costa A. (2008) Acquisition, processing and loss of L2: Functional, cognitive and neural perspectives. *Journal of Neurolinguistics* 21(6), 473-6.
- Allott R. (1991) The motor theory of language. W: von Raffler-Engel W., Wind J., Jonker A. (red.), 123-57.
- Ansaldi A.I., Marcotte K., Scherer L., Raboyeau G. (2008) Language therapy and bilingual aphasia: Clinical implications of psycholinguistic and neuroimaging research. *Journal of Neurolinguistics* 21(6), 539-57.
- Bañcerowski J., Pogonowski J., Zgółka T. (1982) *Wstęp do językoznawstwa*. Poznań: Wydawnictwo Naukowe UAM.
- Benítez-Burraco A., Longa V.M., Lorenzo G., Uriagereka J. (2008) Also sprach Neanderthalis... Or Did She? *Biolinguistics* 2(2), 225-32.
- Boeckx C., Grohmann K.K. (2007) The Biolinguistics manifesto. *Biolinguistics* 1, 1-8.
- Bormann T., Wallesch C.W., Seyboth M., Blanken G. (2009) Writing two words as one: Word boundary errors in a German case of acquired surface dysgraphia. *Journal of Neurolinguistics* 22(1), 74-82.
- Christensen K.R. (2009) Negative and affirmative sentences increase activation in different areas in the brain. *Journal of Neurolinguistics* 22(1), 1-17.
- Churchland P.M. (1981) Eliminative Materialism and the Propositional Attitudes, *Journal of Philosophy* 78(2), 67-90.
- Churchland P.S. (1994) Can Neurobiology Teach us Anything about Consciousness? *Proceedings and Addresses of the American Philosophical Association* 67(4), 23-40.
- Corballis M. (1999) The Gestural Origins of Language. *American Scientist* 87(2), 138-45.
- Damasio A.R. (1999) *Błąd Kartezjusza. Emocje, rozum i ludzki mózg*. Poznań: Dom Wydawniczy Rebis.
- Darwin K. (1959) *Wspomnienia o rozwoju mojego umysłu i charakteru*. Warszawa: PWRiL.
- Dawkins R. (1996) *Samolubny gen*. Warszawa: Prószyński i Ska.
- Duch W. (2002) Fizyka umysłu. *Postępy Fizyki* 53D, 92-103.
- Duch W. (2006) Od mózgu do umysłu. *Charaktery* 1 (Wydanie specjalne), 18-23.
- Epstein O., Perkin G.D., de Bono D.P., Cookson J. (2001) *Badanie kliniczne*. Lublin: Wydawnictwo Czelej.

- Evans-Pritchard E.E. (2007) Czarownictwo jako wyjaśnienie nieszcześliwych wydarzeń. W: Nowicka E., Głowacka-Grajper M. (red.).
- Fehér O., Wang H., Saar S., Mitra P.P., Tchernichovski O. (2009) De novo establishment of wild-type song culture in the zebra finch. *Nature*. DOI:10.1038/nature07994.
- Fitch W.T. (2000) The evolution of speech: a comparative review. *Trends in Cognitive Sciences* 4(7), 258-67.
- Gärdenfors P. (1995) Language and the Evolution of Cognition. *Lund University Cognitive Studies* 41.
- Gleitman L.R., Liberman M., Osherson D.N. (red.) (1995) *An Invitation to Cognitive Science*. 2nd Edition – Vol. 1: Language. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Gomułka W.S., Rewerski W. (red.) (1992) *Encyklopedia zdrowia*. Tom I. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Goodall J. (1986) *The Chimpanzees of Gombe: Patterns of Behavior*. Cambridge, Massachusetts: Belknap Press.
- Gorzelańczyk E.J. (2000) *Pamięć, świadomość, język. Zastosowanie algorytmu optymalizującego odstępów między powtórkami w glottodydaktyce*. Poznań: Oficyna Wydawnicza Medsystem.
- Gorzelańczyk E.J., Nowakowski P. (1999) Pamięć, świadomość i biologiczne podłoże pochodzenia języka. *Investigationes Linguisticae* 7, 161-72.
- Grafen A. (1990) Biological signals as handicaps. *Journal of Theoretical Biology* 144, 517-46.
- Green D.W., Abutalebi J. (2008) Understanding the link between bilingual aphasia and language control. *Journal of Neurolinguistics* 21(6), 558-76.
- Hewes G.W. (1973) Primate communication and the gestural origin of language. *Current Anthropology* 14, 5-24.
- Hockett Ch. (1960) The origin of speech, *Scientific American* 203(3), 88-96.
- Iacoboni M., Dapretto M. (2006) The mirror neuron system and the consequences of its dysfunction. *Nature Reviews Neuroscience* 7(12), 942-51.
- Iacoboni M., Molnar-Szakacs I., Gallese V., Buccino G., Mazziotta J.C., Rizzolatti G. (2005) Grasping the Intentions of Others with One's Own Mirror Neuron System. *PLoS Biology* 3(3), 529-35.
- Kemmerer D., Tranel D., Zdanczyk C. (2009) Knowledge of the semantic constraints on adjective order can be selectively impaired. *Journal of Neurolinguistics* 22(1), 91-108.

