

# Pojmańska, Teresa

---

## Sprawozdanie z działalności Towarzystwa : Sprawozdanie z Działalności Wydziałów : Wydział IV nauk biologicznych : Streszczenia : Wpływ zanieczyszczeń termicznych na faunę pasożytniczą ryb

---

Rocznik Towarzystwa Naukowego Warszawskiego 54, 161-167

---

1991

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych oraz w kolekcji mazowieckich czasopism regionalnych mazowsze.hist.pl.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

„Mechanizmy funkcjonowania zegarów biologicznych”

dnia 16 kwietnia 1991 r. – prof. dr Piotr Węgleński:

„Inżynieria genetyczna wyższych organizmów” (brak tekstu).

dnia 28 maja 1991 r. – prof. Zdzisław Kajak:

„Kierunek badań limnologicznych”

Z przyczyn niezależnych od Kierownictwa IV Wydziału zostały odłożone odczyty:

– prof. dr Tomasza Majewskiego: „Wkład ks. Stanisława Bonifacego Jun-  
dzilla do rozwoju nauk przyrodniczych”, oraz

– prof. dr Stanisława Rakusa-Suszczewskiego: „Naukowe, polityczne i eko-  
nomiczne aspekty polskiej aktywności w Antarktyce”.

## STRESZCZENIA

Teresa Pojmańska

### WPŁYW ZANIECZYSZCZEŃ TERMICZNYCH NA FAUNĘ PASOŻYTNICZĄ RYB

Problem oddziaływania zanieczyszczeń termicznych w środowisku wodnym pojawił się wraz z włączeniem naturalnych lub sztucznych zbiorników wodnych w system chłodzenia dużych elektrowni i elektrociepłowni. Zrzuty gorącej wody, zmieniające znacznie parametry hydrotermiczne jezior, nie mogły być obojętne dla zasiedlającej je flory i fauny. Badania prowadzone głównie przez hydrobiologów i ichtologów wykazały, że w podgrzewanych zbiornikach następują zmiany w strukturze fauny; giną jedne gatunki, pojawiają się inne, uprzednio nie notowane w danym biotopie, zmienia się struktura dominacji w zespole, ponadto zostają zakłócone procesy rozwoju i rozrodu wielu gatunków. Nieliczne dotąd badania fauny pasożytniczej zwierząt związanych ze zmienionym środowiskiem wodnym pozwoliły stwierdzić występowanie podobnych zjawisk również w odniesieniu do zespołów pasożytniczych.

W Polsce wpływ zanieczyszczeń termicznych badany był głównie w zespole jezior konińskich (Biesiadka i Kasprzak, 1976, Hilbricht-Ilkowska i wsp. 1976, Leszczyński 1976 a, b, c, Berger i Dzieczkowski 1977, Kasprzak 1977 a, b, Wilkońska 1977, Wilkońska i Żuromska 1977 a, b i inni). Tam również przeprowadzane były badania nad fauną pasożytniczą ryb.

Zespół jezior konińskich obejmuje pięć naturalnych zbiorników pochodzenia polodowcowego, połączonych systemem kanałów. Jeziora te były sukcesywnie włączane w system chłodzenia dwóch elektrowni. Kiedy w 1970 r. rozpoczęły się badania parazytologiczne, wszystkie jeziora podlegały zanieczyszczeniu termicznemu, ale w niejednakowym stopniu. Na podstawie średnich rocznych temperatur można było wyróżnić trzy biotypy: najchłodniejsze jeziora

Ślesińskie, Mikorzyńsko-Wąsowskie i Pątnowskie, cieplejsze jezioro Gosławskie i najcieplejsze jezioro Licheńskie. Średnie roczne temperatury tych jezior różniły się o 3°C. Podobna różnica występowała między średnią temperaturą okresu wiosenno-letniego najchłodniejszych jezior a średnią temperaturą tego okresu w jeziorze Gopło. Jezioro to, jakkolwiek połączone kanałem z jeziorami konińskimi, nie podlegało zanieczyszczeniom termicznym i było w badaniach parazytologicznych traktowane jako zbiornik kontrolny. Badaniami objęto ryby użytkowe wielkości handlowej: leszcza, płoć, okonia, szczupaka i sandacza. Tutaj zostaną omówione głównie pasożyty leszcza, gdyż ten gatunek ryby został najlepiej zbadany.

