

WŁODZIMIERZ JUSZCZYK

Zjawisko rytmu rocznego u płazów

Zagadnienie

Mechanizm cyklicznych zmian zachodzących w organizmie zwierzęcym, zmian będących ogólnobiotycznym zjawiskiem, jest zagadnieniem stosunkowo słabo poznany. Przyczyną tego stanu rzeczy są przede wszystkim trudności natury metodycznej, z których — jeśli chodzi o badania cykliczności u płazów — jako najważniejsze wymienić należy następujące:

1. zebranie odpowiedniego materiału badawczego, reprezentującego właściwie, w sensie wymagań biologicznych i statystycznych, populację danego gatunku zarówno pod względem ilościowym, jak i morfometrycznym u obu płci,

2. przeprowadzenie badań na materiale pochodzącym bezpośrednio z warunków naturalnych, a nie przetrzymywanym w sztucznych warunkach laboratoryjnych,

3. przeprowadzenie badań na takim właśnie materiale w odpowiednich okresach badawczych na przestrzeni całego roku, uwzględniających wszystkie zasadnicze zjawiska życiowe płaza, a więc okres życia aktywnego, w tym budzenie się ze snu zimowego, porę godową i składanie jaj, wędrówki, zapadanie w sen zimowy, wreszcie poszczególne fazy hibernacji,

4. powiązanie wyników badań z czynnikami natury klimatologicznej (temperatura, opady, nasłonecznienie i inne) i ekologicznej, panującymi w tym środowisku, które jest właściwym i naturalnym siedliskiem życia badanego płaza.

Jest rzeczą oczywistą, że ominięcie względnie brak któregokolwiek z tych punktów uniemożliwia uzyskanie pełnego obrazu zmian cyklicznych, utrudnia wyjaśnienie mechanizmu tych zmian oraz międzyinnych ich korelacji, wreszcie nie pozwala na porównanie tych zjawisk u różnych gatunków w świetle zarówno systematyki, jak i ekologii. Szczególne przypadki takich niedociągnięć metodycznych mogą prowadzić do błędnych wyników badań, a co zatem idzie do wyciągania fałszywych wniosków. Stąd też niektóre prace z zakresu cykliczności mają charakter wrywkowy, nie uwzględniają istotnych dla zagadnienia i dla badanego gatunku okresów badawczych lub przeprowadzone są na zbyt małym materiale badawczym, nie reprezentującym właściwie populacji gatunku, a więc nie miarodajnym dla wyników badań. Innym niedociągnięciem metodycznym, wprowadzie nie mającym już istotnego znaczenia, jest podawanie wyników badań jedynie w formie werbalnego opisu, a nie w postaci graficznej (wykresu). Wszystkie tego rodzaju niedociągnięcia poważnie utrudniają uzyskanie syntetycznego obrazu cyklicznych zmian zachodzących w badanym organizmie. Z drugiej zaś strony stwierdzić należy, że rygorystyczna konieczność dotrzymania wymienionych tu warunków metodycznych stawia autora pracy przed dużymi trudnościami technicznymi, co znajduje swój

wyraz w długości trwania badań i ich pracochłonności. Fakty te tłumaczą do pewnego stopnia stosunkowo skromną liczbę prac z zakresu cykliczności u zwierząt w ogóle.

Zjawisko rytmu rocznego jest szczególnie interesujące u płazów, zwłaszcza u gatunków zamieszkujących Palearktykę, a więc strefę klimatu umiarkowanego półkuli północnej. Metabolizm bowiem płaza — zwierzęcia poikiltermicznego — podlega, ogólnie biorąc, fizycznemu prawu van t'Hoffa, względnie prawu RGT. Zasadniczą zaś konsekwencją biologiczną tego związku u płazów strefy klimatu umiarkowanego jest występowanie w zimie ostro rysującego się w fizjologicznym obrazie ustroju specyficznego stanu letargu, zwanego snem zimowym (hibernacją), oraz okresu życia aktywnego, pokrywającego się na ogół z okresem wegetacyjnym w danej szerokości geograficznej. Na tle takiego właśnie cyklu rocznego można prześledzić przebieg zmian, jakie zachodzą w poszczególnych narządach badanego organizmu, następnie ocenić stopień korelacji tych zmian między różnymi narządami, wreszcie wyjaśnić związek ich zarówno z czynnikami biotycznymi, jak i abiotycznymi (temperatura, światło, opady atmosferyczne i z pewnością promieniowanie UV).

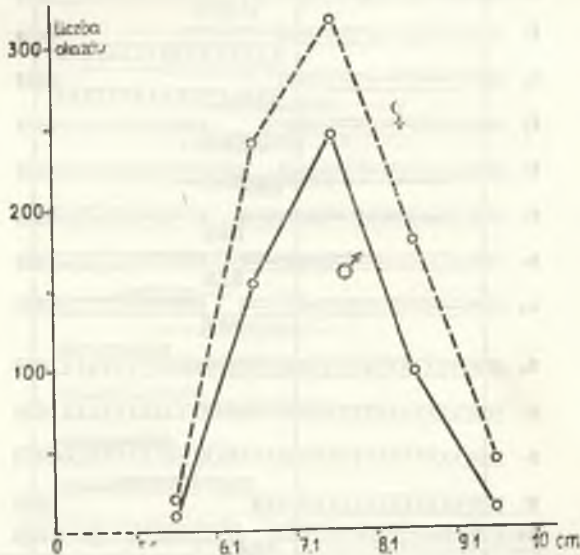
Badania cyklu rocznego mają znaczenie nie tylko dla biologii płazów jako grupy zwierząt szczególnie interesującej zarówno ze stanowiska ewolucyjnego (pierwsze kręgowce lądowe), jak i ekologicznego (zwierzęta ziemnowodne). Mają one również znaczenie ogólnobiologiczne, gdyż rytmowi rocznemu podlegają w mniejszym lub większym stopniu wszystkie rośliny i zwierzęta o wieloletnim okresie życia osobniczego, w tym również organizmy żyjące poza strefą klimatu umiarkowanego. Z ogólnobiologicznego punktu widzenia badania takie mogą wyjaśnić między innymi działanie mechanizmu adaptacyjnego w różnych warunkach środowiska, dalej rozmieszczenie zwierząt w danych obszarach geograficznych, w tym również np. zjawisko dysjunkcji, specjacji gatunkowej itp. Poza tym badania cyklu rocznego mogą mieć również znaczenie praktyczne, dzięki poznaniu fizjologii zjawiska snu zimowego, wpływu niskich temperatur na organizm kręgowców, funkcji układu hormonalnego w różnych porach roku itd.

Charakterystyka płazów występujących w Polsce w świetle badań rytmu rocznego

Klasycznym obiektem badań nad cyklem rocznym u płazów jest żaba trawna (*Rana temporaria* Linneaus 1758). Przyczyną tego jest pospolite występowanie tej żaby na ogromnym areale strefy umiarkowanej, zawartym w Eurazji między 45°N (na Płw. Bałkańskim od 43°30'N) aż do 71°N (Przylądek Północny) a rozciągającym się od Pirenejów aż do Japonii, z przerwą na obszarach między 70° a 80°E. Spośród wszystkich płazów europejskich żaba trawna jest jedynym gatunkiem o tak szerokim rozprzestrzenieniu geograficznym, przy czym występuje szczególnie pospolicie przede wszystkim na nizinach, w górach zaś sięga przeciętnie do 2000 m n.p.m., a spotykano ją nawet na wysokości 3.048 m n.p.m. (Schreiber 1912, Terentiew i Czernow 1949). Fakty te umożliwiają więc stosunkowo łatwe zdobycie odpowiedniego materiału badawczego w ciągu całego roku.

Wśród europejskich płazów bezogonowych żaba trawna należy do form większych i zaledwie tylko trzy gatunki (na ogólną liczbę 24, wg Mertensa i Wermutha 1960), w tym głównie samice, osiągają większe wymiary ciała w porównaniu z żabą trawną. Należą do nich ropucha zwyczajna (*Bufo bufo* L.), żaba wodna (*Rana esculenta* L.) i żaba śmieszka (*Rana ridibunda* Pall.). Zakres długości ciała żab trawnych

dojrzałych płciowo i biorących udział w godkach oraz liczebność samców i samic w poszczególnych klasach długości ciała dla 1214 okazów, reprezentujących populację tego gatunku w okolicach Krakowa, przedstawia ryc. 1. Wśród samców najmniejszy okaz w szacie godowej posiada długość ciała 5,7 cm (ciężar 19,43 g), największy 9,3 cm (ciężar 71,0 g). Największa liczba samców (39,8%) mieści się w klasie długości od 7,1—8,0 cm. Wśród samic najmniejsza dojrzała i godująca samica posiada długość ciała 5,7 cm (ciężar 17,2 g przed złożeniem jaj), największa zaś 10,0 cm (ciężar 129,0 g przed złożeniem jaj). Najwięcej samic (47,1%) mieści się w klasie długości 7,1—8,0 cm. Ogólnie biorąc, dojrzałe samice i samce żaby trawnej wykazują podobną długość ciała.

