

**„Zachowanie wokalne i kodowanie informacji u pelagicznego ptaka arktycznego, alczyka  
(*Alle alle*)”  
mgr Anna N. Osiecka**

Komunikacja wokalna ma fundamentalne znaczenie dla wielu gatunków zwierząt. Wokalizacje mogą nieść informacje o tożsamości, płci, wielkości lub jakości nadawcy, ale także o kontekście behawioralnym i emocjonalnym, w którym się on znajduje. Dzięki temu, sygnały wokalne ułatwiają wiele interakcji społecznych, od identyfikacji potencjalnego partnera po sprawowanie opieki rodzicielskiej, czy też od deeskalacji agresji po unikanie drapieżników. Jest zatem zrozumiałe, że systemy komunikacji wokalnej stają się szczególnie skomplikowane u gatunków utrzymujących stabilne i złożone więzi społeczne.

W tej pracy kompleksowo przeanalizowałam właściwości bioakustyczne wokalizacji alczyka (*Alle alle*). Alczyki są długożyjącymi ptakami morskimi o wysokiej wierności zarówno wobec gniazda, jak i partnera, co wskazuje na znaczenie i stabilność ich więzi społecznych. Są również bardzo aktywne wokalnie. Jednak kolonie ptaków morskich to zatłoczone, hałaśliwe miejsca, w których komunikacja dźwiękowa może napotykać szczególne trudności. W jaki więc sposób alczyki mogą komunikować ważne społecznie informacje wokalnie?

Aby odpowiedzieć na to pytanie, wykorzystałam dostępne i nowo zebrane pasywne nagrania akustyczne alczyków, wykonane w naturalnych warunkach. Obejmowało to pasywne nagrania wokalizacji ptaków w skali kolonii, a także bezpośrednie nagrania znanych, oznaczonych do płci i zmierzonych osobników. Uzupelniałam ten materiał o nagrania ptaków w sytuacjach potencjalnie stresogennych, rejestrowane podczas standardowych procedur ornitologicznych – co objęło zarówno pisklęta, jak i dorosłe osobniki. Pozwoliło mi to uzyskać dobry ogląd na typy wokalizacji powszechnie stosowane przez ten gatunek w sezonie lęgowym, a także powiązanych z nimi kontekstów behawioralnych - a tym samym afektywnych. Wszystkie dane pozyskane do tej pracy zostały zebrane w kolonii lęgowej alczyków w Hornsundzie, południowo-zachodnim Spitsbergenie, w norweskiej części Arktyki Wysokiej.

W rezultacie, niniejsza praca odpowiada na następujące pytania: Jaki jest repertuar wokalny gatunku, tj. jakie wokalizacje produkują alczyki? W jakich kontekstach alczyki produkują te wokalizacje i czy sygnały wokalne odzwierciedlają behawioralne i emocjonalne konteksty produkcji? Jeśli tak - czy takie dynamiczne informacje są obecne także u młodych piskląt? Czy

wokalizacje niosą statyczne informacje o nadawcy, takie jak jego wielkość, płeć czy tożsamość? Wreszcie, jak dobrze informacje te niosą się w ich środowisku?

Rozdział I zawiera opis repertuaru wokalnego alczyka w okresie godowym (przed złożeniem jaja) i inkubacyjnym. Korzystając z pasywnego monitoringu akustycznego kolonii w sezonach lęgowych 2019-2021, zidentyfikowałam i opisałam osiem różnych typów wokalizacji, a także związane z nimi konteksty produkcji. Wszędzie tam, gdzie było to możliwe, przypisałam do wokalizacji domniemaną walencję afektywną - tj. pozytywną/skłaniającą do zaangażowania się w bodziec, czy też negatywną/skłaniającą do unikania bodźca. Domniemana walencja kontekstualna miała znaczący wpływ na właściwości akustyczne wokalizacji: te o przypisanej walencji pozytywnej cechowały się wyższą częstotliwością podstawową i spektralnym środkiem ciężkości, a także krótszą długością dźwięku niż wokalizacje o przypisanej walencji negatywnej. Wskazuje to, że system komunikacji wokalnej alczyka może umożliwiać wyrażanie złożonych kontekstów behawioralnych i emocjonalnych.