Badania prowadzone w latach 1970-1974 wykazały, że fauna pasożytnicza ryb była tym uboższa, im wyższa była temperatura jeziora. U leszcza z Gopła zanotowano 26 gatunków pasożytów, w jeziorach ciągu Ślesińsko-Pątnowskiego 25, w jeziorze Gosławskim 24, a u leszcza z jeziora Licheńskiego tylko 22 gatunki pasożytów (Pojmańska i wsp. 1980). Ta obserwacja była zgodna z obserwacjami hydrobiologów o ubożeniu fauny bezkręgowców w zanieczyszczonych termicznie zbiornikach wodnych. Zanotowano również różnice w zestawie gatunkowym zespołów pasożytniczych w rybach. U leszcza z Gopła nie było sześciu gatunków, notowanych w jeziorach podgrzewanych, u leszcza z jeziora Gosławskiego nie stwierdzono ośmiu gatunków występujących w Goplu. Różnice były więc znaczne, a kierunek zmian również zgodny z obserwowanym w faunie bezkręgowców zanikaniem jednych gatunków, a pojawianiem się innych, wcześniej nie notowanych w tym rejonie.

Następna różnica dotyczyła występowania gatunków notowanych we wszystkich jeziorach, ale z różną częstotliwością; tak zwanej ekstensywności (procentu zarażonych ryb w próbie) i intensywności (średniej liczby pasożytów w zarażonych rybach) zarażenia. W Goplu leszcze były znacznie częściej i z większą intensywnością zarażone pierwotniakami z grupy Myxosporidia, znacznie częściej znajdowano przywrę *Sphaerostoma bramae*, nieco częściej tasiemca *Caryophyllaeus laticeps*. W jeziorze Gosławskim znacznie częściej występowały przywry monogenetyczne (szczególnie *Dactylogyrus zandti*), metacerkarie przywr digenetycznych *Tylodelphys clavata* i *Bucephalus polymorphus*, a także plerocerkoidy tasiemca *Ligula intestinalis* i towarzyszący im nicień *Philometra ovata*. Te obserwacje były w zasadzie zgodne z obserwacjami poczynionymi w tym samym czasie przez Striżak (1972) w zbiorniku zaporowym na Woldze (ZSRR), podgrzewanym zrzutami wody z elektrowni (z wyjątkiem danych na temat *Sphaerostoma bramae*), co wskazuje na ich związek z warunkami termicznymi w zbiorniku.

Ciekawe wyniki dała również analiza dynamiki sezonowej występowania pasożytów w badanych jeziorach. Trzeba zaznaczyć, że większość pasożytów ryb ma jednoroczny lub krótszy cykl życiowy. Wszystkie pasożyty zewnętrzne mają prosty cykl rozwojowy i wydają w ciągu roku co najmniej dwa pokolenia. Do takich pasożytów należą pierwotniaki, przywry monogenetyczne i skorupiaki pasożytnicze. Rozmnażają się one od wiosny do jesieni i w tym też okresie przedstawiciele nowych pokoleń opanowują ryby. Przywry digenetyczne, ta-

siemce i kolcogłowy są pasożytami wewnętrznymi i mają złożony cykl rozwojowy. Ich ontogeneza obejmuje fazę rozwoju w jednym lub dwóch żywicielach pośrednich i fazę rozwoju i rozrodu płciowego w żywicielu ostatecznym. W klimacie umiarkowanym w większości przypadków pasożyt opanowuje rybę latem jednego roku, zimuje w rybie, na wiosnę następnego roku wchodzi w okres rozrodczy, to znaczy produkuje jaja, a po złożeniu jaj ginie i zostaje wydalony. Rozwój w żywicielu pośrednim jest zwykle dość szybki i z jaj, złożonych wiosną, już latem powstają formy inwazyjne dla ryb. Ten typ dynamiki sezonowej jest charakterystyczny dla przywr, dla których ryba jest żywicielem ostatecznym. Dla niektórych przywr digenetycznych ryba jest drugim żywicielem pośrednim. Formą inwazyjną jest cercaria, która osiada w mięśniach lub innych narządach ryby i przekształca się w metacerkarię. Mało jest danych na temat długości życia metacerkarii w rybie. Wydaje się jednak, że nie przekracza ono kilku miesięcy. Po pewnym czasie metacerkaria „starzeje się”, ulega kalcyfikacji, a następnie prawdopodobnie resorpcji. W warunkach klimatu umiarkowanego również w przypadku tych pasożytów występuje pewna sezonowość zarażania ryb, uwarunkowana aktywnością emisji cercarii z żywiciela pośredniego – ślimaka. Z natury rzeczy musi być ona ograniczona do sezonu wiosenno-letniego.

