

Jan Pinowski  
Barbara Pinowska

## Rola ptaków w obiegu materii w ekosystemach

Zakład Ekologii Kręgowców  
Instytut Ekologii PAN  
Dziekanów Leśny k. Warszawy  
05-092 Łomianki

## The role of birds in matter cycling in ecosystems

### 1. Wstęp

Ptaki — mając zdolność aktywnego lotu, a tym samym łatwego przemieszczania się na duże odległości — często licznie występujące lub gromadzące się w duże stada na małej przestrzeni, mogą odgrywać istotną rolę w obiegu materii w ekosystemach. Zgrupowania i przemieszczenia mogą zachodzić periodycznie w cyklu dobowym (gromadzenie się ptaków na miejscach noclegu przylatujących z odległości nawet kilkudziesięciu kilometrów) lub sezonowym (okresowe wędrówki, kolonialne gnieźdzenie się). Należy zatem zadać pytania: (1) co ptaki przenoszą, jakie pierwiastki lub jakie związki, skąd, dokąd, w jakim kierunku, przez jakie granice ekosystemów, krajobrazów, stref geograficznych, kontynentów, (2) kiedy ptaki przenoszą materię zgodnie z kierunkiem grawitacji, a kiedy w odwrotnym kierunku, (3) jakie znaczenie mają ptaki w obiegu materii? Na pytania te mamy jeszcze stosunkowo mało odpowiedzi.

Celem niniejszego artykułu jest podsumowanie dotychczasowych badań nad rolą ptaków w krążeniu materii w ekosystemach lub między ekosystemami.

Jest już sporo prac dotyczących roli ptaków w przepływie energii w ekosystemach: morskich, leśnych, polnych czy stepowych (Wiens i Innis 1974, Weiner i Głowaciński 1975, Wiens 1975, Wiens i Dyer 1975, Wiens i Nussbaum 1975, Wiens i Scott 1975, Głowaciński i Weiner 1977, Wiens i Dyer 1977 i inni). Prace te dostarczają także wielu parametrów koniecznych do oceny roli ptaków w obiegu materii. Dodatkowo niezbędne są informacje dotyczące składu chemicznego pobieranego pokarmu, asymilacji danego pierwiastka przez skórę, przewód pokarmowy i układ oddechowy, tempa wydalania, składu chemicznego ciała ptaków i ich wydaliny, stopnia przekształcania środowiska przez ptaki, np. rycie nor i jego konsekwencje dla obiegu materii. Zatem nic dziwnego, że jest stosunkowo niewiele prac, w których ocenia się całkowitą rolę ptaków w krążeniu materii (Grimshaw i in. 1958, Weir 1969, Sturges, Holmes i Likens 1974, Wiens 1976, Williams, Burger i Berruti 1978, Williams i Berruti 1978).



## 2. Skład pierwiastkowy ciała ptaków

### 2.1. Wprowadzenie

Ciało ptaków, podobnie jak innych żywych organizmów, składa się z około połowy znanych pierwiastków, z których tlen, węgiel, wodór, azot, potas, sód, wapń, magnez, fosfor, siarka, chlor, występują w stosunkowo dużych ilościach. Inne pierwiastki występują w ilościach śladowych (do 5 mg%) (Minakowski 1965).

Większość opublikowanych dotychczas prac dotyczy stężenia lub zawartości danego pierwiastka w określonym organie ptaka, co ma duże znaczenie w ocenie ptaków jako bioindykatorów skażenia środowiska, ale bardzo małe znaczenie dla oceny roli gatunku w obiegu materii. Bardzo trudno z tego typu danych uzyskać stężenie czy zawartość pierwiastka w całym organizmie, co jest potrzebne do oceny roli gatunku w krążeniu materii w ekosystemach.

### 2.2. Zmiany w stężeniach pierwiastków w ciele ptaków

Zmiany w okresie rozwoju piskląt. Prac o zmianach stężeń pierwiastków w okresie pisklęcym ptaków jest bardzo mało i dotyczą niewielu pierwiastków.