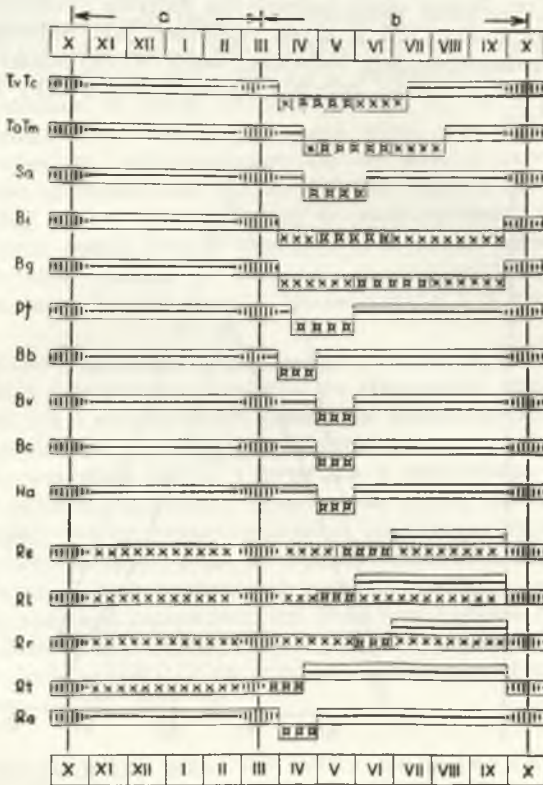


Ryc. 1. Zmienność długości ciała w populacji dorosłych samców i samic żaby trawnej (*Rana temporaria* L.), występującej w okolicach Krakowa

Charakterystyka biologiczna i ekologiczna żaby trawnej przedstawia się następująco: W okresie życia aktywnego — forma lądowa, typowym środowiskiem życia są wilgotne łąki, pola uprawne, zwłaszcza z roślinami okopowymi, sady, ogrody, cieniste lasy o bogatym podszyciu. Owulacja w zimowisku, składanie jaj rozpoczyna się w III dekadzie marca, natychmiast lub wkrótce po opuszczeniu zimowiska (gatunek najwcześniej składający jaja). Liczba składanych jaj waha się od 521 do 3398 sztuk w zależności od wielkości samicy. Współczynnik płodności wynosi 25—58 jaj na 1 g wagi ciała, średnio 45. Pora godowa w zależności od temperatury otoczenia trwa krótko, kilka lub kilkanaście dni. Aktywność dobową — poza porą godową — o zmierzchu i w nocy, w czasie deszczu również za dnia. Dorosłe osobniki żaby trawnej zimują na dnach wód płynących, przeważnie strumieni i małych rzek, które są typowym środowiskiem hibernacji tego gatunku.

Należy zaznaczyć, że między różnymi gatunkami płazów, nawet w obrębie tego samego rodzaju, zachodzą duże, a często zasadnicze różnice biologiczne, będące

cechą gatunkową, genetycznie utrwaloną. Jak dalece zróżnicowane są pod tym względem choćby tylko nasze nieliczne gatunki płazów, występujące przy tym obok siebie na stosunkowo niewielkim obszarze, wskazują ryc. 2 i 3.



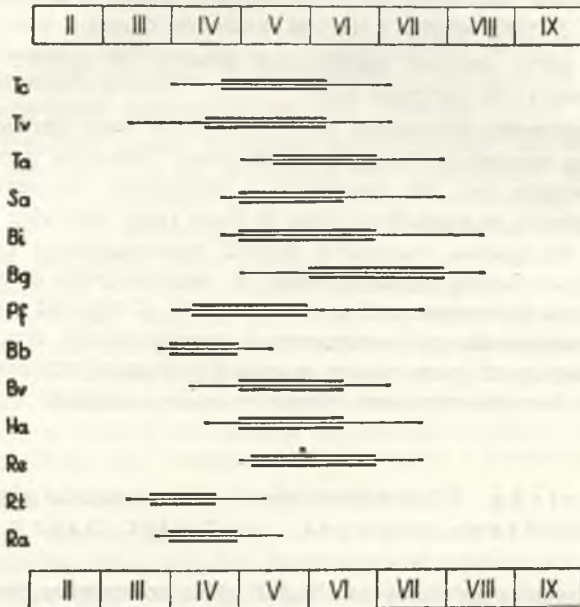
Ryc. 2. Ekogramy polskich gatunków płazów na tle rocznego cyklu ich życia, z uwzględnieniem zasadniczych zjawisk życiowych płaza.

a — okres snu zimowego, b — okres życia aktywnego. Pole z linią ciągłą — pobyt na lądzie, pole ze znakiem x — pobyt w wodzie, pole ze znakami x i kółkami — pora godowa, pole z liniami pionowymi — wędrowki i okres przejściowy między życiem aktywnym a snem zimowym i na odwrót. Tv Tc — *Triturus vulgaris* L., T. cristatus Laur., Ta Tm — *T. alpestris* Laur., T. montandoni Boul., Sa — *Salamandra salamandra* L., Bi — *Bombina bombina* L., Bg — *B. variegata* L. Pf — *Pelobates fuscus* Laur., Bb — *Bufo bufo* L., Bv — *B. viridis* Laur., Bc — *B. calamita* Laur., Ha — *Hyla arborea* L., Re — *Rana esculenta* L., Rl — *R. lessonae* Cam., Rr — *R. ridibunda* Pall., Rt — *R. temporaria* L., Ra — *R. arvalis* Nilss..

Zarówno z tych schematów, jak i na podstawie innych danych, nawet wśród naszych nielicznych gatunków płazów można wydzielić kilka różnych grup biologicznych i ekologicznych w zależności od przyjętego kryterium podziału. Tak np. ze względu na środowisko życia można wśród nich wyróżnić następujące grupy ekologiczne:

1. Formy typowo lądowe, spędzające zarówno aktywny okres życia (z wyjątkiem pory godowej), jak i sen zimowy, na lądzie (*Trituridae*, *Salamandra salamandra* L., *Pelobates fuscus* Laur., *Bufo bufo* L., *B. Hylaviridis* Laur., *B. calamita* Laur., *Hyla arborea* L., *Rana arvalis* Nilss.). Jak widać do grupy tej należy większość naszych płazów.

2. Formy typowo wodne, spędzające aktywny okres życia w bezpośrednim sąsiedztwie wody lub w wodzie, okres zaś hibernacji wyłącznie w wodzie (*Rana esculenta* L., *R. lessonae* Cam., *R. ridibunda* Pall.).



Ryc. 3. Terminy składania jaj oraz maksymalne zakresy pory godowej płazów występujących w okolicach Krakowa (50°04'N, 19°17'E) opracowane na podstawie 25 lat badań.

Linie grube — okresy masowego składania jaj, linie cienkie — maksymalne zakresy pory godowej. Skrótów nazw jak w ryc. 2

3. Formy o zmiennym trybie życia, mianowicie lądowym w okresie życia aktywnego, wodnym w okresie hibernacji (*Rana temporaria* L.) i na odwrót, o ściśle wodnym trybie życia w okresie życia aktywnego, a lądowej hibernacji (*Bombina bombina* L., *B. variegata* L.).

Ze względu na termin składania jaj i czas trwania pory godowej można wyróżnić następujące grupy płazów:

1. Formy wczesnowiosenne, w tym o wybitnie krótkim okresie składania jaj (*B. bufo* L., *Rana temporaria* L., *R. arvalis* Nilss.) oraz o przedłużonym okresie składania jaj (*Triturus vulgaris* L., *T. cristatus* Laur., *Pelobates fuscus* Laur.).

2. Formy późnowiosenne o mniej lub więcej przedłużonym okresie składania jaj (*Bufo viridis* Laur., *B. calamita* Laur., *Hyla arborea* L., *Rana esculenta* L., *R. lessonae* Cam., *R. ridibunda* Pall.)

3. Formy późno-wiosenno-letnie o wybitnie długim okresie składania jaj, rozciągającym się aż na 3 miesiące (*Bombina bombina* L., *B. variegata* L.).*

Ze względu na czynniki wyzwalające i uaktywniające porę godową i składanie jaj można wyróżnić:

1. Formy o porze godowej uzależnionej wyłącznie od temperatury środowiska, mianowicie bezpośrednio wody, a pośrednio powietrza (*Trituridae*, *Bufo bufo* L., *Rana temporaria* L., *R. arvalis* Nilss., inne *Ranidae*).

2. Formy o porze godowej uzależnionej od temperatury środowiska i w dużym stopniu od opadów atmosferycznych w danym czasie (*Pelobates fuscus* Laur., *Hyla arborea* L., *Bufo viridis* Laur., *B. calamita* Laur.).

3. Formy o porze godowej uzależnionej głównie od opadów atmosferycznych (*Bombina bombina* L., *B. variegata* L.).

Zarówno właściwości biologiczne, jak i ekologiczne mają bardzo duży wpływ na całokształt rytmu rocznego u danego gatunku płaza. Zwłaszcza pora godowa, w tym zaś termin składania jaj, ma zasadnicze i decydujące znaczenie dla przebiegu zmian, jakie zachodzą w organizmie płaza w ciągu roku. Jest więc rzeczą oczywistą, że ze względu na różnice biologiczne między poszczególnymi gatunkami płazów (ryc. 2 i ryc. 3) nie można wyników badań w zakresie cyklu rocznego uzyskanych u jednego gatunku płaza przenosić na inne gatunki. Z tego też powodu jest rzeczą interesującą prześledzenie cyklu rocznego u przedstawicieli wymienionych biologicznych i ekologicznych grup płazów w celu porównania przebiegu tego zjawiska, jak i uzyskania jego syntetycznego obrazu w ogóle u płazów.

