

DARIUSZ TOMCZYK

*Wyższa Szkoła Rehabilitacji
Wydział Rehabilitacji
Obozowa 20, 01-161 Warszawa
E-mail: dariusztomczyk@wp.pl*

O ROLI NATURALNEJ ELEKTRYCZNOŚCI W ŻYCIU ORGANIZMÓW

Wyniki wielu badań dowodzą, że żywe organizmy są bardzo wrażliwe na oddziaływanie elektryczności atmosferycznej, co jeszcze do niedawna nie było powszechnie przyjmowane i dostrzegane przez naukowców, a i dziś część specjalistów podważa lub przynajmniej mocno umniejsza rolę, jaką odgrywa ona w świecie organizmów żywych (np. JAROSZYK 2002). Jednakże obserwacje poczynione przez ostatnie stulecia, począwszy od słynnych osiemnastowiecznych eksperymentów Galvaniego, prowadzonych na żabach w czasie trwania burzy (PICCOLINO 1998), a skończywszy na chwili obecnej, wyraźnie ukazały znaczenie elektryczności atmosferycznej dla funkcjonowania i rozwoju mikroorganizmów, roślin i zwierząt, w tym człowieka. Z badań wynika, iż pole elektryczne atmosfery i jonizacja powietrza wpływają na wiele procesów życiowych roślin, m. in. ułatwiają pochłanianie CO_2 dzięki wzajemnemu przyciąganiu różnoimiennych ładunków elektrycznych: ujemnie naładowanych liści i dodatnio naładowanych jonów CO_2 . Procesy fizjologiczne roślin izolowanych od wpływu elektryczności atmosferycznej wykazują wiele zakłóceń: obniża się intensywność wzrostu, rozwoju i gromadzenia suchej masy, zmniejsza się wydajność fotosyntezy i oddychania oraz zdolność pobierania wody przez korzenie. Generalnie, bardziej wrażliwe na tzw. elektroklimate są rośliny dwuliścienne niż jednoliścienne (RADOMSKI 1987, VOLKOV 2000).

Niektórzy badacze sądzą, iż aby wyjaśnić mechanizm meteorotropowych oddziaływań pogody na ludzi, należy szczególną

uwagę zwrócić na bodźce, których źródłem są elektryczne i elektromagnetyczne cechy atmosfery (KOŻUCHOWSKI 1998). Terminem „meteorotropizm” nazywamy wrażliwość organizmu na zmieniające się warunki atmosferyczne, a reakcje meteorotropowe, to występowanie zaburzeń równowagi organizmu lub pojawianie się objawów chorobowych, wywołane nieokresowymi fluktuacjami warunków pogodowych (KOŻUCHOWSKI 1998). Poszczególni ludzie wykazują te reakcje w zróżnicowanym stopniu, szczególną podatnością na nie wyróżniają się tzw. meteoropaci. Jednak wielokrotnie czynione próby wykazania korelacji pomiędzy reakcjami meteorotropowymi a pojedynczymi elementami pogody (temperatura, ciśnienie, wiatr, opady itp.) zwykle zawodziły (KOŻUCHOWSKI 1998, SCHIFFER 1986a). Ponadto zaobserwowano, że zdrowy organizm nie odbiera negatywnie np. zmian ciśnienia wynikających z wędrówki górskiej lub podróży windą, ale może za to odczuwać dolegliwości w trakcie wahań ciśnienia, jakie towarzyszą przemieszczającym się układom barycznym, chociaż w obu przypadkach są to zmiany porównywalne pod względem wartości (KOŻUCHOWSKI 1998).

