

УДК 612.821.6

DOI: 10.25688/2076-9091.2021.44.4.3

**Л. Н. Воронов,
Г. В. Воронова**

Влияние экологических адаптаций на структуру конечного мозга птиц

Аннотация. В статье приведены исследования цитоархитектоники конечного мозга трех видов экологически разных групп птиц — стрижа черного, мухоловки и зяблика. Установлено, что наиболее четкими индикаторами степени пищедобывательного поведения у птиц оказались различные классы нейронов по сравнению с типами нервных клеток и комплексов.

Ключевые слова: птицы, конечный мозг, пищевое поведение, полет

UDC 612.821.6

DOI: 10.25688/2076-9091.2021.44.4.3

**L. N. Voronov,
G. V. Voronova**

The impact of environmental adaptations on the structure the fore brain of birds

Abstract. The article investigated the cytoarchitectonics of the fore brain of three species of ecologically different groups of birds - the swift, the pied flycatcher and the chaffinch. It was found that the most clear indicators of the degree of food-producing behavior in birds were different classes of neurons compared to the types of nerve cells and complexes.

Keywords: birds, fore brain, eating behavior, flight

Введение

Питание птиц — это приспособление их к среде обитания, которое, как и предпочитаемая добыча, изменчиво во времени и пространстве и возрастает в своем разнообразии с севера на юг. Избирательное предпочтение в кормах регулирует периодические явления в жизни птиц, определяя экологию их гнездования, миграций и зимовок.

Около семидесяти лет назад возникла экспериментальная систематика, включающая в концепцию вида множественность разнохарактерных факторов:

генетических, статистических, экологических, биохимических, физиологических. Главным из них является питание. Оно обеспечивает однородность биохимического состава организма, его биохимические и другие процессы, обуславливается одним из них и служит источником проявления и формирования других [5]. Поведение играет огромную роль в пицедобывательной деятельности животных.

Пицедобывание — сложный акт, включающий генетически детерминированный стереотип поведения, сложившийся в эволюции в соответствии с особенностями биологии как самого охотника, так и его жертвы, и дополнительным (особенно у высших позвоночных животных) индивидуальным опытом данной особи. Группа рефлексов, связанных с переходом к самостоятельному питанию, реализуется в программе развития позднее, совпадая с первым проявлением этих реакций в естественных условиях. Позднее на врожденную программу поведения накладываются индивидуальный опыт, обучение и пр. так, что поведение приобретает сложные биологически адекватные формы. Стимуляция пищевого поведения имеет сложный характер и сочетает внутренние и внешние раздражители. У позвоночных животных регуляция интенсивности кормления в каждый данный момент определяется внутренними стимулами, среди которых особенно важны содержание сахара в крови и степень наполнения желудка. Существенное значение имеет и химический состав пищи: полноценная по калорийности и соотношению составных частей пища быстрее вызывает состояние насыщения и, соответственно, снижает кормовую активность. Все сигналы, поступающие от различных рецепторов, преобразуются через центральные нервные механизмы на уровне гипоталамуса. В гипоталамусе, по современным представлениям, располагаются отдельные центры голода и сытости; скоординированные сигналы от этих двух структур определяют общий характер ритма кормления. Помимо внутренней стимуляции, кормовая активность регулируется ритмом пищевых центров гипоталамуса, находящимся под контролем некоторых внешних факторов, в первую очередь фотопериода [7].

И в морфологии пицеварительной системы, и в биологических особенностях питания птиц много адаптивных черт, связанных с полетом. Первейшая их особенность — быстрота переваривания в организме пищевых масс. В этом отношении птицы далеко обогнали не только своих пойкилотермных предков — пресмыкающихся, — но и млекопитающих. Водяные ягоды проходят через пицеварительный тракт у славков и свиристелей за 10 минут. Насекомоядные птицы питаются 5–6 раз в день. Зерноядные в обычных условиях — 2 раза в день, но во время миграционной гиперфагии интенсивность их питания резко возрастает. Чжи и зяблики, поедая даже мелкие, с маковое зерно, семена, наполняют желудок за 15–20 минут, а через час их кишечник уже пуст.

Скорость полета, в том числе и при добывании пищи, у птиц велика. Так, грачи развивают скорость 65 км/час, скворцы — 70–80 км/час, серый журавль

и крупные чайки — 50 км/час, зяблики, чижи — 55 км/час, ласточки-касатки — 60 км/час, дикие гуси — 70 км/час, кулики — в среднем 90 км/час. Быстрее всех летают стрижи: черный стриж летает со скоростью 110–150 км/час, а стриж колючехвостый считается самой быстрой птицей, его скорость составляет 170 км/час.