Ten naturalny w naszym klimacie rytm pojawiania się form inwazyjnych dla ryb i okresu dojrzewania pasożytów w rybach ulega zakłóceniu w jeziorach podgrzewanych. Zarówno okres pojawiania się w rybach form młodocianych jak i osobników produkujących jaja przypadał w jeziorach podgrzewanych wcześniej i był bardziej rozciągnięty w czasie, niż w jeziorze Gopło (Pojmańska 1984 a, b, c, 1985 a, b).

Tak przedstawiały się główne kierunki zmian, zanotowane w latach 1970-1974, które można było wiązać z czynnikiem termicznym nie tylko na podstawie różnic występujących między jeziorami podgrzewanymi a Gopłem, ale również na podstawie badań innych autorów nad fauną bezkręgowców w tych samych jeziorach oraz nad pasożytami ryb w innych podgrzewanych i niepodgrzewanych zbiornikach wodnych.

W latach 1980-1982 podjęto ponownie badania nad pasożytami leszcza z jeziora Gośławskiego, w celu sprawdzenia, jakie zmiany wywołuje długotrwałe oddziaływanie zanieczyszczeń termicznych. Zanotowano następujące zjawiska, zgodne z obserwacjami z lat 70.

– Dalszy spadek zarażenia leszcza pierwotniakami z grupy Myxosporidia; ekstensywność występowania tych pasożytów była dwukrotnie niższa niż w latach 70.

– Dalszy wzrost zarażenia leszcza przywrami monogenetycznymi z rodzaju *Dactylogyrus*. Częstotliwość występowania poszczególnych gatunków wzrosła od dwóch do 10 razy.

– Drastyczny spadek występowania skorupiaka *Ergasilus sieboldi*, który w latach 70. występował w jeziorach podgrzewanych tylko nieco rzadziej niż w Goplu. Jego spotykalność spadła dwudziestokrotnie.



– Zniknięcie przywry *Sphaerostoma bramae*, która uprzednio występowała w jeziorach podgrzewanych bardzo rzadko.

W odniesieniu do kilku innych gatunków obserwacje były inne niż w latach 70. Na przykład spadło zarażenie leszcza metacerkariami *Tylodelphys clavata* i *Bucephalus polymorphus* oraz plerocerkoidem tasiemca *Ligula intestinalis* i niecieniem *Philometra ovata*. Pojawiły się dwa gatunki, które w latach 70 notowane były tylko w Gople: przywra *Sphaerostoma maius* i kolcogłów *Acanthocephalus anguillae* (Pojmańska i Dzika 1987).

Wyniki badań z lat 80. wskazują na utrwalenie się, a nawet pogłębienie procesów przemian w strukturze fauny pasożytniczej ryb przede wszystkim w odniesieniu do pasożytów zewnętrznych, z prostym cyklem rozwojowym. W tym przypadku można mówić o bezpośrednim oddziaływaniu temperatury na pasożyty. Spadek zarażenia ryb pierwotniakami z grupy *Myxosporidia* można w pewnym stopniu wiązać z mniejszą gęstością cieplej wody, a tym samym szybszym opadaniem spor na dno zbiornika, przez co stają się one słabiej dostępne dla ryb, które połykają je wraz z wodą lub pokarmem (Šul'man 1966). Być może, są one również mniej wytrzymałe na wysokie temperatury. Wzrost zarażenia leszcza przywrami monogenetycznymi niewątpliwie wynika z przyspieszenia ich dojrzewania w wyższej temperaturze. Optymalna temperatura dla rozwoju większości badanych gatunków *Dactylogyrus* mieści się w granicach 19-25°C (Dzika 1987), a takie warunki panują w jeziorze Gosławskim przez dużą część roku. Eksperymentalne badania wskazują, że skorupiak *Ergasilus sieboldi* również szybciej rozwija się w wyższych temperaturach (Gnadeberg 1949). Z teoretycznych wyliczeń, opartych na tych doświadczeniach wynika, że w jeziorach podgrzewanych w ciągu wiosny i lata mogłyby się rozwinąć co najmniej trzy pokolenia tego skorupiaka (Pojmańska 1984 a), a jednak jego występowanie już w latach 70 było niższe niż w Gople, a w latach 80 prawie nie spotykano tego pasożyta. Można tylko przypuszczać, że wysoka temperatura wody latem jest zabójcza dla wolno żyjących kopepoditów i powoduje eliminację tego gatunku z jezior podgrzewanych.