I tu dochodzimy, być może, do istoty problemu. Otóż, reakcje meteorotropowe nie korelują z jakimiś „wypreparowanymi” z całości systemu pogodowego elementami meteorologicznymi, co już powiedziano wyżej, natomiast wyraźnie korelują z pewnymi sytuacjami synoptycznymi, jak np. przejście frontu atmosferycznego, wystąpienie burzy itp. Perturbacjom tym towarzyszą wahania elementów składowych elektryczności at-

mosferycznej. Poszczególne masy powietrza, uczestniczące w zmieniających się sytuacjach pogodowych, charakteryzują się różną koncentracją jonów i różnym natężeniem pola elektrycznego, z czego wynika, że zmiana jednej masy powietrza na inną pociąga za sobą zmiany w elektryczności atmosferycznej, a na oddziaływanie z kolei tych zmian żywy organizm może być podatny (KOZUCHOWSKI 1998). Znaczne skoki wartości elementów składowych elektryczności atmosferycznej obserwuje się nie tylko podczas perturbacji pogodowych, ale też przy silnym naturalnym lub antropogenicznym zapyleniu powietrza, które bardzo utrudnia swobodny pionowy przepływ ładunków w atmosferze (RADOMSKI 1987, WARZECHA 1962). Intensywną elektryzację, a więc i jonizację powietrza, wywołują również burze pyłowe i piaskowe, burze śnieżne oraz wybuchy wulkanów (NALWIKIN 1969).

Nie jest prawdopodobnie dziełem przypadku, że najbardziej czułe meteorotropowo są te układy organizmu, które w swym działaniu znacząco opierają się na komponencie elektrycznym, czyli takie jak układ krążenia i układ nerwowy. Typowe choroby, których przebieg ma ścisły związek ze stanami pogody, to m.in.: zawał serca, zator płucny, udar krwotoczny mózgu, migrena, choroba wrzodowa żołądka i dwunastnicy, alergie, gościec, patologiczne stany psychiki. Ponad 34% śmiertelnych przypadków zawału serca ma miejsce podczas przechodzenia frontów atmosferycznych (zaburzenie pola elektrycznego atmosfery przy zmianie mas powietrza), w czasie spokojnej pogody wyżowej procent ten wynosi już tylko 6 (KOZUCHOWSKI 1998). Przytacza się wyniki badań, w których stwierdzono wydłużenie czasu krzepnięcia krwi u królika przy burzliwych wymianach mas powietrza oraz zaobserwowano, że wiatry fenowe, burze i ciepłe fronty atmosferyczne sprzyjają powstawaniu krwotoków (SCHIFFER 1986a).

Pewne, specyficzne, lokalne wiatry, jak fen (u nas zwany halnym), szaraw w Izraelu czy sirocco na Sycylii, niosące ze sobą zaburzenia elektryczności atmosferycznej, znane są ze swego szkodliwego oddziaływania na organizmy żywe, w tym człowieka, zarówno na jego samopoczucie psychiczne, jak i fizyczne. Wywołują u niektórych ludzi dolegliwości takie jak uczucie duszności, ból głowy, wzmożona nerwowość lub depresja, dolegliwości sercowe, żołądkowe i inne (STRABURZYŃSKI i STRABURZYŃSKA-LUPA 1997). Cytowa-

ne są też rezultaty badań, z których wynika, że w dni, kiedy wiał fen, poziom wykonania różnych zadań obniżał się, natomiast zwiększała się liczba wypadków i to zarówno w czasie oddziaływania fenu, jak i bezpośrednio przed jego pojawieniem się, co w kontekście naszych rozważań wydaje się szczególnie interesujące (BELL i współaut. 2004). Ta sama publikacja przytacza także porównanie wykonania testów psychologicznych w dni, gdy wieje wiatr pustynny szaraw i w dni bez tego wiatru konkludując, że w dni wietrzne uzyskano wyższe wartości w skali neurotyczności i ekstrawersji, a niższe w testach inteligencji.

