

УДК 612.821.6

DOI 10.25688/2076-9091.2020.38.2.3

Л. Н. Воронов

Эколого-морфологический анализ конечного мозга клеста-еловика (*Loxia curvirostra*) и щегла (*Carduelis carduelis*)

В статье исследуется структура конечного мозга двух видов птиц семейства вьюрковых в связи с развитием их рассудочной деятельности и кормовым поведением. Показано, что у чижа лучше развиты манипуляционные способности в кормовом поведении, а у клеста — бинокулярное зрение и высшая нервная деятельность.

Ключевые слова: конечный мозг; птицы; нейроны; поведение.

Введение

Птиц семейства вьюрковые отличают высокая специализация в способе обработке семян от оболочки. Питаются они преимущественно растительным кормом (семенами, зернами и ягодами), в незначительной степени — насекомыми во время гнездования.

А. Г. Резановым [12] были проведены исследования кормового поведения представителей семейства вьюрковые — зяблика, щегла, зеленушки, клеста-еловика и т. п. — в лесных местообитаниях [13, 14]. Так, было установлено, что количество кормовых методов, используемых клестами, соответствует 35 (для голубей — 11 и серой вороны — 75).

В работе Т. А. Обозовой и др. [11] представлена методика, позволяющая исследовать рассудочную деятельность у воробьиных птиц. На пяти клестах (*Loxia curvirostra*) были показаны возможности использования данного метода для оценки их умения к формированию обобщения. Все пять клестов были научены правилу выбора по признаку «большее множество» в диапазоне 1–10. Птицы перенесли его на стимулы, отличающиеся от использованных при обучении. Была показана способность клестов к выработке обобщения по признаку «больше». Таким образом, у клестов, обладающих малопластичным кормовым поведением, обнаружена способность к обобщению — одному из важнейших факторов когнитивного поведения.

Изучение строения зон конечного мозга с целью выявления связи с окружающей средой проводили также Т. Б. Голубева и др. [7], Корнеева и др. [8, 9]. Изучались и прогрессивные изменения морфологической основы поведения

птиц [1, 2, 5]. В работах этих авторов было установлено, что изменения структур мозга связаны с уменьшением размеров одиночных нейронов, увеличением числа и размеров нейроглиальных комплексов, увеличением количества одиночных клеток и разнообразием их форм. Исследования последних лет показывают, что факторами прогресса конечного мозга птиц также являются степень развития: асимметрии их конечного мозга [3], взаиморасположения клеток и надклеточных структур [6], а также величина комплексно-глио-нейронального индекса [5].

Структура конечного мозга птиц Wulst (зоны Na и Hd), расположенная в ростродорзальной части полушарий, является гомологом коры млекопитающих. Наиболее ростральная обслуживает моторные функции. Более каудально расположена соматосенсорная зона и, наконец, еще каудальнее — высший зрительный центр, в основном таламофугального зрительного пути.

Когнитивные способности птиц обеспечиваются в большей мере каудолатеральным нидопаллиумом (NCL). NCL обеспечивает связь сенсорных, моторных и ассоциативных систем, т. е. рабочую память, а также функции, отражающие способность генерировать эффективные стратегии и планировать будущее поведение [15]. Поле М отвечает за зрительно-двигательную активность, птенцовый импринтинг и обоняние [10].

Методы и методология исследования

Работу выполняли в 2010–2019 гг. в Чувашском государственном педагогическом университете им. И. Я. Яковлева. В работе использован конечный мозг 5 взрослых самцов клеста-еловика (*Loxia curvirostra*) и щегла (*Carduelis carduelis*). После извлечения мозга его фиксировали в спирте с заливкой в парафин. Исследовали каждый двадцатый срез мозга. Препараты фотографировали цифровой камерой Canon Power Shot G5. Площадь контрольного поля равнялась $4,41 \times 10^{-2}$ мм². Измерение клеток проводилось в 10 полях зрения. Исследовались три основные зоны: Nucleus accumbens (Na), Nucleus dorsalis (Nd), Nucleus mesencephalicus (M).