- Kirby S., Cornish H., Smith K. (2008) Cumulative cultural evolution in the laboratory: An experimental approach to the origins of structure in human language. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105(31), pp. 10681-6. DOI:10.1073/pnas.0707835105.
- Krause J., Lalueza-Fox Ch., Orlando L., Enard W., Green R.E., Burbano H.A., Hublin J.J., Hänni C., Fortea J., de la Rasilla M., Bertranpetit J., Rosas A., Pääbo S. (2007) The derived *FOXP2* variant of modern humans was shared with Neandertals. *Current Biology* 17, 1908-12.
- Ladd D.R., Dediu D., Kinsella A.R. (2008) Languages and Genes: Reflections on Biolinguistics and the Nature-Nurture Question. *Biolinguistics* 2(1), 114-26.
- Lanigan R.L. (1991) Roman Jakobson's Semiotic Theory of Communication. *Annual Meeting of the Speech Communication Association* (77th, Atlanta, GA, October 31-November 3).
- Laskowska I., Ciesielski M., Gorzelańczyk E.J. (2008) Udział jąder podstawy w regulacji funkcji emocjonalnych. *Neuropsychiatria i Neuropsychologia* 3 (3-4), 107-15.
- Lenneberg E. (1967) *Biological Foundations of Language*. New York: John Wiley.
- Lévi-Strauss C. (1970) *Antropologia strukturalna*. Warszawa: Państwowy Instytut Wydawniczy.
- Lieberman E., Michel J.B., Jackson J., Tang T., Nowak M.A. (2007) Quantifying the evolutionary dynamics of language. *Nature* 449, 713-6. DOI:10.1038/nature06137.
- Longstaff A. (2006) *Neurobiologia*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- March E.G., Pattison P., Wales R. (2009) The role of cognition in context-dependent language use: Evidence from Alzheimer's disease. *Journal of Neurolinguistics* 22(1), 18-36.
- Matuszewska K. (2007) Studium porównawcze ewolucji zdolności językowych u człowieka i innych naczelnych. *PFK: Teksty pokonferencyjne* 1, 46-61.
- Molenberghs P., Cunnington R., Mattingley J.B. (2009) Is the mirror neuron system involved in imitation? A short review and meta-analysis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 33 (7), 975-80.
- Morris D. (1997) *Naga malpa*. Warszawa: Prima.
- Nelissen K., Luppino G., Vanduffel W., Rizzolatti G., Orban G.A. (2005) Observing Others: Multiple Action Representation in the Frontal Lobe. *Science* 310, 332-6.

- Nowak P., Nowakowski P. (red.) (2006) *Język, Komunikacja, Informacja*. Tom I. Poznań: Sorus.
- Nowak P., Nowakowski P. (2006) Człowiek a potrzeba informacji. Kilka refleksji na marginesie założeń teorii społeczeństwa informacji. W: Nowak P., Nowakowski P. (red.), 157-66.
- Nowakowski P. (2006) Emocjonalne podłoże wypowiedzi językowych. Zarys problematyki z perspektywy biolingwistyki. W: Nowak P., Nowakowski P. (red.), 143-55.
- Nowicka E., Głowacka-Grajper M. (red.) (2007) *Świat człowieka – świat kultury. Antologia tekstów klasycznej antropologii*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Oberman L.M., T, Hubbard E.M., McCleery J.P., Altschuler E.L., Ramachandran V.S., Pineda J.A. (2005) EEG evidence for mirror neuron dysfunction in autism spectrum disorders. *Cognitive Brain Research* 24, 190-8.
- Osterhout L., Poliakov A., Inoue K., McLaughlin J., Valentine G., Pitkanen I., Frenck-Mestre Ch., Hirschensohn J. (2008) Second-language learning and changes in the brain. *Journal of Neurolinguistics* 21 (6), 509-21.
- di Pellegrino G., Fadiga L., Fogassi L., Gallese V., Rizzolatti G. (1992) Understanding motor events: a neurophysiological study. *Experimental Brain Research* 91, 176-80.
- Pinker S. (1995) Language Acquisition. W: Gleitman L.R., Liberman M., Osherson D.N. (red.).
- Pinker S., Bloom P. (1990) Natural language and natural selection. *Behavioral and Brain Sciences* 13 (4), 707-84.
- Pogonowski J. (1983) Semiotyczne Aspekty Genetyki Molekularnej. *Kosmos* 3, 425-31.
- Pollick A.S., de Waal F.B.M. (2007) Ape gestures and language evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104 (19) 8184-9.
- Pomiankowski A. (1987) Sexual selection: the handicap principle does work – sometimes. *Proceedings of the Royal Society of London B* 231, 123-45.
- Pruetz J.D., Bertolani P. (2007) Savanna Chimpanzees, *Pan troglodytes verus*, Hunt with Tools. *Current Biology* 17 (5), 412-7.
- von Raffler-Engel W., Wind J., Jonker A. (red.) (1991) *Studies in Language Origins*, Vol. 2. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company.