Wiatrowi fenowemu przypisuje się silne oddziaływanie na organizm ludzki. O wadze tego zagadnienia świadczy fakt istnienia przeciwwskazań do przebywania osób cierpiących na schorzenia układu krążenia w miejscowościach, gdzie występują zjawiska fenowe, gdyż ujawniają się tam i zaostrzają dolegliwości układu sercowo-naczyniowego. Wielu autorów stwierdziło ujemny wpływ fenu na stan somatyczny człowieka, jak bóle i zawroty głowy, migotanie w oczach, szum w uszach, pojawianie się lub nasilanie bólów mięśniowo-stawowych, przyspieszenie akcji serca oraz występowanie bólów dusznicowych (SCHIFFER 1986b, STRABURZYŃSKI i STRABURZYŃSKA-LUPA 1997). Stwierdzili oni również duży, zależny od typu psychicznego człowieka, wpływ na jego psychikę, co objawia się niepokojem, wzmożoną pobudliwością, brakiem opanowania do agresji włącznie, albo niechęcią do pracy, silną depresją, co często kończy się samobójstwem. W innych badaniach wykazano znaczne nasilenie się przypadków obniżenia nastroju, depresji i samobójstw podczas nasuwania się chłodnych lub ciepłych frontów atmosferycznych nad dany obszar (SCHIFFER 1986a, b).

Nie stwierdzono natomiast żadnego związku z samopoczuciem i stanem zdrowia rozpatrując oddzielnie każdy z czynników meteorologicznych towarzyszących frontom i fenom, takich jak ciśnienie atmosferyczne, temperatura, wilgotność czy nasłonecznienie (SCHIFFER 1986a, b). Także w badaniach własnych nad wpływem zaburzeń pogodowych na liczbę samobójstw i bójek SCHIFFER (1986b) stwierdziła istotną statystycznie zależność pomiędzy tymi wydarzeniami a stanami pogody zaburzonej (wiatrem halnym lub przemieszczaniem się frontu, zwłaszcza chłodnego). I te badania również nie wykazały żadnej zależności między poszczególny-

mi elementami pogody a samobójstwami i bójkami.

U niektórych osobników stwierdza się nie tylko nadwrażliwość na aktualne zmiany pogody, ale również zdolność „wyprzedzającego” reagowania ich organizmów na dopiero mające nastąpić zmiany. Czynniki meteorologiczne mogą powodować zmiany w składzie krwi, w poziomie elektrolitów, wpływać na „grę” naczyń włosowatych i na pobudliwość układu wegetatywnego, co w konsekwencji działa także na stronę psychiczną organizmu (SCHIFFER 1986a).

Nasuwa się pytanie: na co konkretnie reaguje organizm reagując na dokonującą się właśnie zmianę pogody lub wręcz ją „prognozując” z wyprzedzeniem? Wiadomo, że zmiany stanu elektryczności atmosferycznej mogą na przykład powodować bolesność blizn i zmieniać krzepliwość krwi (MIKA 1996). Z drugiej strony, stwierdza się zależność między różnymi stanami pogody bieżącej lub dopiero nadchodzącej a stanem elektryczności atmosferycznej (TYCZKA 1968, LENKIEWICZ i współaut. 1986). Koncepcja, że to właśnie elektryczność atmosferyczna jest tym szczególnym elementem, spośród innych elementów fizycznych, na który reaguje żywy organizm dokonując recepcji stanu pogody, wydaje się więc całkiem logiczna.

Przy okazji powiedzmy parę słów o fizycznej naturze elektryczności atmosferycznej. Rozumie się przez nią całokształt zjawisk elektrycznych zachodzących w atmosferze (*Słownik meteorologiczny* 2003). Powietrze atmosferyczne nie jest gazem elektrycznie obojętnym. Znajdują się w nim nośniki ładunku elektrycznego, jakimi w gazach są jony dodatnie, jony ujemne oraz elektrony swobodne. Powstają one w procesie zwanym jonizacją, a zanikają w wyniku procesu przeciwnego, czyli rekombinacji. W 1 cm sześciennym powietrza znajduje się od kilkuset do kilku tysięcy jonów dodatnich i ujemnych. Normalnie mniej więcej na każde 5 jonów dodatnich przypadają 4 jony ujemne (KOŚLA 2003). Zupełny brak jakichkolwiek jonów lub znaczna przewaga jonów dodatnich są szkodliwe, natomiast równowaga między jonami obu znaków lub jeszcze lepiej niewielka przewaga jonów ujemnych wpływają korzystnie (STRABURZYŃSKI i STRABURZYŃSKA-LUPA 1997).