Таким образом, следует учитывать, что у птиц существует очень широкий спектр как типов полета, так и типов пищевой специализации. Часто они перекрываются, хотя бывают и исключения. Среди птиц с одинаковой пищевой специализацией встречаются виды с разными типами полета, и наоборот. Исходя из этого возникает вопрос: в какой степени взаимосвязаны типы полета и пищевая специализация различных птиц?

Целью нашего исследования явилось изучение особенностей цитоархитектоники конечного мозга у птиц с различной пищевой специализацией и полетом. Для эксперимента нами были выбраны представители из отряда воробьинообразные: зяблик (*Fringilla coelebs*) — зерноядная птица с прерывистым типом полета, мухоловка-пеструшка (*Ficedula hypoleuca*) — насекомоядная птица с прерывистым типом полета, а также из отряда стрижеобразные — стриж черный — насекомоядная птица с поисковым типом полета (*Apus apus*).

У названных птиц исследовали цитоархитектонику полей *Hyperstriatum accessorium* (Ha), *Hyperstriatum dorsale* (Hd), входящих в состав *Wulst* формации, который является высшим интегративным центром обработки информации конечного мозга птиц. В *Wulst* также находится центральная область таламофугальной проекции, т. е. данная структура является проекционной зоной зрительного и соматосенсорного анализаторов. В предыдущих работах были специально разработаны критерии прогрессивного строения мозга птиц на гистологическом уровне. Так, прогрессивные изменения структуры в конечном мозге птиц сопровождаются: а) увеличением количества и размеров нейроглиальных комплексов; б) уменьшением линейных размеров одиночных клеток во всех полях стриатума; в) разнообразием форм одиночных нейронов, особенно звездчатых; г) увеличением количества одиночных нейронов [1, 2].

Материалы и методы исследований

Для исследования цитоархитектонических структур использовали конечный мозг 5 взрослых особей стрижа черного (*Apus apus*), мухоловки пеструшки (*Ficedula hypoleuca*) и зяблика (*Fringilla coelebs*), добытых в городе Чебоксары и его окрестностях. После декапитации мозг птиц извлекали из черепа, фиксировали в 70%-ном этиловом спирте и обрабатывали по стандартной методике Ниссля: проводка в растворах спирт-хлороформа, заливка

в парафин и окраска срезов толщиной 20 мкм крезильным фиолетовым [6]. Для исследования citoархитектонических структур брали каждый десятый срез. Подсчет количества структурных клеточных элементов (глия, нейрон и нейроглиальный комплекс — НГК) проводился с их фотографий, полученных с помощью цифровой камеры Canon Power Shot G-5 с переходником Carl Zeiss и микроскопа «Микмед-2». Распределение нейронов по классам проводили в соответствии с разработанной классификацией [1]. Для обработки данных использовался факторный анализ. Суть факторного анализа состоит в том, что с его помощью можно выделить основные направления изменчивости объектов по сравниваемым признакам и определить, какие признаки более значимы в заданных направлениях. Факторы последовательно выделяются один за другим. Так как каждый последующий фактор определяется так, чтобы максимизировать изменчивость, оставшуюся от предыдущих, то факторы оказываются независимыми друг от друга. Другими словами, некоррелированными или ортогональными [4]. В условных обозначениях на рисунках первая буква означает структурный компонент — г — глия, н — нейрон, к — комплекс, в — веретеновидные нейроны, п — пирамидовидные нейроны, з — звездчатые нейроны; вторая буква означает вид птицы: з — зяблик, с — стриж, м — мухоловка-пеструшка.

Результаты исследований

На рисунке 1 показан анализ количества нейронов, глии и нейроглиальных комплексов. По основному фактору 1 более скоррелированными оказались признаки нейронов зяблика и мухоловки-пеструшки, а также глии зяблика и комплексов стрижа. По второстепенному фактору 2 большие нагрузки наблюдаются для параметров глии мухоловки и стрижа, комплексов мухоловки и зяблика, а также нейронов зяблика. На рисунке 2 представлен анализ количества типов нейронов. По фактору 1 большие нагрузки имеют параметры веретеновидных клеток мухоловки и зяблика и звездчатых клеток зяблика. По фактору 2 наиболее скоррелированными оказались параметры пирамидных клеток стрижа и мухоловки-пеструшки, звездчатых клеток стрижа, мухоловки и зяблика, а также веретеновидные клетки у мухоловки.