W rozwoju piskląt gawronów (*Corvus frugilegus* L.) stężenie azotu, podobnie jak stężenie siarki, cynku, kobaltu, kadmu, rtęci (Pinowski i in. 1983) ulega małym zmianom. U piskląt gawronów w czasie rozwoju stwierdzono niewielki wzrost stężenia cynku i azotu. Jest to sprzeczny wynik w porównaniu z wynikami uzyskanymi dla świergotków łąkowych (*Anthus pratensis* L.) (Hagen i in. 1976) i dla trzech gatunków pingwinów (Williams, Burger i Berruti 1978). Stężenie sodu i potasu zmniejszało się wraz z wiekiem u piskląt gawronów (Pinowski i in. 1983), kosów (*Turdus merula* L.), drozdów śpiewaków (*Turdus philomelos* Br.) (Bilby i Widdowson 1971), świergotków łąkowych (Hagen i in. 1976). Stężenie potasu było jednak największe u sikory bogatki (*Parus major* L.) w pierwszym i trzecim dniu życia piskląt, potem zmniejszało się (Bieszczad-Kosch 1979). Stężenie wapnia, fosforu i magnezu wzrastało wraz z wiekiem piskląt, co jest procesem powszechnie znanym u ptaków (Bauman 1968, Bilby i Widdowson 1971, Simkiss 1975, Hagen i in. 1976, Pinowski i in. 1983). Tym niemniej u piskląt pewnych gatunków pingwinów stwierdzono zmniejszanie się stężenia wapnia, fosforu i magnezu, a u innych gatunków pingwinów wzrost (Williams Burger i Berruti 1978).

Różnice między dorosłymi ptakami różnej płci. U piętnastu gatunków ptaków w okresie lęgowym w ciele osobników dorosłych różnej płci (Sturges i in. 1974) nie stwierdzono różnic w stężeniu azotu, fosforu, siarki, potasu, sodu, magnezu, żelaza, cynku, miedzi i manganu. U samic wróbli domowych (*Passer domesticus* L.) stwierdzono duże zmiany w stęże-



niach miedzi i magnezu zależnie od etapu cyklu lęgowego (Pinowska i Kraśnicki 1984).

Różnice sezonowe. U wróbli domowych stwierdzono różnice sezonowe w stężeniach rtęci związane z sezonowymi zmianami jej dostępności w zaprawianym siewnym ziarnie (Pinowska, Kraśnicki i Pinowski 1981).

### 2.3. Zmiany w bezwzględnych ilościach pierwiastków w ciele ptaków

Prac o zmianach bezwzględnych ilości pierwiastków u ptaków jest zaledwie kilka. U piskląt gawronów bezwzględna zawartość 14 analizowanych pierwiastków wzrasta wraz z masą ciała w czasie ich rozwoju z wyjątkiem manganu (Pinowski i in. 1983). Podobny wzrost bezwzględnej ilości wapnia, fosforu, magnezu, sodu i potasu stwierdzono u piskląt kosa i drozda śpiewaka (Bilby i Widdowson 1971), a wapnia, fosforu, magnezu, potasu i azotu w rozwoju piskląt sikory bogatki (Bieszczad-Kosch 1979).

### 3. Bilans pierwiastków

Bilans danego pierwiastka w ciele ptaka ograniczamy do analizy ilości danego pierwiastka pochłanianego przez skórę, układ pokarmowy i oddechowy oraz analizy ilości wydalania danego pierwiastka przez skórę, wraz z kałem czy poprzez układ oddechowy. Ilości pobieranego lub wydalanego danego pierwiastka są zależne nie tylko od rodzaju pierwiastka, ale także od związku chemicznego, w jakim dany pierwiastek występuje. Zatem znajomość wskaźników asymilacji lub wydalania określonych pierwiastków czy ich związków poza dzienną rację pokarmową, zawartością pierwiastka w pokarmie, we wdychanym lub stykającym się ze skórą powietrzu są konieczne do oceny bilansu pierwiastka w ciele zwierzęcia. Dienne racje pokarmowe i ilość wydalanego kału znane są u wielu gatunków ptaków z prac bioenergetycznych (Myrcha, Pinowski i Tomek 1973, Kendeigh, Dolnik i Gavrilov 1977 i inni). Natomiast wskaźników asymilacji lub wydalania określonych pierwiastków u ptaków znamy stosunkowo niewiele. U ptaka *Spizella passerina* (Bechstein) współczynnik asymilacji kadmu przez przewód pokarmowy wynosi 8%, a połowiczny okres wydalania 99 dni (Anderson i van Hook 1973). Wchłanianie rtęci przez przewód pokarmowy bardzo zależy od związku, w jakim występuje. W największym procencie wchłaniany jest wodorotlenek metylowo-rtęciowy (Swensson i Ulfvarson 1968). Okres połowicznego wydalania metylortęci u rybołowa (*Pandion haliaetus* (L.)) wynosi 70 dni (Odsjö i Edelstam 1975), a u kaczora krzyżówki (*Anas platyrhynchos* L.) 84 dni (Stickel i in. 1977). O wiele szybciej niż metylortęć wydalane są fenylortęć i metoksyetylortęć, gdyż szybko rozkładają się w organizmie do rtęci nieorganicznej, która wydalana jest