Charakterystyka klimatyczna i meteorologiczna terenu, z którego pochodzi materiał badawczy

Jednym z zasadniczych elementów badań cyklu rocznego u płazów jest charakterystyka klimatu i warunków meteorologicznych, jakie panują w ciągu roku w tym terenie, z którego pochodzi populacja badanego płaza. Ścisłe rzecz biorąc, zasadniczymi dla tej charakterystyki porami roku są wiosna, lato i jesień (okres życia aktywnego), w zimie natomiast bez względu na środowisko snu zimowego (woda, ląd) płazy zimujące w typowych okolicznościach i warunkach są zupełnie odizolowane od bezpośredniego wpływu czynników atmosferycznych tej pory roku.

Czynniki klimatyczne wywierają decydujący wpływ na życie płaza nie tylko w sensie ogólnym, tzn. wyznaczają podział na życie aktywne i sen zimowy, ale również na wiele procesów i zjawisk życiowych płaza, zwłaszcza zachodzących w okresie jego aktywnego życia. Oczywiście jednym z zasadniczych czynników klimatycznych jest temperatura powietrza. Skrajnym przykładem tej zależności, wynikającej z prawa van t'Hoffa, jest tempo metabolizmu płaza, na ogół wprost proporcjonalne do temperatury otoczenia. Dowodem tego jest właściwość płaza dosto-

* Przyczyną tego zjawiska jest swoisty przebieg owulacji u kumaków, polegający na tym, że z jajnika, dojrzewającego częściowo, uwalniane są co pewien czas małe partie jaj, po kilkadziesiąt sztuk. Zjawisko takiej owulacji występuje również u traszek. Natomiast u pozostałych gatunków płazów przebieg owulacji ma charakter spontaniczny, wszystkie bowiem jaja zostają uwolnione z całego jajnika w krótkim czasie, nawet w ciągu kilku godzin.

sowywania temperatury ciała do temperatury otoczenia z pewnymi odchyleniami (0,5—1°C) in plus w temperaturach niskich, in minus w temperaturach wysokich (Terentiew 1950). Poza tym znany jest fakt, że obniżka temperatury otoczenia poniżej krytycznej granicy (temperatura progowa + 8°C do +10°C) w każdej fazie życia aktywnego powoduje zahamowanie procesów życiowych płaza, a w końcu stan fizjologiczny podobny do letargu zimowego, na odwrót zaś, podwyższenie temperatury otoczenia również powyżej krytycznej temperatury progowej (+ 3°C, Juszczyk 1959), w okresie hibernacji powoduje u płaza przerwanie snu zimowego. Decydujący wpływ na życie płaza mają także wilgotność powietrza i opady atmosferyczne w postaci deszczu, co jest zrozumiałe z uwagi na delikatną i nagą skórę tych zwierząt. Od czynników tych uzależnione są przede wszystkim różnego rodzaju wędrówki płazów (wiosenne — godowe, letnie — kompensacyjne, jesienne — na zimowiska), poza tym u niektórych gatunków również składanie jaj (Juszczyk 1938), wreszcie pośrednio intensywność odżywiania się tych zwierząt.

Z innych czynników należy wymienić nasłonecznienie, od którego uzależniona jest w dużej mierze temperatura powietrza i wody oraz ogólny stan pogody. Wreszcie należy się liczyć z wpływem promieniowania UV*. Niestety zbyt skąpe badania tego zagadnienia nie pozwalają na wysnucie konkretnych wniosków o znaczeniu promieniowania dla życia płaza. Ogólnie biorąc, wymienione czynniki (łącznie z innymi) składają się na klimat obszaru zamieszkiwanego przez płazy, klimat zaś wspólnie z charakterem gleby, jej nawodnieniem, szatą roślinną decyduje o ekologicznym charakterze danego biotopu. Ponieważ klimat obszaru o różnym położeniu geograficznym, wzniesieniu nad poziomem morza, różnej rzeźbie terenu i o różnych stosunkach hydrograficznych, florystycznych itd. jest różny, wobec tego dla każdego obszaru, w którym prowadzone są badania, konieczna jest choćby ogólna analiza panujących na nim czynników klimatycznych i meteorologicznych.

Podstawowymi elementami dla takiej analizy są:

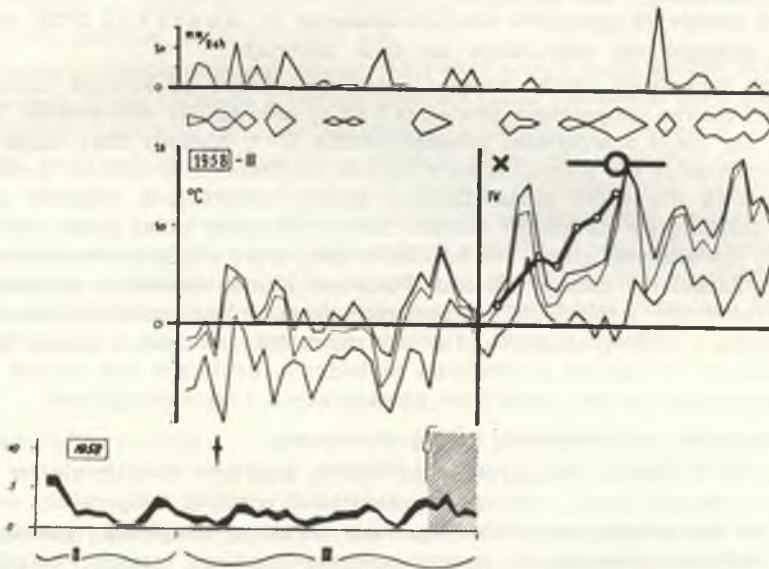
1. rzeczywiste dzienne temperatury powietrza, mierzone co najmniej w dwóch terminach, z których jeden powinien reprezentować przebieg temperatury możliwie zbliżonej do temperatury minimalnej (godziny poranne), drugi zaś, przebieg temperatury możliwie zbliżonej do temperatury maksymalnej (godziny południowe),
2. opady atmosferyczne mierzone w mm/24 h,
3. nasłonecznienie mierzone liczbą godzin ze słońcem w każdym dniu.

W wielu przypadkach interpretacja zjawisk życiowych płaza wymaga jeszcze analizy temperatury wody naturalnego zbiornika, w którym płazy przebywają. Pożądane są wówczas również pomiary minimalnych i maksymalnych dziennych rzeczywistych temperatur wody danego zbiornika, a jeśli takie pomiary są niemożliwe do zrealizowania, to konieczne są co najmniej jednorazowe pomiary temperatury wody, odpowiadające temperaturom maksymalnym i przeprowadzane w niewielkich (np. dwudniowych) odstępach czasu, zawsze w tym samym miejscu zbiornika wodnego i na tej samej głębokości pod powierzchnią wody. Przykładem takiej analizy jest ryc. 4.

Analiza dziennych pomiarów wymienionych parametrów jest rzeczą nieodzowną w interpretacji zjawisk życiowych płaza, przebiegających w ściśle określonych warunkach, w stosunkowo krótkim czasie i w tym samym stanowisku badawczym.

* Prace dotyczące wpływu promieni UV na rozwój i życie płaza są bardzo nieliczne, a w ogóle jest ich nieproporcjonalnie mało w stosunku do tak ważnego zagadnienia.

Ze względu jednak na dużą złożoność czynników zewnętrznych, działających na organizm płaza, szereg zjawisk, między innymi np. takie, jak składanie jaj przez dany gatunek, może odbywać się w tym samym roku w różnych terminach w kilku zbiornikach wodnych położonych nawet na stosunkowo niewielkim obszarze. W tym przypadku różnice te są najczęściej wynikiem rozmaitych warunków termicznych, panujących w wodzie tych zbiorników, co z kolei jest efektem rozmaitego ukształtowania się w poszczególnych zbiornikach takich czynników, jak powierzchnia i głębokość stawu (różna masa wody), stopień zarośnięcia roślinnością (zacienienie), osłona zbiornika przed wiatrem itp. Uogólnianie więc zjawisk będących wynikiem



Ryc. 4. Amplitudy (czarny pas) dziennych maksymalnych i minimalnych temperatur wody strumienia (zimowiska) w miesiącach II i III oraz przebieg dziennych temperatur powietrza z pomiarów o godz. 7, 14, 21 (linie cienkie) i przebieg temperatury wody w stawie (linia gruba) w mies. III i IV. Nad wykresem przedstawione są ilości opadów atmosferycznych w mm/24 h, oraz ilości godzin ze słońcem (nieforemne wieloboki). Krzyżyk oznacza niedojrzałość gonad samic, strzałka skierowana do góry — owulację, x — amplexus żab w stawie, linia gruba z kółkiem — okres godowy i składanie jaj, pole zakreskowane — okres opuszczania zimowiska (strumienia) przez żaby. *Rana temporaria* L., (J u s z c z y k 1959).