С использованием компьютерной программы собственной разработки обрабатывались следующие параметры: площадь профильного поля (ППП) нейроглиальных комплексов, нейронов и глии. Площадь профильного поля (ППП) — это наибольшая площадь проекции тела данного элемента (или площадь наибольшего сечения).

Для обработки результатов использовали статистическую программу STATISTICA 10. Для определения достоверности различий применяли критерий Вилкоксона для непараметрических данных.

В работе приняты следующие сокращения: Г — глия; Н — нейроны; К — нейроглиальные комплексы; ППП — площадь профильного поля;

Поле **Ha** — Hyperpallium apicale; Поле **Hd** — Hyperpallium densocellulare; Поле **M** — Mesopallium.

Обозначения на рисунках 1–4:

Haг — ППП глиии в зоне *Ha*; Hdг — ППП глиии в зоне *Hd*; Mg — ППП глиии в зоне *M*; Hаn — ППП нейронов в зоне *Ha*; Hdн — ППП нейронов в зоне *Hd*; Mg — ППП нейронов в зоне *M*; Haг — ППП комплексов в зоне *Ha*; Hdг — ППП комплексов в зоне *Hd*; Mg — ППП комплексов в зоне *M*.

Результаты исследования

Как видно из рисунков 1 и 2, площадь профильного поля глиии и нейронов у изученных птиц имеют сходные средние значения и изменчивость, а нейроглиальные комплексы различаются. У клеста средняя и изменчивость комплексов увеличиваются от зоны *Ha* до *M*, а у щегла большие значения в поле *Hd*, а *Ha* и *M* примерно равны.

Рисунок 3 демонстрирует по фактору 1 у клеста в конечном мозге большие корреляционные связи нейронов в зоне *M* и глиии в зоне *Ha*, а по фактору 2 — комплексов в зонах *Ha* и *M*, а также глиии в зоне *Hd*. На рисунке 4 мы видим, что сильные корреляционные связи у чижа наблюдаются по фактору 1 между комплексами зон *Ha* и *M*, а по фактору 2 — комплексами и нейронами в поле *Hd*.

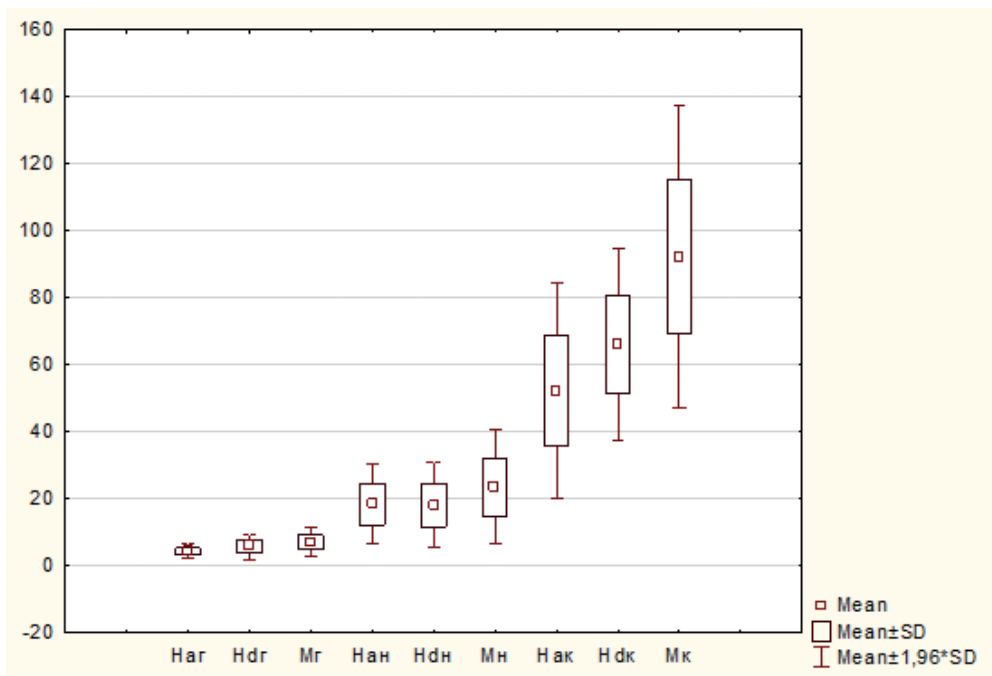


Рис. 1. Статистический анализ структурных компонентов в зонах конечного мозга клеста-еловика

