

Опубликовано в:

Современные проблемы биологической эволюции: материалы конференции. К 100-летию Государственного Дарвиновского музея. 17-20 сентября 2007, г. Москва. – М.: Изд-во ГДМ, 2007. стр. 221-223.

Обучение как решающий фактор эволюции функциональных систем

Анохин К.В.¹, Бэйтсон П.П.Г.², Бурцев М.С.^{1,3}

¹ Институт нормальной физиологии РАМН, Москва, Россия; ² Кембриджский Университет, Кембридж, Великобритания; ³ Институт прикладной математики РАН, Москва, Россия
mbur@ya.ru

Одной из наиболее острых проблем, стоящих перед современной эволюционной теорией, является вопрос об эволюционном возникновении новых форм поведения. Нейробиологические исследования последних лет показывают, что в основе эволюционно сформированного поведения лежит координированная активность миллионов нервных клеток, образование специфических связей между которыми требует участия сотен генов. С одной стороны, для возникновения такой новой интеграции кажется очевидной необходимость одновременного появления многих комплементарных генетических изменений, в противном случае функция не будет обеспечена и организм не получит адаптивного преимущества в естественном отборе. С другой стороны, вероятность синхронного совпадения такого большого числа благоприятных мутаций чрезвычайно мала. Данное противоречие составляет одну из главных проблем в теории эволюции поведения. Еще более глубоким является вопрос о механизмах эволюционного возникновения сложных поведенческих паттернов. Каким образом в филогенезе выстраиваются сцепленные последовательности поведенческих актов, где животное должно выполнить серию действий, каждое из которых недостаточно для адаптации, но своим удачным завершением запускает активацию следующего поведенческого этапа, ведущего к окончательному приспособительному результату?

В поисках ответов на данные вопросы мы исходим из теории системогенеза, разработанной в первоначальной форме П.К.Анохиным (1948, 1949). В ее основе лежит представление о функциональных системах - комплексах распределенных морфологических элементов, взаимодействующих получению целым организмом тех или иных адаптивных результатов. Теория системогенеза исследует механизмы возникновения таких физиологических интеграций - в эволюции, в индивидуальном развитии и при обучении в меняющихся условиях среды. В решении вопроса об эволюционном возникновении функциональных систем она опирается на эпигенетические сценарии, предложенные в конце XIX века Морганом, Болдуином и Осборном (1898) и получившие развитие в работах Шмальгаузена (1939) и Уоддингтона (1942). Согласно теории, эволюционно новые функциональные системы первоначально формируются в ходе процессов индивидуального обучения, находящихся и фиксирующих синхронные объединения элементов, содействующих получению адаптивных результатов. При повторении проблемной ситуации на протяжении многих поколений преимущество начинают получать те особи, генетические вариации индивидуального развития которых способствуют более эффективному обучению в данной задаче. Эти систематические накопления изменений развития, фиксируемые естественным отбором, постепенно ведут к возникновению процессов гетерохронного системогенеза – опережающего созревания элементов и связей, избирательно подготавливающих организм к соответствующей экологической задаче. Таким образом, в процессе эволюции внутри вида происходит постепенный переход адаптивных поведенческих актов из приобретенной формы в эволюционно стабилизированную, реализующуюся в развитии.

Насколько адаптивным является такой эволюционный сценарий? В последние 20 лет, начиная с известной работы Хинтона и Нолана (1988), гипотеза об активной роли поведения в эволюции активно исследуется с использованием методов компьютерного моделирования. Однако, модель Хинтона и Нолана обладая простотой, имеет трудности с биологической интерпретацией. Другие исследователи пытаются моделировать эволюционный эффект обучения, как сглаживание долин между пиками на ландшафте приспособленности. Это предположение содержит допущение о том, что животное еще до начала обучения знает, где надо искать «пик» с необходимым поведением. Кроме этого, как показали последние исследования эволюционных ландшафтов Гаврильцом (1997), при высокой размерности пространства пики с высокой приспособленностью не являются изолированными, а соединены множеством проходов. Это значит, что для ускорения эволюции обучение должно помогать в выборе одной из огромного числа почти нейтральных альтернатив, а не в «перепрыгивании» от одного пика к другому через долину с низкой приспособленностью.

В нашей работе мы моделировали эволюцию популяции, в которой репродуктивный успех отдельного индивидуума определялся числом имеющихся у него функциональных систем, т.е. количеством достигаемых им адаптивных результатов. Предполагалось, что реализация каждой функции за исключением одной («базовой») зависит от нескольких уже имеющихся систем, и дополнительно некоторого множества специфичных для данной системы фенотипических элементов. Другими словами, функция 2 включала в себя функцию 1, а функция 3 функции 1 и 2, и т.д. для функций с более высокими номерами. Наличие того или иного фенотипического элемента функциональной системы у конкретного индивидуума определялось аллелями его генных локусов. В процессе «обучения» каждому индивидууму давалось фиксированное число попыток найти недостающие элементы следующих функциональных систем. Репродуктивный успех оценивался после «обучения».

Результаты компьютерных экспериментов с моделью показали, что отключение функции «обучения» в модели значительно замедляло скорость приобретения в процессе эволюции врожденных функциональных систем. При этом отставание нарастало при уменьшении интенсивности мутаций. Таким образом, наличие обучения действительно приводит к значительному ускорению эволюции в модели, что на наш взгляд должно привлечь внимание теоретической и экспериментальной эволюционной биологии на обучение, как один из основных факторов влияющих на направление и скорость эволюционного процесса.

Работа поддержана грантом Royal Society #46501 и грантом РФФИ 07-01-00180