najszybciej (Miller, Klavano i Csonka 1960, Swensson i Ulfvarson 1968).

Współczynnik asymilacji azotu z pokarmu składającego się z łuskanej pszenicy u wróbla domowego wynosił 16% (Węglarczyk 1982), a z pokarmu składającego się z wysokobiałkowej mieszanki dla drobiu u *Spizella arborea* (Wilson) wynosił 88–93%, a u rosnących kurcząt w granicach 19–76%, zależnie od rodzaju pokarmu (Fisher 1972).

Bilans azotu zbadano u trzech gatunków ptaków wróblowatych i drobiu (Leveille, Shapiro i Fisher 1960, Shapiro i Fisher 1962, 1965, Mitchell 1964, Martin 1968, Parrish i Martin 1977). Przeciętna konsumpcja azotu u dorosłego wróbla domowego w okresie jesienno-zimowym wynosiła 99,7 mg, a dobowe wydalanie azotu w odchodach 81,3 mg (Węglarczyk 1982).

#### 4. Rola ptaków w krążeniu materii w ekosystemach

Część pierwiastków z pobranego pokarmu ptaki gromadzą we własnym ciele, większość jednak wydalają w formie kału, często w miejscu odległym od miejsca pobrania. Ptaki, jak i inne kręgowce, tylko część dostępnego pokarmu zjadają, a znaczne ilości ścinają, trują. Ryją ponadto nory, budują gniazda i wykazują inną tego typu aktywność, która często ma większe znaczenie dla obiegu materii w ekosystemie niż sama konsumpcja i wydalanie kału (Siegfried 1978). Jednocześnie ptaki jako organizmy stałocieplne o wysokim metabolizmie przyspieszają obieg materii w ekosystemach, zwłaszcza dzięki aktywności w ujemnych temperaturach.

Jest jeszcze niewiele prac dotyczących roli ptaków w obiegu pierwiastków w ekosystemach. Już Grimshaw i in. (1958) zbadali zawartość wapnia, fosforu, potasu, sodu i magnezu w ciele sikory modrej (*Parus caeruleus* L.), sikory sosnówki (*Parus ater* L.), mysikrólika (*Regulus regulus* L.) w lesie sosnowym i ocenili udział wymienionych pierwiastków zgromadzonych w ciele tych ptaków w stosunku do globalnej biomasy w tym ekosystemie. Następną tego typu pracą to dopiero praca Sturgesa, Holmesa i Likensa (1974) o roli ptaków w obiegu pierwiastków w lesie z dominacją *Fagus grandiflora*, *Acer saccharum* i *Betula allegheniensis* w stanie New Hampshire (USA). Dotyczyła ona wyłącznie „standing crop” pierwiastków w zespole ptaków tego środowiska w cyklu rocznym. W okresie maksymalnego zagęszczenia ptaków pod koniec okresu lęgowego „standing crop” pierwiastków zawartych w ciele ptaków wynosił 222 g sm./ha. Natomiast w zimie wielokrotnie mniej — 15 g sm./ha. Większość zatem wyprodukowanej biomasy była wyniesiona poza ekosystem przez odlot ptaków na okres zimowy. Ekosystem, w którym Sturges, Holmes i Likens (1974) badali rolę ptaków w obiegu materii, był terenem badań zespołowych nad obiegiem materii w całym ekosystemie, można więc było ocenić rolę ptaków w wynoszeniu różnych pierwiastków poza ekosystem.



Okazało się, że ptaki wynosiły poza ekosystem tysiąc razy mniej różnych pierwiastków w porównaniu do ilości pierwiastków spływających z badanego terenu z wodami potoku.