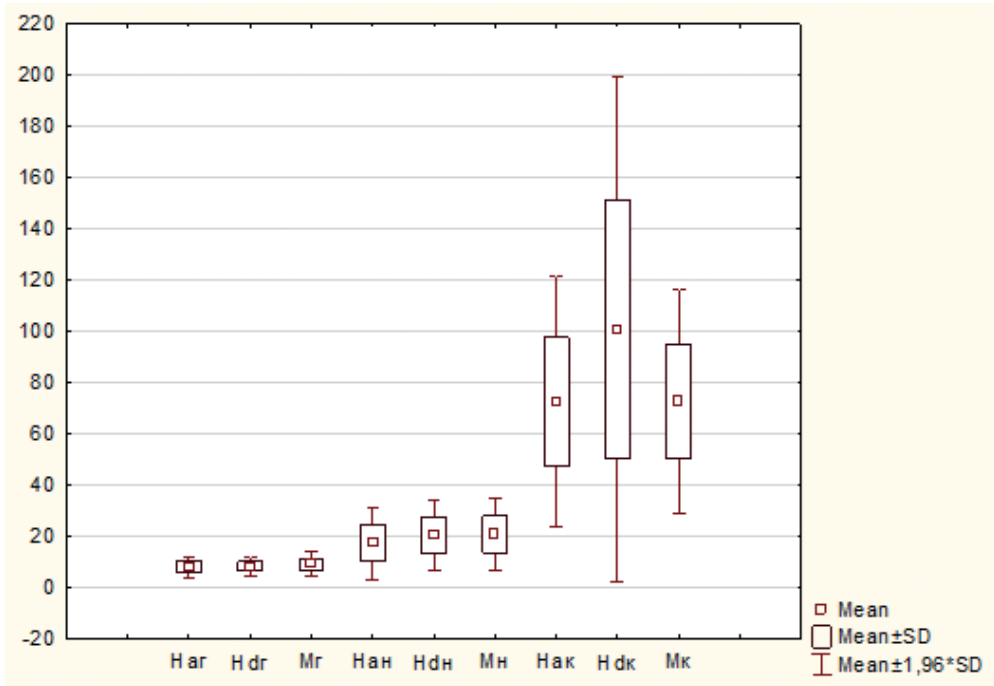


Рис. 2. Статистический анализ структурных компонентов в зонах конечного мозга щегла