Wyniki badań nad wpływem jonizacji ujemnej na opanowanie testu labiryntu przez myszy dowodzą, że jony ujemne znacznie zwiększają ruchliwość zwierząt, ale łączy się

to z równie znaczącym zwiększeniem pełnianych przez nie błędów (LENKIEWICZ i współaut. 1986). Te same autorki sugerują także, iż obserwowane różnice w ocenach uczenia się psów w zależności od sytuacji pogodowych można tłumaczyć wpływem różnej jonizacji.

Jony ujemne działają na układ nerwowy, hormonalny i szereg narządów wewnętrznych. Wywołują pogłębienie oddechów, zwolnienie oddychania, zwiększenie czynności rzęsek nabłonka migawkowego dróg oddechowych, zmniejszenie zużycia tlenu, zwiększenie jego aktywności biologicznej, obniżenie ciśnienia tętniczego krwi, spadek OB, przyrost hemoglobiny i liczby erytrocytów, zwiększenie ilości globulin, wzmożenie hemopoezy i fagocytozy, zmniejszenie krzepliwości krwi i poziomu serotoniny we krwi. Ponadto, działają przeciwbólowo, zwiększają tolerancję organizmu na zewnętrzne czynniki stresowe, przyspieszają przemianę energetyczną komórek i procesy gojenia się ran, pobudzają wzrost i przyrosty masy ciała, zwiększają wydajność mleczną i nieśną, poprawiają jakość runa owiec, wzmagają aktywność płciową, zwiększają wydzielanie moczu, hamują rozwój bakterii i grzybów, zmniejszają śmiertelność w stadach zwierząt, zwiększają ruchliwość i aktywność, poprawiają czas reakcji i nastrój oraz wpływają pozytywnie na interakcje społeczne. Natomiast jony dodatnie działają odwrotnie, czyli generalnie niekorzystnie, wywołując zaburzenia fizjologii organizmu. We krwi powodują m.in. wzrost zawartości serotoniny (co generuje stany niepokoju), a także glukozy, kwasu mlekowego i wolnych kwasów tłuszczowych. W mózgu zwiększają poziom dopaminy i noradrenaliny, a więc również tą drogą pośrednio modyfikują przebieg funkcji psychicznych. Poza tym, pod ich wpływem pogarsza się poziom wykonania zadań i wzrasta odczucie pesymizmu (FORNOF i GILBERT 1988; GIANNINI i współaut. 1983, 1986a, b; LENKIEWICZ i współaut. 1986; STRABURZYŃSKI i STRABURZYŃSKA-LUPA 1997; KOŚLA 2003; BELL i współaut. 2004).

Między powierzchnią Ziemi a otaczającą ją atmosferą stale utrzymuje się różnica potencjału elektrycznego; stan ten nazywamy polem elektrycznym atmosfery (*Słownik meteorologiczny* 2003). Powierzchnię Ziemi i otaczającą ją atmosferę można uważać za dwie okładki sferycznego kondensatora. Wartość ładunku na powierzchni Ziemi wynosi 0,6 miliona kulombów. Różnica potencjałów

między powierzchnią Ziemi a dolną granicą jonosfery jest rzędu 300–400 kV. Powoduje to w tym „kondensatorze” przepływ prądu o mocy 70.000 kW. Aby nie uległ on rozładowaniu, co nastąpiłoby po około 7 minutach, musi być stale „ładowany”; funkcję tę spełnia działalność burzowa tocząca się bezustannie na całym świecie. Natężenie pola elektrycznego atmosfery może się zmieniać w bardzo szerokich granicach, zarówno co do wartości bezwzględnych samego natężenia, jak i co do jego znaku, a więc zwrotu linii sił tego pola. Zasadniczą przyczyną zmian w natężeniu pola są warunki atmosferyczne panujące na danym obszarze. Przy spełnionych kryteriach tzw. pięknej pogody jego średnia wartość wynosi około 130 V/m, przy czym powierzchnia Ziemi jest wówczas naładowana ujemnie, a dolna granica jonosfery dodatnio. Jednak podczas burzy natężenie pola elektrycznego może osiągać ponad 100.000 V/m, natomiast kierunek przepływu ładunków zmienia się gwałtownie w krótkim czasie – raz płyną one z Ziemi do chmury burzowej, a za chwilę odwrotnie (WARZECHA 1962, IRIBARNE i CHO 1988, KAUNE 1993).