W Anglii zbadano rolę gawronów w transporcie pierwiastków z pól do zadrzewień śródpolnych, będących miejscem noclegu. Okazało się, że gawrony wnoszą więcej pierwiastków (wapnia, fosforu) w formie kału i wypluwek niż dostawało się do lasu z opadami (Weir 1969).

Istnieją ekosystemy, w których ptaki odgrywają podstawową rolę w obiegu materii. Są to ekosystemy wysp oceanicznych, zwłaszcza w rejonach suchych, jak wyspy zachodniego wybrzeża Ameryki Południowej, wyspy na Oceanie Indyjskim. Tam, gdzie jest mało opadów, powstają złoża guana, a zatem ptaki stają się czynnikiem tworzącym ekosystem, jego podłoże. W takich samych sytuacjach w rejonach o dużej ilości opadów ptaki są podstawowym źródłem pierwiastków biofilnych (Gillham 1961, 1977, Leentvaar 1967 i in.). Ptaki z otaczającego oceanu wnoszą pierwiastki „pod prąd” grawitacji do całkowicie innego ekosystemu — ekosystemu lądowego. Mechanizm powstawania guana został dobrze zbadany z punktu widzenia wartości guana jako nawozu i możliwości jego eksploatacji, lecz nie z punktu widzenia krążenia materii (Hutchinson 1950, White i Warin 1964). Tym niemniej prace te dostarczają wiele wartościowego materiału do omawianego tutaj zagadnienia.

Dotychczas najpełniej rola ptaków w krążeniu materii była zbadana na wyspie Marion i dlatego szerzej omówimy wyniki badań tam prowadzonych. Wyspa Marion leży na Oceanie Indyjskim. Powierzchnia jej wynosi 290 km<sup>2</sup>. Wyspa stanowi ekosystem typu tundrowego bez roślinności drzewiastej, rośnie na niej tylko 38 gatunków roślin tkankowych (Smith 1978). Wyspę zamieszkuje około 2 mln ptaków należących do 26 gatunków, z tych tylko jeden jest lądowy, a wszystkie pozostałe związane są z morzem. Ptaki zamieszkują głównie nadbrzeżne tereny, tj. około 100 km<sup>2</sup>. Ponadto wyspę zamieszkuje mysz domowa (*Mus musculus* L.) i około 2100 kotów domowych (*Felis catus* L.) wypuszczonych w 1949 r. Koty te konsumują rocznie  $9,980 \times 10^8$  kJ, a małe petrele są ich zasadniczym pokarmem. Petrele są ptakami morskimi, z lądem związane są tylko miejscem gnieźdzenia, kopią głębokie nory w celu założenia gniazda. Gnieźdzą się tylko na wyspach oceanicznych pozbawionych naturalnych czworonożnych drapieżców. Każdy petrel złapany przez kota zostaje na wyspie, zatem zwiększa na niej ilość energii i materii. Analizując 1124 resztki petreli złapanych przez koty okazało się, że 99% ofiar stanowią małe petrele. Rocznie koty zabijają 406 000 petreli o ciężarze około 34 000 kg suchej masy, w tym 7900 kg samych piór. Dzięki aktywności kotów zostaje na wyspie 2,84 kg/ha suchej masy w strefie przybrzeżnej oraz 1,09 kg/ha w strefie centralnej wyspy rzadziej zamieszkananej przez koty (Williams 1978).

Zbadano też ilość energii i materii pozostającej na wyspie w formie trupów 12 najczęściej spotykanych gatunków pingwinów, albatrosów, petreli,



kormoranów i mew. Ptaki te pozostawiają na wyspie w formie swoich ciał 125 t suchej masy na przestrzeni 128 km<sup>2</sup> strefy przybrzeżnej, większość tej ilości materii to padłe pisklęta, a niewiele to ptaki dorosłe. Tylko w kolonii pingwinów na powierzchni 4 km<sup>2</sup> pozostaje 96,6 kg sm./ha. Pisklęta pingwinów wnoszą np. 9,7 t azotu i 2,4 t wapnia (Williams, Burger i Berruti 1978).