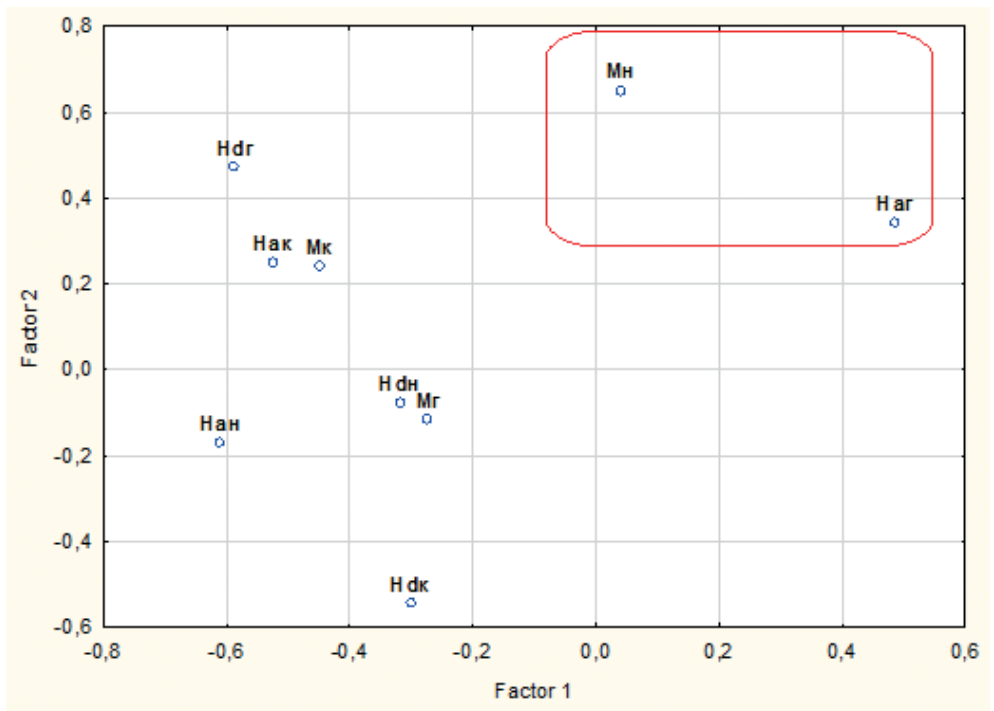


Рис. 3. Факторный анализ структурных компонентов в зонах конечного мозга клеста

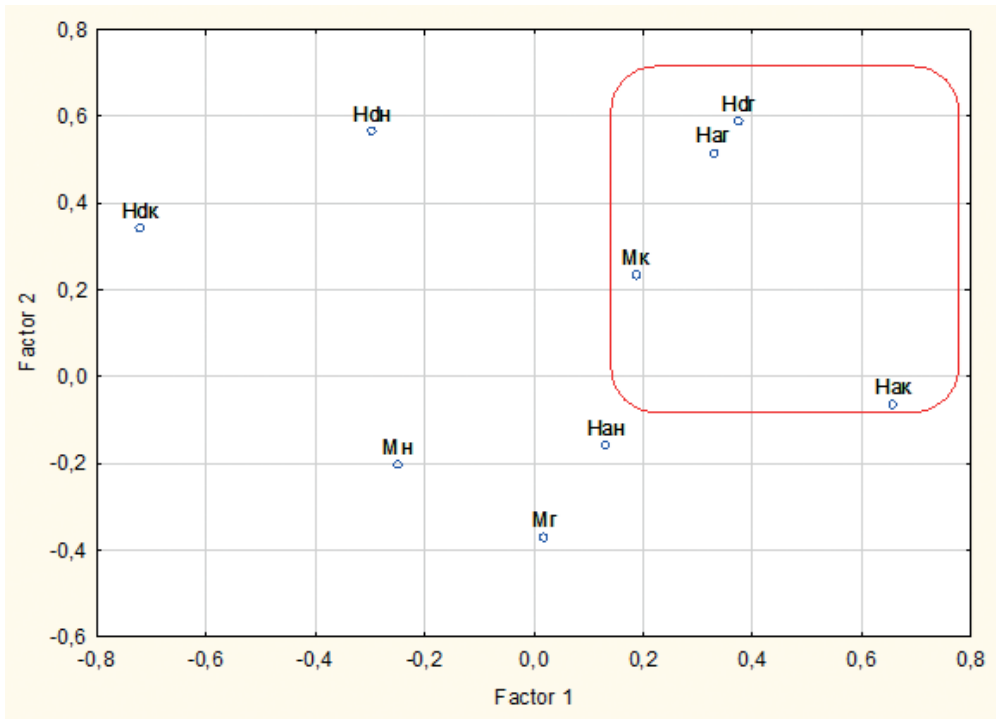


Рис. 4. Факторный анализ структурных компонентов в зонах конечного мозга щегла

Таким образом, у чижа оказывается большая ППП комплексов в зоне *Hd*, которая отвечает за манипуляционные способности в кормовом поведении, тем более что именно в комплексах происходит обработка информации.

Факторный анализ показал у чижа сильные корреляционные связи комплексов в поле *Ha* (высшая нервная деятельность и бинокулярное зрение) и поле *M* (зрительно-двигательная активность и обоняние). У клеста — сильные связи в поле *M* у нейронов (передача информации) и глией (обслуживание нейронов) в поле *Ha*. Можно предположить, что у чижа лучше развиты манипуляционные способности в кормовом поведении, а у клеста — бинокулярное зрение и высшая нервная деятельность.