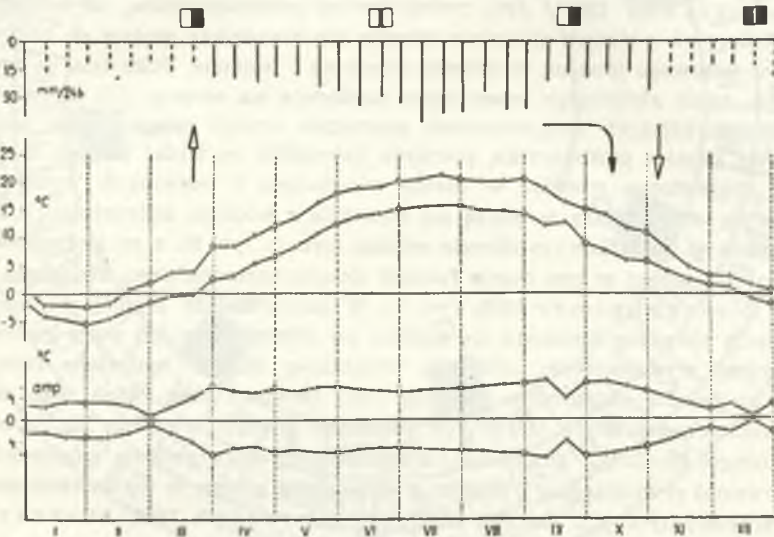
działania szczególnych warunków zewnętrznych w środowisku o swoistych właściwościach może prowadzić do błędnych wniosków. Powstaje więc konieczność przeprowadzenia wszystkich rozważanych parametrów meteorologicznych do wartości przeciętnych dla danego obszaru. Najbardziej miarodajnym obrazem tych zależności jest przedstawienie wyników obserwacji zjawisk życiowych płaza na tle przebiegu średnich dekadowych maksymalnych i minimalnych temperatur powietrza oraz opadów atmosferycznych w okresie co najmniej kilku lat.

Przebieg średnich dekadowych wymienionych parametrów dla Krakowa ($50^{\circ}04'N$, $19^{\circ}17'E$) przedstawia ryc. 5*.

W świetle biologii naszych płazów najbardziej istotnymi zjawiskami meteorologicznymi, widocznymi na tym wykresie, są następujące.

1. Miesiącami przelomowymi, w których następuje radykalna zmiana temperatury powietrza są marzec i listopad. W III dek. marca średnia dekadowa minimalnych (7h) temperatur powietrza, po raz pierwszy w roku osiąga poziom powyżej $0^{\circ}C$, średnia dekadowa maksymalnych (14h) temperatur powietrza wykazuje wybitny wzrost, między średnią dekadową minimalnych i maksymalnych temperatur powietrza występuje największa amplituda z całego czasokresu lutego, marca i kwietnia.

W listopadzie przebieg wszystkich tych zjawisk jest biegunowo odwrotny.



Ryc. 5. Przebieg średnich dekadowych, maksymalnych i minimalnych temperatur powietrza, amplitudy między nimi oraz śr. dek. opady atmosferyczne w Krakowie ($50^{\circ} 04'N$, $19^{\circ} 17'E$), w okresie 25 lat badań. Nad wykresem podana jest długość dnia i nocy w cyklu rocznym. Pionowe kreski przerywane — opad atmosferyczny w postaci śniegu lub śniegu z deszczem. Strzałka skierowana w górę — budzenie się płazów na wiosnę, łuk zakończony strzałką — okres wędrówek jesiennych, strzałka skierowana w dół — zapadanie płazów w sen zimowy

Ogólnie biorąc, przebieg średnich dekadowych temperatur powietrza na przestrzeni roku jest mniej więcej równoległy i przedstawia się w postaci sinusoidy, która w temperaturach dodatnich osiąga maksimum w lipcu (miesiąc najcieplejszy), zaś w temperaturach ujemnych osiąga minimum w styczniu (miesiąc najzimniejszy).

2. Miesiącami o najobfitszych opadach atmosferycznych są czerwiec, lipiec i sierpień.

Między opisanym przebiegiem warunków meteorologicznych a życiem płazów

* Do obliczania parametrów przedstawionych na ryc. 5 posłużono się danymi uzyskanymi z Obserwatorium Astronomicznego UJ w Krakowie.

(występujących w okolicach Krakowa) panuje logiczna zgodność i ścisła współzależność, gdyż:

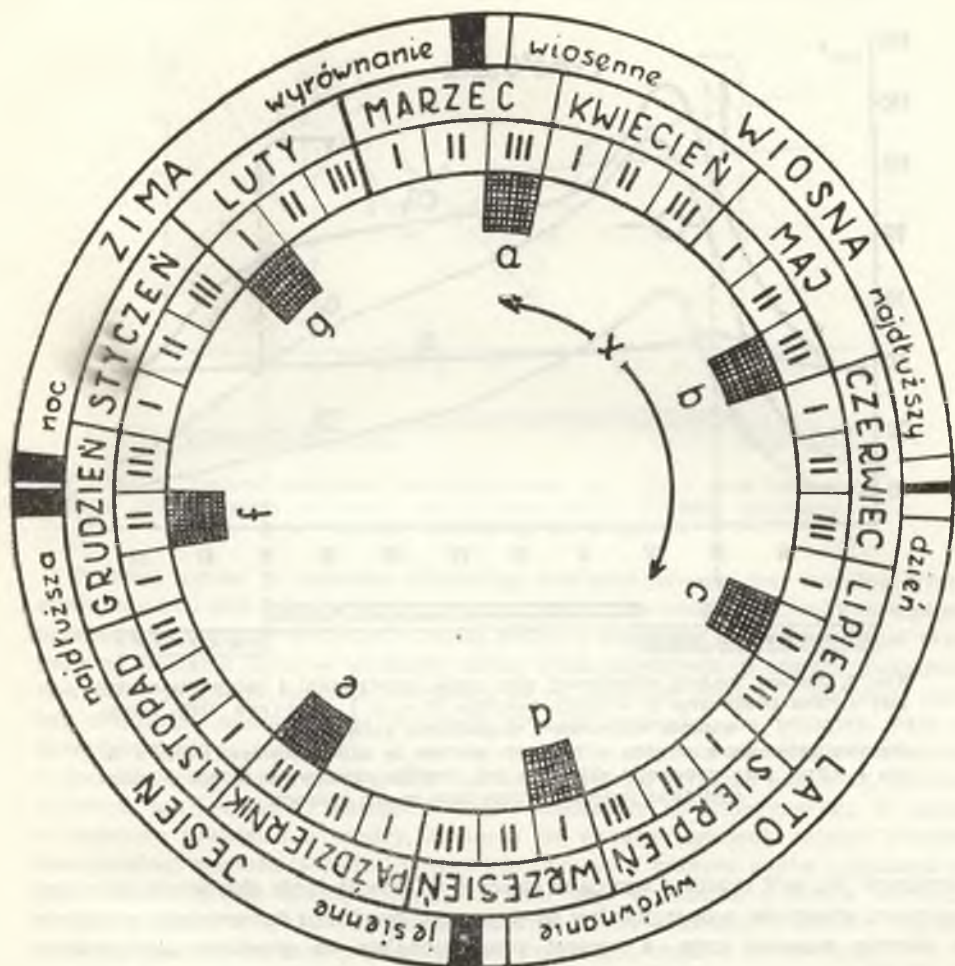
1. budzenie się większości płazów ze snu zimowego następuje w III dek. marca,
2. okres snu zimowego rozpoczyna się z początkiem listopada,
3. rozwój larwalny większości gatunków naszych płazów przypada na miesiące o najobfitszych deszczach VI, VII, VIII).

Należy zaznaczyć, że wśród opisanych czynników meteorologicznych również szczególnie wpływ na przebieg niektórych zjawisk życiowych płaza wydaje się wywierać wielkość amplitudy między maksymalnymi i minimalnymi temperaturami powietrza (ryc. 5). Jak bowiem wykazały badania przeprowadzone na żabie trawnej, takie zjawiska jak pojawianie się na wiosnę po śnie zimowym, składanie jaj, wędrówki wiosenne i jesienne wyraźnie wiążą się również z wymienionymi amplitudami (J u s z c z y k 1959). Jest rzeczą bardzo prawdopodobną, że wielkość tych amplitud również u innych gatunków płazów ma zasadniczy wpływ na budzenie się ich ze snu zimowego oraz na wędrówki wiosenne i jesienne. Poza tym w ogóle rozpoczęcie życia aktywnego przez płazy następuje na wiosnę (III dekada marca) przy znacznie niższych temperaturach powietrza aniżeli zapadanie w jesieni na sen zimowy (koniec października, początek listopada), co widać na ryc. 5. Podobne zjawisko stwierdzono również w czasie wiosennych i jesiennych wędrówek ryb (J u s z c z y k 1950). Fakty te wiążą się wyraźnie z większą aktywnością i metabolizmem płaza w początkowym okresie wiosny (ryc. 7, ryc. 9), a co jest niewątpliwie wynikiem wzmożonej w tym czasie funkcji układu hormonalnego, zwłaszcza funkcji tarczycy (M e i s e n h e i m e r 1939, ryc. 9). W końcu należy jeszcze wspomnieć, że interpretacja zjawiska budzenia się płazów na wiosnę oraz ich pory godowej jest zagadnieniem wymagającym zebrania wyjątkowo dużego materiału faktycznego z uwagi na bardzo różnorodny przebieg tego zjawiska oraz różną jego zależność od czynników zewnętrznych u różnych gatunków płazów. Tak np. budzenie się ze snu zimowego, owulacja, amplexus, a tym samym pora godowa rozpoczynają się u żaby trawnej równocześnie i jeszcze w zimowisku, zatem w warunkach zewnętrznych charakterystycznych dla snu zimowego (J u s z c z y k 1959, J u s z c z y k, Z a m a c h o w s k i 1966). Jednak pod tym względem żaba trawna jest płazem wyjątkowym. U pozostałych bowiem naszych płazów bezogonowych budzenie się ze snu zimowego, wędrówki wiosenne, owulacja i amplexus są zjawiskami wyraźnie od siebie odgraniczonymi, występującymi po sobie kolejno, a więc w odmiennych terminach oraz zależnymi od różnych czynników zewnętrznych (temperatura, nasłonecznienie, opady).