Wpływ pola elektrycznego atmosfery na żywe organizmy jest także, podobnie jak jonizacji, niezwykle istotny. Zdrowy organizm w dużej mierze przystosowuje się do zmieniających się pól elektrycznych, natomiast u osobników osłabionych i chorych obserwuje się zaostrzenie dolegliwości. W przypadku ludzi zarejestrowano wzrost zachorowań na astmę, nasilenie się bólów reumatycznych, spadek wydolności układu krążenia i inne problemy zdrowotne. Stwierdzono też wydłużenie się o 16% czasu reakcji na etapie podejmowania decyzji w teście psychomotorycznym z wyborem. Również inne zwierzęta są wrażliwe na wahania pól elektrycznych, na przykład pszczoły, mrówki, koty i psy przejawiają wówczas niepokój (KIELCZEWSKI i BOGUCKI 1972, TOMCZYK i TARNOWSKI 2010).

Same organizmy żywe wykazują polaryzację elektryczną i to zarówno na poziomie poszczególnych komórek, jak i całych organizmów. U roślin bazalne bieguny komórek są naładowane dodatnio, a bieguny apikalne ujemnie; podobnie całe rośliny mają korzenie naładowane dodatnio w przeciwieństwie do ujemnie naładowanych pędów nadziemnych (KOWALCZYK 1988). U zwierząt występuje nieco bardziej złożony rozkład ładunków: ujemny znak mają dystalne okolice ciała (przedni i tylny kraniec ciała oraz zakończenia kończyn, jeśli zwierzę je posiada),

natomiast nad większymi skupiskami tkanki nerwowej utrzymuje się znak dodatni (BECKER i SELDEN 1994).

Szczególnie dużą rolę elektryczność odgrywa w życiu ryb. Ogólnie znanym faktem jest istnienie wśród nich gatunków posiadających zdolność wytwarzania prądu elektrycznego w celu obrony, ataku lub lokalizowania zdobyczy (tzw. „ryby elektryczne”). Jednak nowsze badania dowodzą, że także ryby nie posiadające specjalnych narządów elektrycznych posługują się wyładowaniami elektrycznymi podczas walki i obrony (WOJTUSIAK i MAJLERT 1988).

Do połowu ryb stosuje się często prąd elektryczny przepuszczany przez środowisko wodne. Stwierdzono, że podczas tej procedury ryby ustawiają się mniej więcej równolegle do kierunku przepływu prądu, a głową zwracają się zawsze w stronę elektrody dodatniej (*Mały słownik zoologiczny. Ryby* 1976). Świadczy to o dużej zdolności ryb do „odczytywania” bodźców elektrycznych płynących z otoczenia. Wiele gatunków ryb posiada umiejscowione w skórze elektrolepty ampulłowate, które są w stanie wykrywać m. in. zmiany pola elektrycznego. Elektrolepty ryb są wręcz zdumiewająco czułe i reagują na gradient napięcia wynoszący zaledwie 1/100.000.000 V/cm (SCHMIDT-NIELSEN 1997). Aby lepiej to sobie uzmysłowić, posłużmy się bardzo plastycznym przykładem przytoczonym przez tego autora: „Wyobraźmy sobie zwykłą 1,5 woltową baterijkę do latarki elektrycznej, której jeden biegun znajduje się w Nowym Jorku, a drugi na Florydzie w odległości 1500 km; w takim obwodzie elektrycznym gradient napięcia wynosiłby 1 V na 1000 km, czyli 1/100.000.000 V na centymetr. Taki właśnie jest rząd wielkości pola elektrycznego odbieranego przez elektrolepty ryb!” (SCHMIDT-NIELSEN 1997).