Литература

1. Андреева Н. Г., Обухов Д. К. Эволюционная морфология нервной системы позвоночных. СПб.: Лань, 1999. 384 с.
2. Богословская Л. С., Поляков Г. И. Пути морфологического прогресса нервных центров у высших позвоночных. М.: Наука, 1981. 160 с.
3. Воронов Л. Н., Алексеева Н. В., Романова Н. М. Эколого-морфологические особенности асимметрии конечного мозга птиц // Изучение птиц на территории Волжско-Камского края. Чебоксары, 2007. С. 21–25.

4. Воронов Л. Н., Исаков Г. Н., Константинов В. Ю., Герасимов А. Е., Яндайкин С. С. Индексы структурных компонентов конечного мозга как индикатор сложного поведения птиц // Русский орнитологический журнал. 2013. Т. 22. Экспресс-выпуск 906. С. 2113–2116.
5. Воронов Л. Н., Исаков Г. Н., Константинов В. Ю., Герасимов А. Е., Яндайкин С. С. Индексы структурных компонентов конечного мозга как индикатор сложного поведения птиц // Русский орнитологический журнал. 2013. Т. 22. Экспресс-выпуск 906. С. 2113–2116.
6. Воронов Л. Н., Константинов В. Ю. Новая методика оценки взаиморасположения структурных компонентов в нервной ткани // Морфология в теории и практике: сб. материалов и тезисов. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2012. С. 159–162.
7. Голубева Т. Б., Зуева Л. В., Корнеева Е. В., Хохлова Т. В. Развитие фоторецепторных клеток сетчатки и нейронов Wulst у птенцов мухоловки-пеструшки *Ficedula hypoleuca* // Орнитология. 2001. Т. 29. С. 188–202.
8. Корнеева Е. В. Ориентация дендритов у нейронов Wulst при смене форм зрительно направляемого поведения птенцов мухоловки-пеструшки // Журнал эвол. биохим. и физиол. 1995. Т. 31. С. 642–652.
9. Корнеева Е. В., Шулейкина К. В. Морфогенез нейронов Wulst в условиях зрительной депривации // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 1999. Т. 49. С. 320–325.
10. Моренков Э. Д. Проекционные отношения в зрительном анализаторе птиц. Анализаторные системы и ориентационное поведение. М., 1971. С. 39–41.
11. Обозова Т. А., Смирнова А. А., Зорина З. А. Клесты-еловики (*Loxia curvirostra*) способны к обобщению признака «больше» // Журнал высшей нервной деятельности. 2009. Т. 59. № 3. С. 305–312.
12. Резанов А. Г. Кормовое поведение птиц: метод цифрового кодирования и анализ базы данных. М.: Школа, 2000. 223 с.
13. Резанов А. Г. Метод цифрового кодирования и оценка разнообразия кормового поведения птиц (на примере *Corvus cornix* и *Corvus corone*) // Достижения и проблемы орнитологии Северной Евразии на рубеже веков: тр. Межд. конф. «Актуальные проблемы изучения и охраны птиц Вост. Европы и Сев. Азии». Казань, 2001. С. 337–353.
14. Резанов А. Г., Резанов А. А. Клест-еловик (*Loxia curvirostra*) добывает корм на каменном здании // Русский орнитологический журнал. 2009. № 472. Т. XVIII. С. 465–467.
15. Güntürkün O., Stasho M., Ströckens F. The brains of reptiles and birds // Evolution of Nervous Systems / ed. J. Kaas. 2nd ed. London, 2017. P. 173–221.

Literatura

1. Andreeva N. G., Obuxov D. K. E`volyucionnaya morfologiya nervnoj sistemy` pozvonochny`x. SPb.: Lan`, 1999. 384 s.
2. Bogoslovskaya L. S., Polyakov G. I. Puti morfologicheskogo progressa nervny`x centrov u vy`sshix pozvonochny`x. M.: Nauka, 1981. 160 s.
3. Voronov L. N., Alekseeva N. V., Romanova N. M. E`kologo-morfologicheskie osobennosti asimmetrii konechnogo mozga ptic // Izuchenie ptic na territorii Volzhsko-Kamskogo kraja. Cheboksary`, 2007. S. 21–25.