При этом большинство параметров стрижа больше скоррелированы с таковыми мухоловки. На рисунке 3 при общем сравнении типов нервных клеток и классов нейронов обращает на себя внимание следующая тенденция. Параметры стрижа располагаются с левого края графика. Они слабо скоррелированы с данными других изученных птиц. Данные мухоловки хотя и плотно скоррелированы с зябликом, но находятся ближе к стрижу.

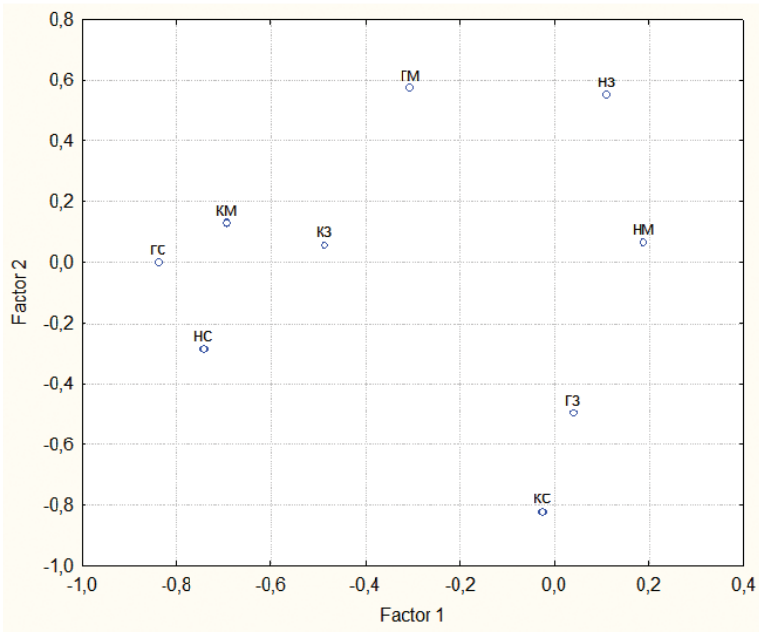


Рис. 1. Количество нервных клеток и комплексов гиперстриатума конечного мозга стрижа, пеструшки и зяблика

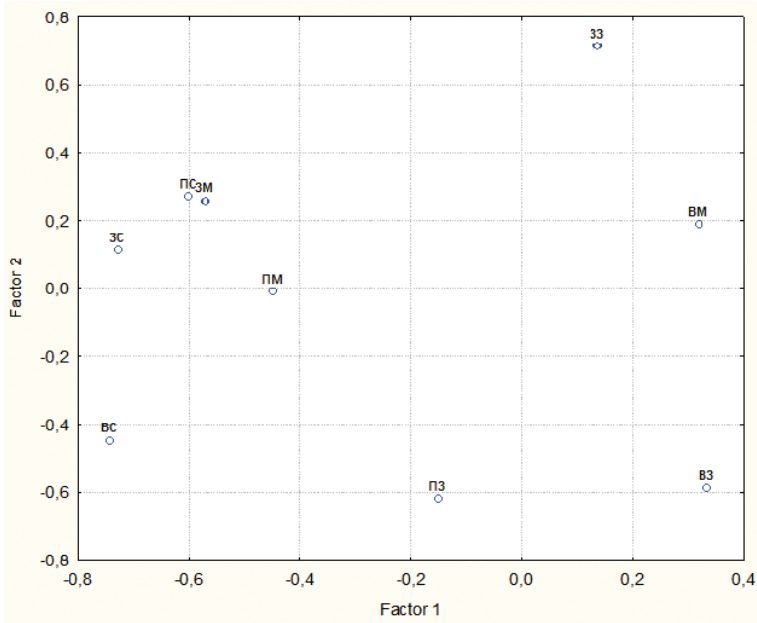


Рис. 2. Факторный анализ количества типов нейронов в гиперстриатуме конечного мозга стрижа, пеструшки и зяблика