- Ramachandran V.S. (2000) Mirror neurons and imitation learning as the driving force behind „the great leap forward“ in human evolution, *Edge* 69.
- Ramachandran V.S. (2006) The Neurology Of Self-Awareness. *Edge* 201.
- Ramachandran V.S., Oberman L.M. (2006) Broken Mirrors: A Theory of Autism. *Scientific American* 295 (5), 62-9.
- Rizzolatti G., Arbib M.A. (1998) Language within our grasp. *Trends in Neurosciences* 21(5), 188-194.
- Rizzolatti G, Fadiga L, Gallese V, Fogassi L. (1996) Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cognitive Brain Research* 3 (2), 131-41.
- Rodríguez-Ferreiro J., Davies R., González-Nosti M., Barbón A., Cuetos F. (2009) Name agreement, frequency and age of acquisition, but not grammatical class, affect object and action naming in Spanish speaking participants with Alzheimer's disease. *Journal of Neurolinguistics* 22 (1), 37-54.
- Roll M., Horne M., Lindgren M. (2009) Left-edge boundary tone and main clause verb effects on syntactic processing in embedded clauses – An ERP study. *Journal of Neurolinguistics* 22 (1), 55-73.
- Savage-Rumbaugh E.S., Murphy J., Sevcik R.A., Brakke K.E., Williams S.L., Rumbaugh D.M. (1993) Language comprehension in ape and child. *Monographs of the Society for Research in Child Development* 58 (3-4), 1-222.
- Sedlak W. (1980) *Homo electronicus*. Warszawa: Państwowy Instytut Wydawniczy.
- Sedlak W. (1988) *Wprowadzenie w bioelektronikę*. Wrocław: Ossolineum.
- Silbergleit A.K., Feit H., Silbergleit R. (2009) Neurogenic stuttering in corticobasal ganglionic degeneration: A case report, *Journal of Neurolinguistics* 22 (1), 83-90.
- Smal T., Zduniak A. (red.) (2008) *Edukacja bez granic – mimo barier: przestrzeń tworzenia*. Tom II. Poznań: Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bezpieczeństwa.
- Soon CS, Brass M, Heinze HJ, Haynes JD (2008) Unconscious determinants of free decisions in the human brain. *Nature neuroscience* 11, 543-5.
- Spisak K. (2009) Układ strateg – recenzent w ludzkim mózgu. *Neuropsychiatria i Neuropsychologia* 4 (1), 43-50.

- Ślusarska B., Zarzycka D., Zahradniczek K. (2004) *Podstawy pielęgniarstwa*. Tom II. Lublin: Wydawnictwo Czelej.
- Théoret H., Pascual-Leone A. (2002) Language Acquisition: Do as You Hear. *Current Biology* 12 (21), 736-7.
- Trzebiński H., Słomko W., Hagner W., Dzierżanowski M. (2008) Biofeedback jako metoda wspomagająca proces uczenia się. W: Smal T., Zduniak A. (red.), 457-60.
- Turella L., Pierno A.C., Tubaldi F., Castiello U. (2009) Mirror neurons in humans: Consisting or confounding evidence? *Brain and Language* 108, 10-21.
- Urbanowicz Z. (2002) *Współczesne mianownictwo anatomiczne*. Lublin: Wydawnictwo Czelej.
- de Waal F.B.M. (1989) *Peacemaking Among Primates*. Cambridge: Harvard University Press.
- de Waal F.B.M. (1995) Bonobo Sex and Society. The behavior of a close relative challenges assumptions about male supremacy in human evolution. *Scientific American* 272 (3), 82-8.
- Williams J. H. G., Whiten A., Suddendorf T., Perrett D.I. (2001) Imitation, mirror neurons and autism. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 25 (4), 287-95.
- Wróbel A. (1997) Zbiorcza aktywność elektryczna mózgu. *Kosmos* 46, 317-26.
- Zahavi A. (1975) Mate selection – a selection for a handicap. *Journal of Theoretical Biology* 53 (1), 205-14.
- Zahavi A. (1977) The cost of honesty (further remarks on the handicap principle). *Journal of Theoretical Biology* 67 (3), 603-5.