4. Voronov L. N., Isakov G. N., Konstantinov V. Yu., Gerasimov A. E., Yandajkin S. S. Indeksy` strukturny`x komponentov konechnogo mozga kak indikator slozhnogo povedeniya pticz // Russkij ornitologicheskij zhurnal. 2013. T. 22. E`kspress-vy`pusk 906. S. 2113–2116.
5. Voronov L. N., Isakov G. N., Konstantinov V. Yu., Gerasimov A. E., Yandajkin S. S. Indeksy` strukturny`x komponentov konechnogo mozga kak indikator slozhnogo povedeniya pticz // Russkij ornitologicheskij zhurnal. 2013. T. 22. E`kspress-vy`pusk 906. S. 2113–2116.
6. Voronov L. N., Konstantinov V. Yu. Novaya metodika ocenki vzaimoraspologheniya strukturny`x komponentov v nervnoj tkani // Morfologiya v teorii i praktike: sb. materialov i tezisov. Cheboksary` : Izd-vo Chuvash. un-ta, 2012. S. 159–162.
7. Golubeva T. B., Zueva L. V., Korneeva E. V., Xoxlova T. V. Razvitie fotoreceptorny`x kletok setchatki i neyronov Wulst u ptenczov muxolovki-pestrushki *Ficedulahypoleusa* // Ornitologiya. 2001. T. 29. S. 188–202.
8. Korneeva E. V. Orientaciya dendritov u neyronov Wulst pri smene form zritel`noj napravlyaemogo povedeniya ptenczov muxolovki-pestrushki // Zhurnal e`vol. bioxim. i fiziol. 1995. T. 31. S. 642–652.
9. Korneeva E. V., Shulejkina K. V. Morfogenez neyronov Wulst v usloviyax zritel`noj deprivacii // Zhurnal vy`shej nervnoj deyatel`nosti im. I. P. Pavlova. 1999. T. 49. S. 320–325.
10. Morenkov E. D. Proekcionny`e otnosheniya v zritel`nom analizatore pticz. Analizatorny`e sistemy` i orientacionnoe povedenie. M., 1971. S. 39–41.
11. Obozova T. A., Smirnova A. A., Zorina Z. A. Klesty`-eloviki (*Loxia curvirostra*) sposobny` k obobshheniyu priznaka «bol`she» // Zhurnal vy`shej nervnoj deyatel`nosti. 2009. T. 59. № 3. S. 305–312.
12. Rezanov A. G. Kormovoe povedenie pticz: metod cifrovogo kodirovaniya i analiz bazy` danny`x. M.: Shkola, 2000. 223 s.
13. Rezanov A. G. Metod cifrovogo kodirovaniya i ocenka raznoobraziya kormovogo povedeniya pticz (na primere *Corvus cornix* i *Corvus corone*) // Dostizheniya i problemy` ornitologii Severnoj Evrazii na rubezhe vekov: tr. Mezhd. konf. «Aktual`ny`e problemy` izucheniya i ohrany` pticz Vost. Evropy` i Sev. Azii». Kazan`, 2001. S. 337–353.
14. Rezanov A. G., Rezanov A. A. Klyost-elovik (*Loxia curvirostra*) doby`vaet korm na kamennom zdanii // Russkij ornitologicheskij zhurnal. 2009. № 472. T. XVIII. S. 465–467.
15. Güntürkün O., Stasho M., Ströckens F. The brains of reptiles and birds // Evolution of Nervous Systems / ed. J. Kaas. 2nd ed. London, 2017. P. 173–221.

L. N. Voronov

Eco-Morphological Analysis of the Fore Brain Crossbill (*Loxia curvirostra*) and Goldfinch (*Carduelis carduelis*)

The article investigates the structure of the fore brain of two species of Finch birds in connection with the development of their intellectual activity and feeding behavior. It is shown that the Siskin has better developed manipulative abilities in feeding behavior, while the mite has binocular vision and higher nervous activity.

Keywords: fore brain; birds; neurons; behavior.