Rozdział II powraca do kwestii wokalnej ekspresji emocji u młodych piskląt. Wykorzystując indywidualne nagrania piskląt podczas interakcji z rodzicami (kontekst pozytywny/zaangażowanie) oraz podczas standardowych procedur ornitologicznych (kontekst negatywny/unikanie), wykazałam, że ekspresja afektywna jest już obecna u tego gatunku na wczesnym etapie ontogenezy (5-8 dni po wykluciu). Wokalizacje można było wiarygodnie sklasyfikować do kontekstu ich produkcji, z dokładnością ponad 97%. Wokalizacje produkowane w czasie procedur ornitologicznych miały wyższą średnią entropię, częstotliwość podstawową, a także niższy spektralny środek ciężkości i mniej strome nachylenie spektralne w porównaniu do wokalizacji produkowanych podczas interakcji z rodzicem. Dodatkowo oceniłam zawartość informacyjną wokalizacji produkowanych w tych dwóch kontekstach, pokazując, że wokalizacje stresowe miały niższą nośność informacji niż te związane z pozytywnym kontekstem. Odkrycia te sugerują, że pisklęta alczyków mogą skutecznie wokalnie komunikować konteksty behawioralne czy afektywne, przekazując społecznie ważne informacje już na wczesnym etapie rozwoju.

Rozdział III przygląda się wokalnym wskaźnikom płci, wielkości i partnerstwa w dwóch ważnych wokalizacjach społecznych: krótkiej, jednosylabowej wokalizacji, oraz złożonej, wielosylabowej wokalizacji o wyraźnej strukturze formantowej. Podczas gdy krótkie wokalizacje zawierały informacje o wielkości ciała nadawcy, nie stwierdzono takiej zależności w przypadku złożonej wokalizacji. Żaden z rodzajów wokalizacji nie zawierał wskazówek dotyczących płci, co jest

zgodne z opisami dla innych gatunków ptaków morskich. W obu typach wokalizacji, widoczne były podobieństwa wartości niektórych parametrów akustycznych pomiędzy partnerami lęgowymi. Wskazuje to, że sygnały wokalne są w najlepszym razie słabymi wskaźnikami wielkości, a więzi społeczne prawdopodobnie wpływają na strukturę wokalizacji poszczególnych ptaków.

Rozdział IV zawiera szczegółowy opis kodowania indywidualności wokalne w obrębie i pomiędzy pięcioma typami wokalizacji alczyka. Wokalizacje można było wiarygodnie przypisać do osobnika zarówno w obrębie, jak i pomiędzy różnymi rodzajami wokalizacji, a wszystkie te rodzaje wykazywały zawartość informacyjną pozwalającą na rozróżnienie aż do około 41 osobników na podstawie samego sygnału. Zindywidualizowane cechy wokalne osobników opierały się głównie na najwyższej częstotliwości podstawowej, wartości częstotliwości na górnej granicy drugiego i pierwszego kwartyła energii, długości dźwięku i szybkości modulacji amplitudy, a także na wzorcach czasowych w obrębie wokalizacji. To silne kodowanie indywidualności prawdopodobnie odgrywa rolę w utrzymywaniu długoterminowych więzi społecznych u tego gatunku.

Wreszcie, rozdział V zawiera teoretyczny model propagacji informacji na odległość, wykorzystujący dwa powszechne typy wokalizacji społecznych alczyka, produkowane zarówno wewnątrz gniazda, jak i w locie. Obliczyłam poziomy ciśnienia akustycznego zarejestrowanych wewnątrz gniazda wokalizacji produkowanych przez znane osobniki. Następnie, przy użyciu sferycznego modelu propagacyjnego opartego na lokalnych danych meteorologicznych z lat 1983-2021, przeprowadziłam symulację propagacji tych wokalizacji aż do domniemanego progu słyszalności. Wokalizacje można było poprawnie przyporządkować do właściwych osobników niezależnie od odległości i poniżej domniemanego fizjologicznego progu słyszalności. Nośność informacyjna sygnału nie zmniejszała się wraz z propagacją. Wskazuje to, że sygnały alczyków mogą przemieszczać się na ekstremalne odległości przy minimalnej utracie informacji, co sugeruje, że ptaki te mogą rozpoznawać wokalizacje członków swoich grup społecznych, o ile są one wciąż słyszalne. Wspiera to też hipotezę, że wokalizacje alczyka mogą odgrywać rolę w komunikacji na duże odległości.

Łącznie, wszystkie razem rozdziały stanowią kompleksowy przewodnik po komunikacji wokalne alczyka, badając ważne behawioralne kwestie w sposób możliwie najbardziej porównywalny dla różnych gatunków. Praca zatem stanowi ważny wkład w zrozumienie nie tylko akustyki ptaków morskich, ale także ogólnych wzorców ekspresji i znaczenia komunikacji akustycznej u zwierząt.