Również na wyspie Marion zbadano produkcję guana. Ilość guana produkowana przez 14 gatunków ptaków gnieźdzących się na powierzchni ziemi wynosi rocznie 33000 t, tj. 3617 t suchej masy. 98% guana produkują pingwiny. Ponad połowa kału produkowana jest latem, tj. od grudnia do lutego. Na powierzchni 1 km<sup>2</sup> wyspy ptaki mogą zostawić nawet ponad 100 t guana. 97% kału spływa bezpośrednio do morza, a tylko reszta jest użytkowana przez szatę roślinną. Mimo to kał ptaków jest głównym źródłem pierwiastków biofilnych dla wyspy, zwłaszcza azotu i fosforu (Burger, Lindeboom i Williams 1978).

Na wyspie pierzy się około 3 mln ptaków należących do 6 gatunków. Zostawiają one na wyspie 429 ton sm. piór. Są to pióra głównie pingwinów. W kolonii na 4 km<sup>2</sup> pingwiny zostawiają 816 kg sm. · ha<sup>-1</sup> · rok<sup>-1</sup>, a na pozostałych 70 km<sup>2</sup> 14,6 kg sm. · ha<sup>-1</sup> · rok<sup>-1</sup> piór (Williams i Berruti 1978).

Gatunki gnieźdzące się na powierzchni ziemi składają od listopada do stycznia 1 315 000 jaj, to jest 205 ton świeżej masy jaj, z tego 86% jest składane na powierzchni 90 ha. Tylko 0,01% jaj składanych jest dalej niż 3 km od brzegu. 57% jaj ginie w okresie inkubacji i te jaja plus skorupki z jaj, z których wykluły się pisklęta, dają 42,2 tony suchej masy rocznie. Samego wapnia na wyspie zostaje 3273 kg (Siegfried i in. 1978). Sam kał ptaków dostarcza 420 kg sm./ha w strefie przybrzeżnej (100 km<sup>2</sup>), co daje 56 kg N/ha. Ten azot stanowi 12% azotu zawartego w całej szacie roślinnej wyspy. Na wyspie nie zbadane są jeszcze petrele, a zwłaszcza rola petreli w erozji gleby. Przerzucają one prawdopodobnie około miliona m<sup>3</sup> ziemi. Za mało zbadane są cykle pierwiastków na samej wyspie, zwłaszcza transport ich do wnętrza wyspy (Siegfried 1978). Tym niemniej omówione opracowania z wyspy Marion są chyba najpełniejsze, jakie znamy. Świadczą one o ogromnej roli ptaków w transporcie pierwiastków przez bariery ekosystemów: ocean-ląd.

Ptaki poza przenoszeniem materii rozumianej w sensie chemicznym, odgrywają doniosłą rolę jako przenośnik na duże odległości czynników chorobotwórczych, nasion i spor roślin, jaj i form przetrwalnikowych zwierząt, ale to już inne zagadnienia.

### Piśmiennictwo

- Anderson S. H., van Hook R. I., jr 1973 — Uptake and biological turnover of <sup>109</sup>Cd in Chipping Sparrows, *Spizella passerina* — *Envir. Physiol. Biochem.* 3: 243–247.  
Bauman V. K. 1968 — Kal'cij i fosfor, metabolizm i regulacija u ptic — *Zinatne*, Ryga.