Oczywiście ryby, żyjąc w środowisku wodnym, reagują na zmiany elektryczności wody, a nie powietrza atmosferycznego, jak ma to miejsce u organizmów lądowych. Jednak wszelkie oddziaływania ze strony fizycznych czynników atmosferycznych mogą bardzo istotnie wpływać na stan elektryczności środowiska wodnego. W przeprowadzonych badaniach wykazano, że takie czynniki, jak ruch wody wywołany wiatrem, obecność światła słonecznego, różnica temperatury między powierzchniami a głębszymi warstwami wody, powodują radykalne zmiany wartości pól elektrycznych istniejących w danej partii wody, ze zmianą znaku, a więc

kierunku przepływu prądu włącznie (KUBICZ i CIESZYŃSKI 1960).

Próbując odpowiedzieć na pytanie o możliwy mechanizm fizjologiczny, kierujący reakcjami organizmów zwierzęcych w odpowiedzi na bodźce ze strony otaczającej elektryczności naturalnej, należy zaznaczyć, że często reakcje te zmieniają się dosłownie w ciągu kilku sekund. Dobrym kandydatem do pełnienia roli tego mechanizmu jest system neuroprzekaźników, ponieważ właśnie one mogą powodować takie bardzo szybkie zmiany funkcjonowania różnych struktur ośrodkowego układu nerwowego, a co za tym idzie zmiany na poziomie całego organizmu.

Jest to tym bardziej prawdopodobne, że wielu autorów, zajmujących się zagadnieniami wpływu elektryczności atmosferycznej na organizm, już od lat uważa, iż zasadniczym elementem w działaniu jonizacji jest jej wpływ na poziom serotoniny (GIANNINI i współaut. 1983, 1986a, b; LENKIEWICZ i współaut. 1986).

Podsumowując należy stwierdzić, że chociaż zagadnienie wpływu naturalnej elektryczności istniejącej w otaczającym środowisku, tak lądowym, jak wodnym, na organizmy żywe jest dalekie jeszcze od ostatecznego wyjaśnienia, to zaprezentowany wycinek tego, co już wiadomo, uprawnia nas do dalszych poszukiwań na tym polu.

O ROLI NATURALNEJ ELEKTRYCZNOŚCI W ŻYCIU ORGANIZMÓW

Streszczenie

Artykuł stanowi próbę zapoznania czytelnika z rzadko poruszonym i dla niektórych badaczy nadal kontrowersyjnym tematem wpływu naturalnej elektryczności, istniejącej w atmosferze i hydrosferze, na funkcje życiowe, stan zdrowia i zachowanie organizmów żywych. Przegląd wybranego piśmiennictwa, związanego z tym tematem, prezentuje wyniki do-

świadczeń i obserwacji potwierdzających istnienie takiego wpływu, zwłaszcza w warunkach zaburzeń elektryczności atmosferycznej. W artykule przedstawiono też koncepcję fizjologicznego mechanizmu, który może być odpowiedzialny za reakcje organizmów zwierzęcych na bodźce elektryczne płynące ze środowiska.

ROLE OF NATURAL ELECTRICITY IN ORGANISMS' LIFE

Summary

This article is an attempt to acquaint the readers with a rarely raised subject, still considered as a controversial issue by some of investigators, that concerns the influence of natural electricity existing in the atmosphere and the hydrosphere on vital functions, state of health and behavior of organisms. Selected literature data connected with these issues is reviewed, providing the results of

experiences and observations that confirm existence of such influence, especially under conditions of atmospheric electricity disturbances. Also the idea of a physiological mechanism that could be the responsible for animal organism's reactions on electric stimuli from the environment is presented.