Analiza rytmu rocznego u płaza

W celu przedstawienia możliwie pełnego obrazu zmian cyklicznych, jakie zachodzą w poszczególnych narządach płaza, uwzględniono przede wszystkim wyniki badań, które przeprowadzono w ciągu całego roku, we właściwych dla tego zagadnienia okresach badawczych (ryc. 6), a które przedstawione zostały przez autorów również w formie graficznej lub w formie umożliwiającej skonstruowanie odpowiedniego wykresu.

W kolejności chronologicznej przeprowadzonych badań analiza rytmu rocznego, głównie u żaby trawnej, przedstawia się następująco:



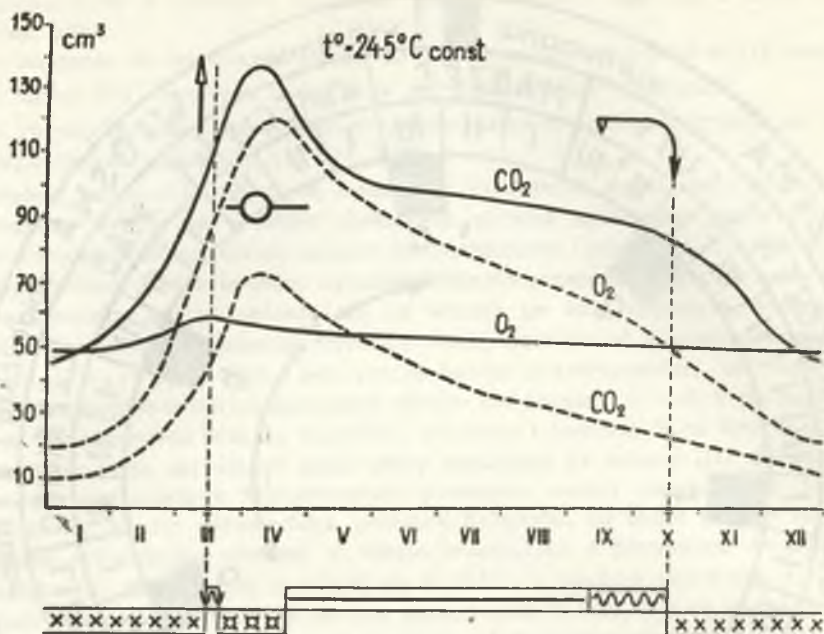
Ryc. 6. Harmonogram okresów badawczych (pola zakreskowane) w badaniach rytmu rocznego płazów *

a — okres budzenia się płazów ze snu zimowego, b — początkowy okres życia aktywnego, c — środkowy okres życia aktywnego, d — wędrówki jesienne na zimowiska i końcowy okres życia aktywnego, e — zapadanie w sen zimowy, f — początkowy okres snu zimowego, g — środkowy okres snu zimowego, X — okres pory godowej i składania jaj, różny dla różnych gatunków płazów.

Czynności oddechowe płuc i skóry — Dolk i Postma 1927

Przebieg wymiany gazowej jest wybitnie różny w cyklu rocznym, nawet mimo stałej temperatury otoczenia ($+24,5^{\circ}\text{C}$). Maksimum wymiany gazowej przypada na początek kwietnia — okres godów i składania jaj. Minimum wymiany gazowej przypada na koniec grudnia i styczeń — środkowy okres snu zimowego. Wybitny wzrost funkcji oddechowej płuc przypada na marzec — okres budzenia się ze snu zimowego

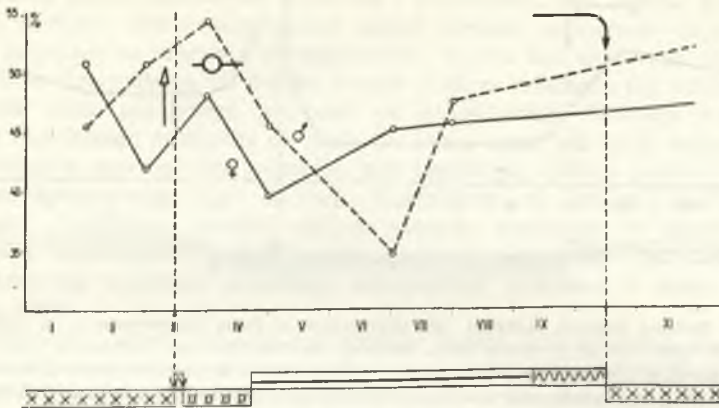
* Według tego harmonogramu przeprowadza autor badania rytmu rocznego u żaby trawnej od roku 1938, od roku 1960 zaś w Katedrze Zoologii WSP przeprowadzane są systematyczne badania cyklu rocznego u innych gatunków płazów.



Ryc. 7. Zmiany funkcji oddechowej płuc (linia przerywana) i skóry (linia ciągła) u *Rana temporaria* L. w cyklu rocznym (Dolík i Postma 1927). Odpowiednio zmienione i uzupełnione ekogramem. Strzałka skierowana w górę — budzenie się żaby ze snu zimowego, kółko z linią — okres pory godowej i składania jaj, strzałka skierowana w dół — okres wędrówki jesiennej i zapadanie w sen zimowy.

i owulacji. Na ogół przebieg wymiany gazowej w okresie życia aktywnego żaby jest częściowo odwrotnie proporcjonalny do typowego przebiegu temperatury powietrza w okresie wegetacyjnym, a wprost proporcjonalny do przebiegu temperatury w okresie zimy (rys. 5). Zaznacza się wyraźna zgodność okresu maksymalnej wymiany gazowej płuc z okresem składania jaj.

Oddychanie płucne nie jest jedyną formą wymiany gazowej u płaza. Jak wiadomo, drugim narządem, który spełnia również zasadniczą funkcję oddechową, jest skóra, z tym jednak, że oddychanie skórne wykazuje znaczne różnice w porównaniu z oddychaniem płucnym, zarówno w stopniu nasilenia, jak i jakości tych procesów. Mianowicie funkcja oddechowa skóry polega głównie na wydaleniu dwutlenku węgla, przy czym ilość tego gazu wydalanego przez skórę w każdym okresie roku jest przeszło dwukrotnie większa od ilości CO_2 usuwanego z organizmu przez płuca. Z punktu widzenia rytmu rocznego jest rzeczą bardzo istotną, że maksymalne nasilenie wydalenia CO_2 przez skórę przypada na okres godowy żaby. Natomiast pochłanianie tlenu przez skórę w porównaniu z pobieraniem tlenu przez płuca jest na ogół bardzo ograniczone, a co najważniejsze, utrzymuje się na tym samym poziomie w ciągu całego roku. Pobieranie więc tlenu przez skórę jest jedynym zjawiskiem w procesie oddychania u płaza, które nie podlega rytmowi rocznemu.



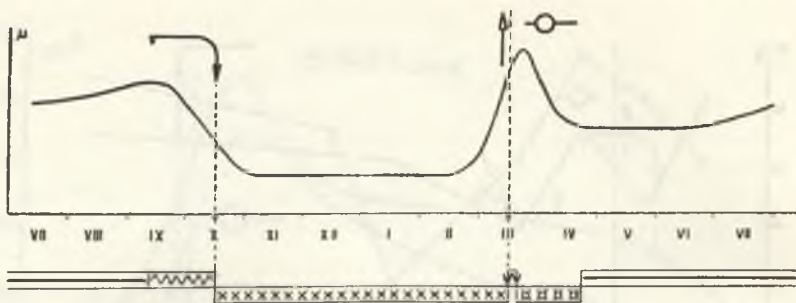
Ryc. 8. Zmiany wskaźnika hematokrytowego (♂ i ♀) u *Rana temporaria* L. w cyklu rocznym (Wismer 1934, z Ławkowicza 1962). Uzupełnione eko-gramem. Oznaczenia jak w ryc. 7.

Przebieg zmian w zakresie wskaźnika hematokrytowego jest wybitnie różny zarówno u obu płci, jak i w cyklu rocznym. Maksimum wartości wskaźnika u samca przypada na początek kwietnia — okres godów i składania jaj, minimum zaś przypada na początek lipca — środkowy okres życia aktywnego. U samicy maksimum wskaźnika przypada znacznie wcześniej, bo na początek lutego — końcowy okres snu zimowego, minimum zaś przypada również wcześniej, na początek maja — początkowy okres żerowania. U samicy wyraźnie zaznacza się drugie maksimum w początku kwietnia — okres godów i składania jaj. Po okresach minimum, zarówno u samca, jak i u samicy następuje wzrost wskaźnika hematokrytowego. U samca, a częściowo również i u samicy, zaznacza się wyraźna zgodność między okresem maksymalnej wartości wskaźnika hematokrytowego a okresem godów i składania jaj przez żaby. Ogólnie biorąc, średnie wartości tego wskaźnika u samca wykazują skrajne wahania w cyklu rocznym (gwałtowny wzrost w kwietniu, głęboka depresja w lipcu), natomiast u samicy przebieg tych zmian jest bardziej wyrównany.

Poza tym stwierdzono, że zarówno na objętość krwi, jak i ilość erytrocytów w cyklu rocznym decydujący wpływ wywiera pora godowa żab (Wismer 1934). Niemniej jednak przebieg zmian wskaźnika hematokrytowego jest trudny do interpretacji w świetle zjawiska rytmu rocznego i być może grają tu jeszcze rolę inne czynniki, w tym nawet takie, jak osobnicze właściwości badanego organizmu, różnice rasowe itp.