- Bieszczad-Kosch M. 1979 — Zmiany zawartości pierwiastków biogennych (Ca, K, N, P i Mg) w rozwoju postembrionalnym sikory bogatki, *Parus major* L. — Uniwersytet Jagielloński, Kraków, ss. 15.
- Bilby L. W., Widdowson E. M. 1971 — Chemical composition of growth in nestling blackbirds and thrushes — Br. J. Natur. 25: 127—134.
- Burger A. E., Lindeboom H. J., Williams A. J. 1978 — The mineral and energy contributions of guano of selected species of birds to the Marion Island terrestrial ecosystem — S. Afr. J. Antarct. Res. 8: 59—70.
- Fisher H. 1972 — The nutrition of birds (W: Avian biology. Red. D. S. Farner, J. R. King. Vol. II) — Academic Press, New York, London, 431—469.
- Gillham M. E. 1961 — Modification of sub-Antarctic flora on Macquarie Island, by seabirds and sea elephants — Proc. R. Soc. Vic. 74: 1—12.
- Gillham M. E. 1977 — Vegetation of sea and shore-bird colonies on Aldabra Atoll — Atoll. Res. Bull. 200: 1—19.
- Głowaciński Z., Weiner J. 1977 — Energetics of bird communities in successional series of a deciduous forest — Pol. ecol. Stud. 3(4): 147—175.
- Grimshaw H. M., Ovington J. D., Betts M. M., Gibb J. A. 1958 — The mineral content of birds and insects in pine plantations of *Pinus silvestris* L. — Oikos, 9: 26—34.
- Hagen J., Hagen E., Østbye E., Skar H. J. 1976 — Some chemical elements in the body of the Meadow Pipit, *Anthus pratensis* (L.) — Norw. J. Zool. 24: 279—289.
- Hutchinson G. E. 1950 — Survey of contemporary knowledge of biogeochemistry. 3. The biogeochemistry of vertebrate excretion — Bull. Am. Mus. nat. Hist. 96: 1—554.
- Kendeigh S. C., Dolnik V. R., Gavrilov V. M. 1977 — Avian energetics (W: Granivorous birds in ecosystems. Red. J. Pinowski, S. C. Kendeigh) — Cambridge University Press, Cambridge, London, New York, Melbourne, 129—204.
- Leentvaar P. 1967 — Observation in guanotrophic environments — Hydrobiol. 29: 441—489.
- Leveille G. A., Shapiro R., Fisher H. 1960 — Amino acid requirements for maintenance in the adult rooster. IV. The requirements for methionine, cystine, phenylalanine, tyrosine and tryptophan; the adequacy of the determined requirements — J. Nutr. 72: 8—15.
- Martin E. W. 1968 — The effect of dietary protein on the energy and nitrogen balance of the tree sparrow (*Spizella arborea arborea*) — Physiol. Zool. 41: 313—331.
- Miller V. L., Klavano P. A., Csonka E. 1960 — Absorption, distribution and excretion of phenylmercuric acetate — Toxic. appl. Pharmacol. 2: 344—352.
- Minakowski W. 1965 — Zarys biochemii kręgowców — PWN, Warszawa.
- Mitchell H. H. 1964 — Comparative nutrition of man and domestic animals. Vol. 2 — Academic Press, New York.
- Myrcha A., Pinowski J., Tomek T. 1973 — Variations in the water and ash contents and in the caloric value of nestling starlings (*Sturnus vulgaris* L.) during their development — Bull. Acad. pol. Sci., Cl. II, Sér. Sci. biol. 21: 649—655.
- Odsjö T., Edelstam C. 1975 — Swedish research on chemical hazards to birds — Int. Council Bird Preserv. Bull. 12: 114—121.
- Parrish J. W., jr, Martin E. W. 1977 — The effect of dietary lysine level on the energy and nitrogen balance of the dark-eyed junco — Condor, 79: 24—30.
- Pinowska B., Kraśnicki K. 1984 — Changes in the contents of magnesium, copper, calcium, nitrogen and phosphorus in female house sparrows (*Passer domesticus* (L.)) during the breeding cycle — Ardea (w druku).
- Pinowska B., Kraśnicki K., Pinowski J. 1981 — Estimation of the degree contamination of granivorous birds with heavy metals in agricultural and industrial landscape — Ekol. pol. 29: 137—149.
- Pinowski J., Pinowska B., Kraśnicki K., Tomek T. 1983 — Chemical composition of growth in nestling rooks (*Corvus frugilegus* L.) — Ornith. scand. (w druku).