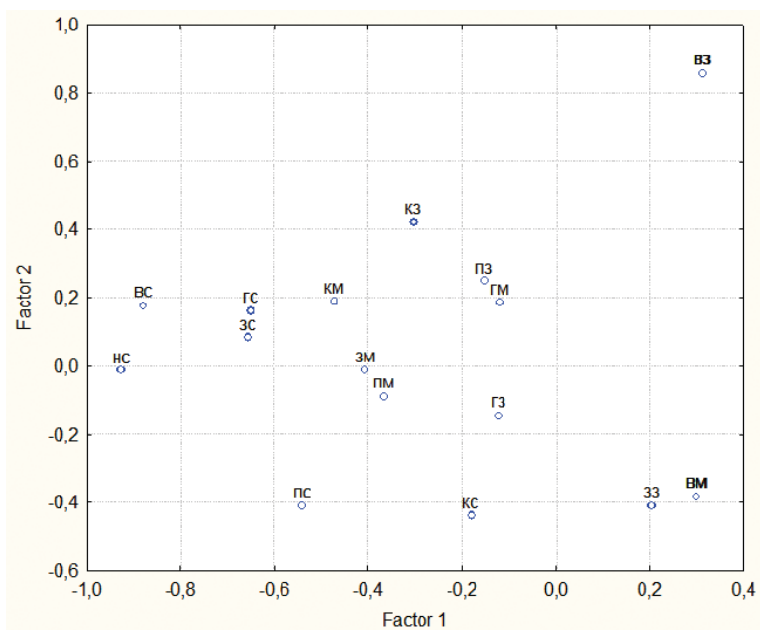


Рис. 3. Факторный анализ параметров количества структурных компонентов гиперстриатума конечного мозга стрижа, пеструшки и зяблика

Заключение

Таким образом, наиболее четкими индикаторами степени пищедобывательного поведения у птиц оказались различные классы нейронов по сравнению с типами нервных клеток и комплексов. При этом морфотип стрижа — насекомоядной и быстро летающей птицы — отличен от морфотипа также насекомоядной, но хуже летающей мухоловки и зерноядного и относительно слабо летающего зяблика. В то же время важно отметить, что морфотип зерноядного зяблика более сходен с таковым насекомоядной мухоловки-пеструшки, чем с морфотипом насекомоядного стрижа. Очевидно, что обитание в одинаковых лесных биотопах мухоловки-пеструшки и зяблика формирует сходные корреляционные связи в структуре их конечного мозга по сравнению со свободно летающим стрижем.

Список источников

1. Воронов Л. Н., Шуканов А. А., Григорьев С. Г. Способ классификации нервных клеток, окрашенных по методу Ниссля. Приоритет изобретения № 2002124688/20(026086) от 03.02.2003.
2. Воронов Л. Н. Морфофизиологические закономерности совершенствования головного мозга и других органов птиц: монография. М.: Изд-во МГУ, 2003. 111 с.

3. Воронов Л. Н. Эволюция поведения и головного мозга птиц: монография., Чебоксары: Изд-во ЧГПУ, 2004. 210 с.
4. Окунь Я. Факторный анализ. М.: Статистика, 1974. 254 с.
5. Рахилин В. К. Пища — ведущий фактор в видообразовании и эволюции птиц // Достижения и проблемы орнитологии Северной Евразии на рубеже веков. Казань: Магариф, 2001. С. 182–187.
6. Ромейс Р. Микроскопическая техника. М.: Зарубежная литература, 1956. 456 с.
7. Шилов И. А. Физиологическая экология животных. М.: Высшая школа, 1985. 328 с.
8. Чельцов-Бebutov А. М. Экология птиц. М.: Изд-во МГУ, 1982. 128 с.

References

1. Voronov L. N., Shukanov A. A., Grigor'ev S. G. Sposob klassifikacii nervny'x kletok, okrashenny'x po metodu Nisslya. Prioritet izobreteniya № 2002124688/20(026086) ot 03.02.2003.
2. Voronov L. N. Morfofiziologicheskie zakonomernosti sovershenstvovaniya golov-nogo mozga i drugix organov pticz: monografiya. M.: Izd-vo MGU, 2003. 111 s.
3. Voronov L. N. E'volyuciya povedeniya i golovnogo mozga pticz: monografiya., Cheboksary': Izd-vo ChGPU, 2004. 210 s.
4. Okun' Ya. Faktorny'j analiz. M.: Statistika, 1974. 254 s.
5. Raxilin V. K. Pishha — vedushhij faktor v vidoobrazovanii i e'volyucii pticz // Dostizheniya i problemy' ornitologii Severnoj Evrazii na rubezhe vekov. Kazan': Magarif, 2001. S. 182–187.
6. Romejs R. Mikroskopicheskaya texnika. M.: Zarubezhnaya literatura, 1956. 456 s.
7. Shilov I. A. Fiziologicheskaya e'kologiya zhivotny'x. M.: Vy'sshaya shkola, 1985. 328 s.
8. Chel'czov-Bebutov A. M. E'kologiya pticz. M.: Izd-vo MGU, 1982. 128 s.