Tarczycyca — Meisenheimer 1936

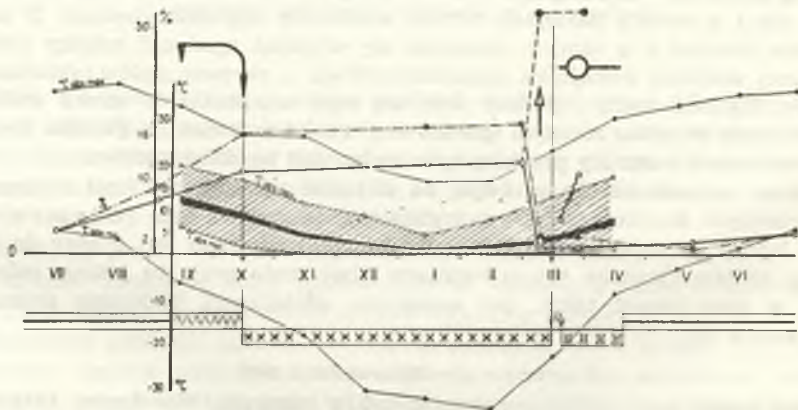
Przebieg zmian jest wybitnie różny w cyklu rocznym. Maksimum aktywności tarczycy przypada na koniec marca — okres godów i składania jaj. Minimum aktywności (stan spoczynku) trwa od listopada do końca lutego — okres snu zimowego. Średni stopień aktywności — od końca kwietnia do połowy czerwca. Powtórny nieznaczny wzrost aktywności obserwuje się w połowie września — na początku jesiennych wędrówek żab. Spadek aktywności tarczycy do stanu spoczynkowego następuje w końcu października (początek snu zimowego). Widoczna jest wyraźna zgodność okresu maksymalnej funkcji tarczycy z okresem godów i składania jaj



Ryc. 9. Zmiany funkcji tarczycy (gl. thyroidea) u *Rana temporaria* L. w cyklu rocznym (Meisenheimer 1936). Wykres sporządzono na podstawie danych dotyczących grubości warstwy komórek epitelialnych w pęcherzykach gruczołu, podanej w μ (wskaźnik aktywności tarczycy). Uzupełnione ekogramem. Oznaczenia jak w ryc. 7.

Podobne zmiany w cyklu rocznym wykazuje funkcja tarczycy u płazów ogoniasłych, mianowicie u traszki zwyczajnej (*Triturus vulgaris* L.). Również u tego płaza aktywność tarczycy wybitnie wzrasta w okresie godowym, przy czym maksimum aktywności tego gruczołu przypada na krótko po złożeniu jaj. W tym czasie grubość warstwy komórek epitelialnych, wynosząca 30μ , wzrasta parwie 4-krotnie w porównaniu z grubością tej warstwy w okresie snu zimowego, a wynoszącą wówczas 8μ (Eggert 1938).

Jajniki i jajowody — Juszczyk 1959



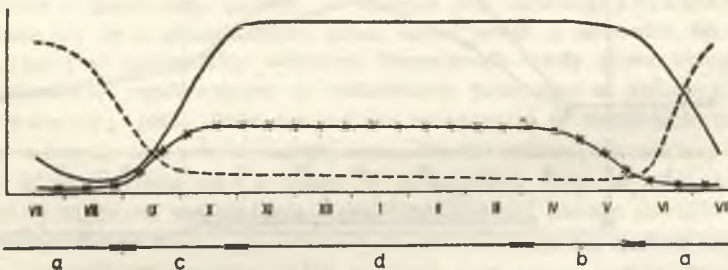
Ryc. 10. Zmiany procentowego ciężaru jajników (gruba linia ciągła) i jajowodów (gruba linia z kropkami) u *Rana temporaria* L. w cyklu rocznym (Juszczyk 1959). Czarny pas — amplituda między śr. mies. maksymalnymi i minimalnymi temperaturami wody strumienia (zimowiska), pole zakreskowane — amplituda między absolutnymi, maksymalnymi i minimalnymi temperaturami wody strumienia, cienkie linie ciągłe — amplituda między maksymalnymi i minimalnymi temperaturami powietrza z wielolecia, linia falista — zakres temperatury wody w stawie, w okresie składania jaj. Dalsze oznaczenia jak w ryc. 7.

Przebieg zmian podobny w jajnikach i jajowodach, jest jednak wybitnie różny w cyklu rocznym. Maksymalny ciężar całego narządu rozrodczego (jajników i jajowodów) przypada na pierwszą dekadę marca — koniec snu zimowego. Minimalny ciężar jajników przypada na III dekadę marca — okres składania jaj. Minimalny ciężar jajowodów (stan spoczynku) przypada na koniec maja. Powolny wzrost ciężaru narządu rozrodczego następuje od maja do końca lipca, zaś silny wzrost ciężaru od lipca do końca października (początek snu zimowego). Dalszy powolny wzrost ciężaru rozrodczego zaznacza się od końca października do początku marca (okres snu zimowego). Gwałtowny spadek ciężaru narządu występuje w marcu (owulacja, koniec snu zimowego). Przebieg zmian narządu rozrodczego jest odwrotnie proporcjonalny do typowego przebiegu temperatury powietrza i wody (zimowisko) w ciągu roku.

Morfologiczny obraz narządu rozrodczego samicy oraz przebieg jego zmian jest charakterystyczną cechą gatunkową. Świadczą o tym również badania przeprowadzone na żabie śmieszce (*Rana ridibunda* Pall.), a zwłaszcza na żabie moczarowej (*Rana arvalis* Nilss.). Otóż u żaby moczarowej, najbliższego krewniaka żaby trawnej, w odróżnieniu jednak od tej ostatniej, formy typowo lądowej (ryc. 2), ciężar jajowodów (%) jest zawsze mniejszy od ciężaru jajników, owulacja zaś następuje później (I dekada kwietnia), po zakończeniu wędrówki godowej i po osiągnięciu miejsca godów (Jastrzębski)*. U żaby śmieszki, formy typowo wodnej (ryc. 2), ciężar jajowodów jest również mniejszy od ciężaru jajników, owulacja zaś przypada bardzo późno, bo w II dekadzie maja (Skrzypiec 1964)**.

Należy zaznaczyć, że cykliczne zmiany zarówno jajników, jak i jajowodów są zupełnie od siebie niezależne, czyli że narządy te są wyraźnie autonomiczne. Tak np. po wykastrowaniu samicy żaby trawnej jajowody rozwijają się zupełnie normalnie i zachowują swoją funkcję (Bogucki 1919), na odwrót zaś, operacyjne usunięcie jajowodów u dorosłej samicy nie wstrzymuje rozwoju jajników, które owulują w normalnym terminie.

Czynności męskich gruczołów rozrodczych u *Rana pipiens**** — Rugh 1962



Ryc. 11. Zmiany ilości dojrzałych plemników (linia ciągła) i spermatocytów I i II rzędu (linia przerywana) oraz zmiany w wysokości nabłonka brodawek modzela godowego (linia z krzyżkami) u *Rana pipiens* w cyklu rocznym (Rugh 1962). Wykres przedstawia względne ilości komórek poszczególnych elementów.

a — okres życia aktywnego, b — okres pory godowej, c — okres przygotowawczy do snu zimowego, d — okres snu zimowego.

* Praca drukowana w niniejszym roczniku.

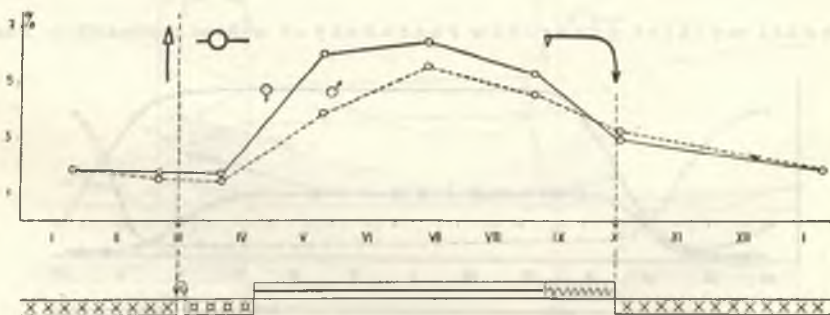
** Badania przeprowadzono w mies. IV, V, VI, VII, a więc okresie przed, podczas i po okresie godowym żaby śmieszki.

*** Gatunek północnoamerykański.

Czynność gonad męskich (jąder) w zakresie produkcji dojrzałych plemników jest wybitnie zmienna w cyklu rocznym. Maksimum produkcji przypada na okres od listopada do marca włącznie (cały okres snu zimowego) oraz na kwiecień i maj (okres godów i składania jaj) — łącznie 7 miesięcy. Minimum produkcji plemników przypada na sierpień (aktywny okres życia). Istotny wzrost ilości dojrzałych plemników pojawia się we wrześniu i październiku (okres przygotowawczy organizmu do snu zimowego), wyraźny zaś zanik dojrzałych plemników następuje w czerwcu, a zwłaszcza w lipcu — po okresie godów.