W przypadku pasożytów ze złożonym cyklem rozwojowym sprawa jest bardziej skomplikowana, a wyniki uzyskane w dwóch okresach badawczych trudniejsze do interpretacji. Niewątpliwie bezpośrednio oddziaływanie temperatury na te organizmy jest znacznie ograniczone. Pasożyty te spędzają większą część życia w żywicielach, ich stadia wolno żyjące są w zasadzie ograniczone do jaja, składanego do wody i chronionego skorupką. Tylko w przypadku przywr digenetycznych występuje wolno żyjące stadium, cercaria, która jednak ginie po kilkunastu czy kilkudziesięciu godzinach, jeżeli nie osiągnie drugiego żywiciela pośredniego czy żywiciela ostatecznego. Oddziaływanie czynników zewnętrznych ma w tym przypadku głównie charakter pośredni – poprzez organizm żywiciela. Toteż kondycja żywiciela, a przede wszystkim jego liczebność w środowisku, będą miały decydujące znaczenie dla występowania pasożytów. W jeziorach podgrzewanych notowano znaczny spadek liczebności wielu

gatunków mięczaków litoralnych – żywicieli pośrednich przywr digenetycznych, niską liczebność niektórych Copepoda – żywicieli pośrednich tasiemców, oraz brak ośliczek – żywicieli pośrednich kolcogłówów. Spadek liczebności metacerkarii kilku gatunków przywr digenetycznych, czy eliminacja tasiemca *Ligula intestinalis* w jeziorze Gosławskim w latach 80 mogłyby wskazywać na pogłębianie się procesu ubożenia fauny litoralu w tym jeziorze. Ubożenie fauny litoralu mogłoby wynikać jednak nie tylko z powodu ujemnego oddziaływania zanieczyszczeń termicznych, ale także z powodu dewastacji strefy litoralu przez roślinożernego amura, wprowadzonego do tego jeziora przez rybaków. Niemal doszczętne zniszczenie roślinności wynurzonej przez ten gatunek ryby ograniczyło także możliwości gniazdowania ptaków rybożernych – żywicieli ostatecznych tych pasożytów. Interesujące jest pojawienie się kolcogłowa *Acanthocephalus anguillae*. Jego obecność wskazuje na pojawienie się w tym jeziorze również jego żywiciela pośredniego – ośliczki.

Interpretacja zjawisk w odniesieniu do pasożytów ze złożonym cyklem rozwojowym wymaga więc znajomości wielu czynników działających w ekosystemie i nie można wszystkich zmian wiązać wyłącznie z czynnikiem termicznym.

Działanie tego czynnika, bezpośrednie i pośrednie, jest widoczne w procesach populacyjnych, znajdujących swój wyraz w sezonowej dynamice występowania i dojrzewania pasożytów w rybach. Dobrą ilustrację tego zagadnienia stanowi tasiemiec *Garyophyllaeus laticeps*.