LITERATURA

- BECKER R. O., SELDEN G., 1994. *Elektropolis. Elektromagnetyzm i podstawy życia*. Instytut Wydawniczy PAX, Warszawa.
- BELL P. A., GREENE T. C., FISHER J. D., BAUM A., 2004. *Psychologia środowiskowa*. Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk.
- FORNOF K. T., GILBERT G. O., 1988. *Stress and physiological, behavioral and performance patterns of children under varied air ion levels*. Int. J. Biometeorol. 32, 260-270.
- GIANNINI A. J., CASTELLANI S., DVOREDSKY A. E., 1983. *Anxiety states: relationship to atmospheric cations and serotonin*. J. Clin. Psychiat. 44, 262-264.
- GIANNINI A. J., MALONE D. A., PIOTROWSKI T. A., 1986a. *The serotonin irritation syndrome – a new clinical entity?* J. Clin. Psychiat. 47, 22-25.
- GIANNINI A. J., JONES B. T., LOISELLE R. H., 1986b. *Reversibility of serotonin irritation syndrome with atmospheric anions*. J. Clin. Psychiat. 47, 141-143.
- IRIBARNE J. V., CHO H. R., 1988. *Fizyka atmosfery*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- JAROSZYK F., 2002. *Biofizyka. Podręcznik dla studentów*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa.
- KAUNE W. T., 1993. *Introduction to power-frequency electric and magnetic fields*. Environ. Health Perspect. 101 (Suppl. 4), 73-81.
- KIEŁCZEWSKI B., BOGUCKI J., 1972. *Zarys biometeorologii sportu*. Sport i Turystyka, Warszawa.
- KOŚLA T., 2003. *Higiena utrzymania zwierząt amatorskich*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- KOWALCZYK W., 1988. *Elektryczny kompas roślin*. Wszechświat 89, 114-115.
- KOZUCHOWSKI K., 1998. *Atmosfera, klimat, ekoklimat*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- KUBICZ J., CIESZYŃSKI T., 1960. *O sile elektromotorycznej powierzchniowo – głębinowej wód*

- rzecznych, morskich i radoczynnych. Aspekty fizjologiczne i lecznicze. Archiwum Immunologii i Terapii Doświadczalnej* 8, 149–159.
- LENKIEWICZ Z., SCHIFFER Z., KRAKOWIAK L., SADOWSKA E., 1986. *Wpływ ujemnej jonizacji powietrza na zachowanie się zwierząt. [W:] Biometeorologia a organizm ludzi i zwierząt.* WOJTUSIAK R. J. (red.). Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, Kraków, 83–96.
- MIKA T., 1996. *Fizykoterapia. Podręcznik dla wydziałów fizjoterapii medycznych studiów zawodowych.* Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa.
- NALIWKIN D. W., 1969. *Uragany, buri i śmierci.* Izdatelstwo „Nauka”, Leningrad.
- PICCOLINO M., 1998. *Animal electricity and the birth of electrophysiology: The legacy of Luigi Galvani.* Brain Res. Bull. 46, 381–407.
- RADOMSKI C., 1987. *Agrometeorologia.* Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- SCHIFFER Z., 1986a. *Próba określenia faz pogody i ich wpływu na nasilanie się schorzeń meteorotropowych. [W:] Biometeorologia a organizm ludzi i zwierząt.* WOJTUSIAK R. J. (red.). Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, Kraków, 21–33.
- SCHIFFER Z., 1986b. *Wiatr halny a samobójstwa i bójki. [W:] Biometeorologia a organizm ludzi i zwierząt.* WOJTUSIAK R. J. (red.). Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, Kraków, 35–43.
- SCHMIDT-NIELSEN K., 1997. *Fizjologia zwierząt. Adaptacja do środowiska.* Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- STRABURZYŃSKI G., STRABURZYŃSKA-LUPA A., 1997. *Medycyna fizykalna.* Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa.
- TOMCZYK D., TARNOWSKI A., 2010. *Relationship between atmospheric electricity and psychomotor performance. [W:] Abstracts. The 2010 International Neuropsychological Society Mid-Year Meeting, June 30–July 3, 2010, Krakow, Poland,* 64–65.
- TYCZKA S., 1968. *Zmienność jonizacji powietrza atmosferycznego.* Przegląd Geofizyczny XIII (XXI), 123–141.
- VOLKOV A. G., 2000. *Green plants: electrochemical interfaces.* J. Electroanal. Chem. 483, 150–156.
- WARZECHA S., 1962. *Wpływ zmian liczby jąder kondensacji na przebieg pola elektrycznego w Świdrze.* Prace Obserwatorium Geofizycznego PAN 23, księga jubileuszowa, 93–101.
- WOJTUSIAK R. J., MAJLERT Z., 1988. *Zachowanie elektryczne ryb.* Wszechświat 89, 1–6.