Oczywiście przebieg początkowych stadiów spermatogenezy (produkcja spermatocytów I i II rzędu oraz spermatydów) jest biegunowo różny w porównaniu z produkcją dojrzałych plemników i graficznie przedstawia się w postaci lustrzanego odbicia. Tak więc maksimum produkcji spermatocytów przypada na lipiec, spermatydów na koniec sierpnia i początek września, minimalne zaś ilości jednych i drugich komórek płciowych przypadają na pozostałe miesiące roku. Ogólnie zatem biorąc, przebieg zmian w czynności męskich gruczołów rozrodczych w cyklu rocznym kształtuje się rozmaicie w zależności od stadium spermatogenezy. Zmiany w produkcji dojrzałych plemników, a więc ostatecznie rozwiniętych komórek płciowych, przedstawiają się w stosunku odwrotnie proporcjonalnym do typowego przebiegu czynników klimatycznych właściwych dla okresu wegetacyjnego, natomiast produkcja spermatocytów i spermatyd kształtuje się w stosunku wprostproporcjonalnym. Należy jeszcze nadmienić, że w drugorzędnych cechach płciowych samca występują również charakterystyczne zmiany w cyklu rocznym. Tak np. wyraźnym zmianom cyklicznym podlega między innymi grubość nabłonka w brodawkach skórnych modzeli godowych, przy czym przebieg tych zmian jest analityczny i równoległy do przebiegu zmian w produkcji dojrzałych plemników przez gonady samca.

Przewód pokarmowy — Juszczyk, Obrzut, Zamachowski 1966



Ryc. 12. Zmiany procentowego ciężaru przewodu pokarmowego (♂ i ♀) u *Rana temporaria* L. w cyklu rocznym (Juszczyk W., Obrzut K. Zamachowski W. 1966). Uzupełnienie ekogramem. Oznaczenia jak w ryc. 7.

Przebieg zmian jest podobny u obu płci, jednak wybitnie różny w cyklu rocznym. Maksymalny ciężar (%) przewodu pokarmowego oraz maksymalna grubość fałdów błony śluzowej żołądka i jelita przypada na lipiec — środkowy okres życia aktywnego. Minimalny ciężar i najmniejsza grubość błony śluzowej (stan spoczynku) przewodu pokarmowego przypada na początek kwietnia — okres godów

i składania jaj*. Szybki wzrost ciężaru przewodu pokarmowego oraz wyraźne zwiększenie się grubości jego błony śluzowej następuje od I dekady kwietnia (po złożeniu jaj) do końca maja (początek żerowania). Wyraźny spadek ciężaru przewodu pokarmowego i wyraźna inwolucja jego błony śluzowej następuje od lipca do końca października (początek snu zimowego). Powolny spadek ciężaru i dalsze stopniowe zmniejszanie się grubości błony śluzowej aż do stanu zupełnego spoczynku — od końca października do początku kwietnia (okres snu zimowego, a następnie pory godowej).

Również w nabłonku jelitowym występują charakterystyczne zmiany cykliczne. Mianowicie w marcu (a więc wcześniej niż wzrost ciężaru przewodu pokarmowego ze stanu spoczynkowego) nabłonek jelitowy wznawia swoją czynność, w lipcu przybiera postać typową dla narządu w pełni funkcjonującego, w okresie zaś snu zimowego żaby występują w nabłonku wyraźne procesy degeneracyjne (Wasiłiewa 1963).

Przebieg zmian przewodu pokarmowego jest wprost proporcjonalny do typowego przebiegu temperatury powietrza w ciągu roku. W okresie godów i składania jaj, a więc w okresie maksymalnej aktywności żab, przewód pokarmowy osiąga stan zupełnego spoczynku.

Śród innych badań przeprowadzonych nad zagadnieniem rytmu rocznego u płazów należy wymienić mikrochemiczne badania tłuszczu w wątrobie u żaby wodnej (*Rana esculenta* L.). Stwierdzono, że u samicy tego gatunku zawartość tłuszczu w wątrobie podlega cyklicznym wahaniom, gdyż maksymalna zawartość tłuszczu występuje w okresie poprzedzającym rozwój jajników, podczas amplexus zaś zupełnie brak tłuszczu w wątrobie (Ackermann 1949). Ostatnio przebadano również zmiany zawartości wody w organizmie żaby trawnej (*Rana temporaria* L.) w cyklu rocznym. Wyniki tych badań wskazują na bardzo charakterystyczny ich przebieg, uzależniony zarówno od płci i stanu fizjologicznego żaby, jak i od pory roku (Zamachowski**).

Na marginesie badań rytmu rocznego u żaby trawnej wypada jeszcze wspomnieć o stwierdzeniu niezwyklego zjawiska, mianowicie zwiększania się ciężaru ciała samców i samic tego gatunku w okresie snu zimowego (Zamachowski 1966). Wiąże się to z przenikaniem przez skórę wody z zewnątrz do organizmu żaby zimującej w środowisku wodnym. Przenikanie wody przez skórę jest zjawiskiem wyraźnie regulowanym, o odmiennym przebiegu u samca i u samicy (Zamachowski 1966). Fakt ten należy uwzględnić w badaniach tych narządów żaby trawnej, których wyrazem czynności są zmiany ich ciężaru (procentowego lub w przeliczeniu na 1 g ciała). W przeciwnym bowiem razie może to doprowadzić do błędnych wniosków o stopniu aktywności danego narządu w okresie snu zimowego. Łatwo można przewidzieć, że zmniejszanie się ciężaru tego narządu może być zjawiskiem pozornym, gdyż wielkość tych zmian będzie tylko „lustrzanym” odbiciem wywołanym odpowiednim zwiększaniem ciężaru ciała żaby wskutek przenikania do niego wody. Taki zaś przebieg zmian ciężaru narządu będzie oczywiście świadczył o jego zupełnej stabilizacji w okresie snu zimowego.

* W okresie godów i składania jaj zarówno samce, jak i samice żaby trawnej zupełnie pokarmu nie pobierają.

** Praca w przygotowaniu do druku.

Wnioski

W organizmie dorosłego płaza występują charakterystyczne morfologiczne i fizjologiczne zmiany różnych jego narządów, w swoistym jednak przebiegu dla każdego z nich. Zasadniczym wyrazem tych zmian jest regularne pojawianie się maksymalnego i minimalnego stopnia rozwoju względnie czynności danego narządu, w pewnych właściwych dla niego porach roku. Cykliczne zmiany w narządach o czynnościach wegetatywnych wykazują na ogół zależność wprost proporcjonalną do typowego przebiegu temperatury powietrza w ciągu roku, a więc zgodność z prawem van t'Hoffa. Natomiast cykliczne zmiany narządów generatywnych wykazują zależność odwrotnie proporcjonalną, zatem brak zgodności z prawem van t'Hoffa.

Zarówno zmiany w narządach o charakterze wegetatywnym, jak i generatywnym skorelowane są w pierwszej kolejności z funkcją układu hormonalnego jako czynnika nadrzędnego, który również podlega własnym, jednak niezależnym zmianom cyklicznym. W drugiej kolejności funkcje tych narządów stymulowane są czynnikami zewnętrznymi, jak temperaturą otoczenia, w tym również i niską, dalej amplitudą tych temperatur, opadami atmosferycznymi, nasłonecznieniem i innymi. Przebieg cyklicznych zmian wiąże się wyraźnie i w sposób zasadniczy z porą godową i składaniem jaj, gdyż większość narządów osiąga wówczas maksymalny stopień rozwoju względnie nasilenia jego czynności w ciągu roku. Sen zimowy płaza nie jest stanem zupełnego spoczynku organizmu, niektóre bowiem narządy, zwłaszcza gruczoły rozrodcze, osiągają w tym czasie maksymalny stopień rozwoju. Obraz cyklicznych zmian zarówno morfologicznych, jak i fizjologicznych niektórych narządów, zwłaszcza gruczołów rozrodczych, jest właściwością gatunkowo genetycznie utrwaloną.

Ogólnie biorąc, organizm płaza podlega regularnie w każdym roku powtarzającym się zmianom wewnętrznym o różnym, a charakterystycznym przebiegu u obu płci. Są one regulowane przez swoisty hormonalny zegar fizjologiczny. Zjawisko rytmu rocznego jest więc zasadniczą biologiczną prawidłowością całego metabolizmu płaza.

Badania rytmu rocznego płaza wymagają zastosowania specjalnej metodyki uwzględniającej przeprowadzenie ich w odpowiednich okresach w ciągu całego roku, na odpowiednim materiale pochodzącym bezpośrednio z warunków naturalnych i reprezentującym właściwie populację danego gatunku. Konieczne jest powiązanie wyników badań z warunkami klimatologicznymi i meteorologicznymi obszaru, z którego pochodzi materiał badawczy i z okresu, w którym badania przeprowadzono. Metodyka badań powinna wykluczać możliwość uzyskania oraz interpretację takich wyników badań, które są wyrazem przypadkowych, osobniczych właściwości przedstawicieli badanego gatunku. W przeciwnym razie wyniki badań mogą być błędne.

LITERATURA

- Ackermann J. 1949. The annual rhythm of the fatty metamorphosis of the liver in the frog *Rana esculenta* L. Bull. Acad. Sc. B. Cracovie.
 Bogucki M. 1919. Badania nad cyklicznością zmian w budowie jajowodów żaby i nad wpływem kastracji na bieg tych przekształceń. PAU, Kraków.