W warunkach klimatu umiarkowanego tasiemiec ten żyje w rybie niecały rok. Młodociane formy opanowują ryby od września jednego roku do maja następnego roku, z tym, że zimą ryby prawie nie zarażają się, gdyż zaprzestają żerować. Najwyższy poziom infekcji obserwuje się wczesną wiosną, kiedy ryby zaczynają żerować po przerwie zimowej. Według niektórych badań (Anderson 1974) tasiemce dojrzewają w rybie w ciągu 1-2 miesięcy, ale zimą produkcja jaj jest przyhamowana lub wstrzymana. W próbach z jeziora Gopło w miesiącach zimowych i wczesno wiosennych prawie nie spotykano ciężarnych tasiemców. Największa grupa tasiemców produkowała jaja między majem a wrześniem (prawdopodobnie osobniki reprezentujące dwa pokolenia). W tym też czasie spadało zarażenie leszczy, gdyż tasiemce po złożeniu jaj giną i są usuwane z żywiciela. W jeziorach podgrzewanych ta cykliczność zjawisk ulega zatarciu. Wpływają na to dwa czynniki. Z jednej strony ryby żerują prawie przez cały rok, mogą więc permanentnie zarażać się formami inwazyjnymi, występującymi w skąposzczetach. Z drugiej strony, temperatura sprzyjająca rozwojowi jaj występuje niemal przez cały rok i, w skali populacyjnej, tasiemce wydalają jaja do środowiska zewnętrznego, z mniejszym lub większym nasileniem, przez cały rok. Tak więc zarówno okres opanowywania ryb jak i okres rozrodczy są znacznie rozciągnięte w czasie. Różnice między najwyższą i najniższą ekstensywnością zarażenia leszcza były w jeziorze Gosławskim znacznie mniejsze niż w Goplu. Szczyt zarażenia przypadał już w lutym, a największa produkcja jaj – w marcu. Można stąd wnioskować, że temperatura wody w jeziorze Gosławskim

tylko na krótko hamuje proces produkcji jaj: osobniki, które zimują w rybie, już w lutym wchodzi w okres rozrodczy (dając widoczny w marcu szczyt produkcji jaj), potem w ciągu wiosny, lata i jesieni dojrzewanie i produkcja jaj zachodzą sukcesywnie, zgodnie z procesem opanowywania ryb przez nowe osobniki.

Z dostępnych danych literaturowych wynika, że cykliczność występowania i dojrzewania *Caryophyllaeus laticeps* w warunkach naturalnych jest najwyraźniejsza w krajach o chłodniejszym klimacie: w Norwegii i Szwecji. Im bardziej na południe, tym wcześniej przypada okres letniego opanowywania ryb przez organizmy młodociane lub okres ten jest rozciągnięty na cały rok, podobnie jak produkcja jaj. Roczna dynamika występowania i dojrzewania tego tasiemca w jeziorach podgrzewanych odpowiada charakterowi tych zjawisk w południowych rejonach Europy (Pojmańska 1984 b), co wskazuje wyraźnie na ich powiązanie z czynnikiem termicznym. Zacieranie się cykliczności opanowywania ryb i rozrodu pasożytów wraz ze wzrostem temperatury (naturalnym, wynikającym z warunków klimatycznych, lub spowodowanym zanieczyszczeniami termicznymi) występowało również w odniesieniu do innych gatunków pasożytów ryb i można je uznać za prawidłowość.

#### Bibliografia

- Anderson R. M. 1974. Population dynamics of the cestode *Caryophyllaeus laticeps* (Pallas, 1781) in the bream (*Abramis brama* L.). *J. Anim. Ecol.*, 43, 305-321.
- Berger L., Dzięczkowski A. 1977. VI. Mollusca. In: Bottom fauna of the heated Konin lakes. Ed. A. Wróblewski. *Monografie Fauny Polski*, 7, 151-179.
- Biesiadka E., Kasprzak K. 1976. Wybrane problemy z badań nad biologicznymi skutkami podwyższenia temperatury w jeziorach konińskich. *Kosmos*, Ser. A, 25, 429-435.
- Dzika E. 1987. Annual occurrence dynamics of common monogeneans on the gills of bream from the lake Gosławskie (Poland). *Acta parasit. pol.*, 32, 121-137.
- Gnadeberg W. 1949. Beiträge zur Biologie und Entwicklung des Ergasilus sieboldi V. Nordmann (Copepoda parasitica). *Z. Parasitenkunde*, 14, 103-180.
- Hilbricht-Ilkowska A., Zdanowski B., Ejsmond-Karabinowa J., Karabin A., Węgleńska T. 1976. Produkcja pierwotna i wtórna planktonu jezior podgrzewanych. *Roczn. Nauk Roln.*, Ser. H, 97, 68-88.
- Kasprzak K. 1977 a. IV. Oligochaeta. In: Bottom fauna of the heated Konin lakes. Ed. A. Wróblewski. *Monografie Fauny Polski*, 7, 49-146.
- Kasprzak K. 1977 b. V. Hirudinea. In: Bottom fauna of the heated Konin lakes. Ed. A. Wróblewski. *Monografie Fauny Polski*, 7, 147-150.
- Leszczyński L. 1976 a. Wpływ zrzutu wód podgrzanych na faunę denną jezior okolic Konina. I. Stosunki ilościowe i skład jakościowy fauny dennej jezior konińskich. *Roczn. Nauk Roln.*, Ser. H, 97, 7-21.
- Leszczyński L., 1976 b. Wpływ zrzutu wód podgrzanych na faunę denną jezior okolic Konina. II. Zmienność fauny dennej w czasie. *Roczn. Nauk Roln.*, Ser. H, 97, 29-47.