- Shapiro R., Fisher H. 1962 — Protein reserves: Relationship of dietary essential and nonessential amino acids to formation and maintenance in the fowl — *J. Nutr.* 76: 106—112.
- Shapiro R., Fisher H. 1965 — The amino acid requirement of laying hens. 6. The absolute daily protein requirement for peak production — *Poult. Sci.* 44: 198—205.
- Siegfried W. R. 1978 — Ornithological research at the Prince Edward Islands: a review of progress — *S. Afr. J. Antarct. Res.* 8: 30—34.
- Siegfried W. R., Williams A. J., Burger A. E., Berruti A. 1978 — Mineral and energy contributions of eggs of selected species of seabirds to the Marion Island terrestrial ecosystem — *S. Afr. J. Antarct. Res.* 8: 75—87.
- Simkiss K. 1975 — Calcium and avian reproduction (W: *Avian Physiology*. Red. M. Peaker) — Academic Press, London, 307—337.
- Smith V. R. 1978 — Plant ecology of Marion Island: a review — *S. Afr. J. Antarct. Res.* 8: 21—30.
- Stickel L. F., Stickel W. H., McLane M. A. R., Bruns M. 1977 — Prolonged retention of methylmercury by mallard drakes — *Bull. Envir. Contam. Toxic.* 18: 393—400.
- Sturges F. W., Holmes R. T., Likens G. E. 1974 — The role of birds in nutrients cycling in a northern hardwoods ecosystems — *Ecology*, 55: 149—155.
- Swensson A., Ulfvarson U. 1968 — Distribution and excretion of various mercury compounds after single injections in poultry — *Acta pharmac. toxicol.* 3: 259—283.
- Weiner J., Głowaciński Z. 1975 — Energy flow through a bird community in a deciduous forest in southern Poland — *Condor*, 77: 233—242.
- Weir J. S. 1969 — Importation of nutrients into woodlands by rooks — *Nature*, Lond. 221: 487—488.
- Węglarczyk G. 1982 — Nitrogen balance and energy efficiency of protein deposition of the House Sparrow *Passer domesticus* (L.) — *Ekol. pol.* 29: 519—533.
- White W. C., Warin O. N. 1964 — A survey of phosphate deposits in the south-west Pacific and Australian waters — *Common. Austr., Dept. Nat. Develop., Bureau Min. Res., Geol., Geophys., Bull.* 69: 1—173.
- Wiens J. A. 1975 — Avian communities, energetics, and functions in coniferous forest habitats (W: *Proceedings of the symposium on management of forest and range habitats for nongame birds*) — USDA Forest Service, Washington, 226—265.
- Wiens J. A. 1976 — Population responses to patchy environments — *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 7: 81—120.
- Wiens J. A., Dyer M. J. 1975 — Rangeland avifaunas: their composition, energetics, and role in the ecosystem (W: *Proceedings of the symposium on management of forest and range habitats for nongame birds*) — USDA Forest Service, Washington, 146—182.
- Wiens J. A., Dyer M. I. 1977 — Assessing the potential impact of granivorous birds in ecosystems (W: *Granivorous birds in ecosystems*. Red. J. Pinowski, S. C. Kendeigh) — Cambridge University Press, Cambridge, London, New York, Melbourne, 205—266.
- Wiens J. A., Innis G. S. 1974 — Estimation of energy flow in bird communities: a population bioenergetics model — *Ecology*, 55: 730—746.
- Wiens J. A., Nussbaum R. 1975 — Model estimation of energy flow in northwestern coniferous forest bird communities — *Ecology*, 56: 547—561.
- Wiens J. A., Scott J. M. 1975 — Model estimation of energy flow in Oregon coastal seabird populations — *Condor*, 77: 439—452.
- Williams A. J. 1978 — Mineral and energy contributions of petrels (*Procellariiformes*) killed by cats, to the Marion Island terrestrial ecosystem — *S. Afr. J. Antarct. Res.* 8: 49—53.
- Williams A. J., Berruti A. 1978 — Mineral and energy contributions of feathers moulted by penguins, gulls and cormorants to the Marion Island terrestrial ecosystems — *S. Afr. J. Antarct. Res.* 8: 71—74.
- Williams A. J., Burger A. E., Berruti A. 1978 — Mineral and energy contributions of carcasses of selected species of seabirds to the Marion Island terrestrial ecosystem — *S. Afr. J. Antarct. Res.* 8: 53—59.



## Summary

The article is a kind of recapitulation of studies carried out up to the present on the role of birds in matter cycling in ecosystems and among ecosystems. The parameters indispensable for estimations of the role of birds in matter cycling are based on research on energy flow in ecosystems, on chemical composition of food, on the rate of assimilation and excretion of its components and on the degree of environment transformation by birds. Studies on the changes in concentration of particular elements in the body of birds, for nestlings and adult birds, are discussed as well as factors modifying the balance of particular elements in the body of these birds. The role of birds in matter cycling in ecosystems depends on the type of ecosystem and may be considerable in the case of oceanic islands, which explains why this problem is discussed in its broader aspect.