- Dolk H. E., Postma N. 1927. Über die Haut und die Lungenatmung von *Rana temporaria*. Z. vergl. Physiol., 5.
- Eggert B. 1938. Morphologie und histophysiologie der normalen Schilddrüse. Inneren Sekretion. Bd. 3. Leipzig.
- Jastrzębski M., Rozwój narządu rozrodczego samicy żaby moczarowej (*Rana arvalis* Nilss.) na tle rocznego cyklu jej życia. W druku.
- Juszczuk W. 1938. O porze godowej naszych płazów bezogonowych. Spraw. Kom. Fizjogr. PAU, 51.
- Juszczuk W. 1950. The migration of fish through the Rožnov dam fishladder (Dunajec-river). Bull. Acad. Sc. B. Cracovie.
- Juszczuk W. 1959. Rozwój narządu rozrodczego samicy żaby trawnej (*Rana temporaria* L.) w cyklu rocznym. Annales UMCS S. C, 14, 11.
- Juszczuk W., Zamachowski W. 1965. Terms of ovulation and oviposition of the grass frog (*Rana temporaria* L.) in conditions of an artificial and prolonged hibernation. Acta Biol. Cracov. ser. Zool., 7.
- Juszczuk W., Obrzut K., Zamachowski W. 1966. Morphological changes in the alimentary canal of the common frog (*Rana temporaria* L.) in the annual cycle. Acta Biol. Cracov. ser. Zool.
- Ławkowicz W. i inni 1962. Układ krwiotwórczy zwierząt laboratoryjnych. Państw. Wyd. Nauk. Warszawa.
- Meisenheimer M. 1936. Jahreszyclischer Veränderunger der Schilddrüse von *Rana temporaria* L. und ihre Beriehungen zur Häutung. Zeitsch. f. wiss. Zool. Bd. 148.
- Mertens R., Wermuth H. 1960. Die Amphibien und Reptilien Europas. (Dritte Liste, nach dem Stand vom 1. Januar 1960). Frankfurt a.M.
- Rugh R. 1962. Experimental Embryology. Minneapolis.
- Schreiber E. 1912. Herpetologia Europea. Jena.
- Skrzypiec Z. 1964. Development of the reproductive organs of the female frog *Rana ridibunda* Rall. in the breeding season. Acta Biol. Cracov. Ser. Zool. 5, 7.
- Terentiew P. W. 1950. Liaguszka. Moskwa.
- Terentiew P. W. Czernow S. A. 1949. Opređelitel presmykajuszczichsia i zemnowodnych. Moskwa.
- Wasiliewa N. E. 1963. Sezonnaja izmieničiwost' kiszecznego epitelia buroj liaguszki (*Rana temporaria* L.). Naucz. Dokl. Wys. Szk. Biolog. Nauki. Zool., 1.
- Wismer H. 1934. Untersuchungen über die physikalischen Elemente des Blutes von *Rana temporaria*. Biol. gen., 10, 1.
- Zamachowski W. 1966. Changes in the weight of the body of the common frog (*Rana temporaria* L.) during the period of hibernation. Acta Biol. Cracov. Ser. Zool.

Влодзимеж Ющик

ЯВЛЕНИЕ ГОДОВОГО РИТМА У АМФИБИЙ

Содержание

В первой части статьи изложено значение исследований годового ритма амфибий с общебиологической точки зрения и обсуждено главные трудности в их реализации. Эти исследования требуют применения специальной методики учитывающей проведение их на соответствующем материале непосредственно происходящем из естественных условий и соответственно представляющих популяцию данного вида, а также проведения их в соответственных периодах в течение всего года; в дальнейшем, на основании годового ритма амфибии даётся биологическая и экологическая характеристика амфибий выступающих в Польше. В статье обсуждена основная среда жизни, период размножения, активный период жизни, зимняя спячка прежде всего травяной лягушки (*Rana temporaria* L.), являющейся классическим объектом исследования годового ритма у этих животных. На основании этой характеристики выделено среди наших амфибий ряд биологических и экологических групп.

Одним из основных элементов изучения годового ритма у амфибий является характеристика климата и метеорологических условий в течение года на этой территории, с которой происходит популяция изучаемого вида амфибии. В связи с этим приводятся основные климатические факторы, а именно: температура воздуха, атмосферные осадки, радиация, а также температура воды в случае интерпретации жизненных явлений амфибии, проходящих в естественном поверхностном водоёме.

Дальше проанализировано годовой ход декадных температур воздуха, величину амплитуды между средними декадными максимальными и минимальными температурами воздуха, а также средние декадные атмосферные осадки в течение 25-летия исследований, кроме того доказано связь между ходом этих факторов и жизнью амфибии в годовом цикле. Прежде всего принято во внимание такие жизненные явления, как пробуждение от зимней спячки, период размножения, миграцию, особенно осенью и зимнюю спячку. На основании хода этих явлений установлено график исследовательских периодов изучения годового ритма амфибий, охватывающий основные жизненные явления амфибии и позволяющий сравнить результаты исследований, проведённых на различных видах этих животных.

Во второй части статьи представлены результаты исследований годового ритма у травяной лягушки (*Rana temporaria* L.), и некоторых других амфибий на основании научной литературы и собственных исследований. Цитированные результаты представлены в графической форме, дополняя соответственные графики унифицированным экограммом травяной лягушки. Обсуждаемые исследования относятся к циклическим изменениям таких органов, как: лёгкие, кожа, кровеносная система, щитовидная железа, яичник, яйцевод, семенник и пищевод.

Исследования показали, что у амфибий во взрослом состоянии выступают характерные морфологические и физиологические изменения различных его органов, но они индивидуальны для каждой из них. Проявлением этих изменений является регулярное выступание максимальной и минимальной степени развития, или деятельности данного органа в некоторых, свойственных только ему, временах года. Деятельность вегетативных органов обычно доказывает зависимость прямой пропорциональности к типичному ходу температуры воздуха в течение года, это значит, что они согласны с законом van t'Hoffa деятельность генеративных органов указывает на зависимость обратной пропорциональности, значит нет согласия с законом van t'Hoffa . Ход циклических изменений в организме амфибии отчётливо связан с периодом размножения и откладывания яиц, так как большинство исследованных органов достигает тогда максимальной степени развития, или напряжения его деятельности в течение года. Зимняя спячка амфибии не является состоянием совершенного отдыха организма, ибо некоторые органы, особенно половые железы, достигают в это время максимальной степени развития. Циклические изменения органов регулируются своеобразными гормональными физиологическими часами, а стимулируются внешними факторами, как температура среды, амплитуда этих температур, атмосферные осадки, радиация и др. Явление годового ритма является основной биологической закономерностью всего метаболизма амфибии.

Włodzimierz Juszczyk

THE ANNUAL RHYTHM IN AMPHIBIANS

Summary

In Part I the author discusses the importance of studies on the annual rhythm in amphibians from the point of view of General Biology, and the main difficulties in the carrying out of investigations. These investigations require special me-

thods which ensure that they are carried out on suitable material coming directly from a natural environment and correctly representing the population of a particular species at appropriate intervals of time during the whole year. Then, on the basis of the annual rhythm in the amphibian, a biological and ecological description of the amphibians living in Poland is given. Here are discussed the main vital environment, the mating season, the period of active life and hibernation in amphibians, and especially in the common frog (*Rana temporaria* L.) which is the standard subject of investigations on the annual rhythm in these animals. Many biological and ecological groups among Polish amphibians are distinguished on the basis of this description.

One of the main elements of investigations on the annual rhythm in amphibians is the description of the climate and meteorological conditions which prevail during the year in the area from which the population of the amphibian species investigated comes. In this connection the main climatic factors are presented, viz., the atmospheric temperature, rainfall, insolation, and also the water temperature in the case of the interpretation of the life processes of the amphibian, which take place in a natural reservoir of surface water (ponds, streams).

The annual course of the mean decadal atmospheric temperatures, the amplitude between the mean decadal maximal and minimal atmospheric temperatures, and the mean decadal snowfall and rainfall were analysed over the twenty-five year period of investigation, and the connection between the occurrence of these factors and the life of an amphibian was shown. Such life processes as waking from the „winter sleep”, the mating season, migration (especially in the autumn), and the beginning of hibernation are primarily taken into consideration. A time-table of the periods of study in investigations on the annual rhythm in amphibians has been established on the basis of these phenomena. This includes the main life processes of the amphibian and facilitates the comparison of the results of studies made on various species of these animals.

In Part II are given the results of investigations on the annual rhythm in the common frog (*Rana temporaria* L.) and in some other amphibians, on the basis of the literature and the author's own experiments. The results cited are presented as graphs, supplementing the curves with a corresponding standardized ecogram of the common frog. The experiments discussed are concerned with the cyclic changes of such organs as the lungs, skin, haematopoietic system, thyroid gland, ovaries and oviducts, testicles, and alimentary canal.

These investigations show that in the organism of an adult amphibian there occur characteristic morphological and physiological changes in various organs, but for each of them these take a specific course in the annual cycle. These changes are shown in the regular appearance of a maximal and minimal degree of development or functioning of a particular organ at certain periods of the year peculiar to it. The functioning of the vegetative organs shows, in general, a directly proportional dependence to the typical course of the atmospheric temperatures during the year, which is in accordance with van t'Hoff's law; the functioning of the reproductive organs shows an inversely proportional dependence, and so is not in accordance with van t'Hoff's law. The course of the cyclic changes in the organism of the amphibian is clearly and basically connected with mating season and the laying of the eggs, because it is at this time that most of the organs examined reach their maximal development, or the intensification of their functioning in the yearly cycle. Hibernation in the amphibian is not a state of complete rest of the organism, for some organs, especially the reproductive glands, reach their maximal development at this time. The cyclic changes in the organs are regulated by a specific hormonal „physiological clock”, and stimulated by some external factors, such as the temperature of the surroundings, the amplitude of these temperatures rainfall, insolation, etc. The annual rhythm is the main biological regularity of the whole metabolism of the amphibian.