- Leszczyński L. 1976 c. Wpływ zrzutu wód podgrzanych na faunę denną jezior okolic Konina. III. Próba interpretacji przyczyn i skutków zmian fauny dennej pod wpływem zrzutu wód podgrzanych. Roczn. Nauk Roln., Ser. H, 97, 49-68.
- Pojmańska T. 1984 a. An analysis of seasonality of incidence and maturation of some fish parasites, with regard to thermal factor. I. General methods. *Ergasilus sieboldi* Nordmann, 1832. Acta parasit. pol., 29, 217-228.
- Pojmańska T., 1984 b. An analysis of seasonality of incidence and maturation of some fish parasites, with regard to thermal factor. II. *Caryophyllaeus laticeps* (Pallas, 1781). Acta parasit. pol., 29, 229-239.
- Pojmańska T. 1984 c. An analysis of seasonality of incidence and maturation of some fish parasites, with regard to thermal factor. III. *Bunodera luciopercae* (Mueller, 1776). Acta parasit. pol., 29, 313-321.
- Pojmańska T. 1985 a. An analysis of seasonality of incidence and maturation of some fish parasites, with regard to thermal factor. IV. *Bucephalus polymorphus* Baer, 1827. Acta parasit. pol., 30, 25-34.
- Pojmańska T. 1985 b. An analysis of seasonality of incidence and maturation of some fish parasites, with regard to thermal factor. V. Digeneans of the genus *Sphaerostoma* Rudolphi, 1809. Acta parasit. pol., 30, 35-46.
- Pojmańska T., Dzika E. 1987. Parasites of bream (*Abramis brama* L.) from the lake Gosławskie (Poland) affected by long-term thermal pollution. Acta parasit. pol., 32, 139-161.
- Pojmańska T., Grabda-Kazubska B., Kazubski S. L., Machalska J., Niewiadomska K. 1980. Parasite fauna of five fish species from Konin lakes complex, artificially heated with thermal effluents, and from Gopło lake. Acta parasit. pol., 27, 319-357.
- Striżak O. I. 1972. Vlianie podogretyh vod Kon'akovskoj GRES na parazitov ryb Ivankovskogo vodohranilišča. Rybnohozjajstvennoe izučenie vnutrennyh vodoemov, 8, 42-47.
- Šul'man S. S. 1966. Miksosporeidii fauny SSSR. Izd. Nauka, Moskva-Leningrad, 1-504.
- Wilkońska H. 1977. Wzrost płoci (*Rutilus rutilus* L.) w podgrzewanym jeziorze Licheńskim. Roczn. Nauk Roln., Ser. H, 97, 61-75.
- Wilkońska H., Żuromska H. 1977 a. Obserwacje rozrodu ryb w jeziorach konińskich podgrzewanych zrzutami ciepłych wód z elektrowni. Roczn. Nauk Roln., Ser. H, 97, 77-89.
- Wilkońska H., Żuromska H. 1977 b. Wzrost narybku w podgrzewanych jeziorach konińskich. Roczn. Nauk Roln., Ser. H, 97, 77-89.

Bronisław Cymborowski

## REGULACJA RYTMÓW BIOLOGICZNYCH

Powszechnie znane są dobowe zmiany zachowania się zwierząt i człowieka, związane z fazami aktywności i spoczynku. Ich powiązanie z cyklem dnia i nocy jest tak oczywiste, że aż do naszych czasów umykało wszelkim bada-