

НЕЛИНЕЙНЫЕ УРАВНЕНИЯ ТИПА РЕАКЦИЯ-ДИФФУЗИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МОРФОГЕНЕЗА ОКРАСКИ ЖИВОТНЫХ

Мазуров М.Е.

Московский государственный университет экономики, статистики и информатики
Россия, 119270 г. Москва, ул. Хамовнический вал, дом 2, кв.104
тел.: (495)242-87-88, E-mail: mazurov37@mail.ru

Рассмотрены математические модели морфогенеза, окраски животных, использующие нелинейные дифференциальные уравнения в частных производных типа реакция - диффузия. Это уравнения Майнхарда - Гирера, Томаса, Белоусова - Жаботинского (брюсселятор), Бонхофера - Ван дер Поля - Фитцхьюго. Формирование множества вариантов окраски достигается использованием определенной геометрии области, ее размеров, начальных условий, ассортимента красящих меланинов, запускаемых автоволновыми процессами. По сути, окраска шкуры - это рождение диссипативной структуры, формирующейся в активной среде, описываемой уравнениями типа реакция-диффузия.

Привлекательность нашей модели заключается в ее математическом богатстве и поразительной способности давать структуры, соответствующие наблюдаемым в природе. В реакционно-диффузионных моделях предполагается, что один из морфогенов является активатором, который заставляет меланоциты производить меланин какого-либо вида, например черного, а другой - ингибитором, дающим команду пигментным клеткам не вырабатывать меланин.

Для пятнистой и доменной структуры окраски характерна вариабельность, нестабильность ее структуры; для полосатой, имеющей вид расходящихся волн, наоборот, характерна большая устойчивость и стабильность. Полосатую окраску можно связать с активными процессами при морфогенезе, пятнистую - с постепенным разрушением автоволновых процессов, их хаотизацией. При равномерной окраске автоволновые процессы отсутствуют. В работах по морфогенезу окраски пятнистую окраску объясняют образованием доменных структур. Одним из типичных проявлений доменных структур является их мозаичный характер. Окраска мозаичного типа наблюдается у некоторых животных, например, змеи, жирафа, но такая окраска более редкая по сравнению с пятнистой. Более естественно пятнистую окраску можно объяснить образованием кластерных структур при развитии автоволновых процессов, пятна и являются отображением кластеров. В отличие от доменных структур кластеры всегда разделены размытыми границами, что является их характерным свойством.

Приведены ряд примеров моделирования окраски различных животных. Представлены в динамике морфогенез окраски зебры, леопарда, жирафы. Установлена топологическая эквивалентность автоволновых свойств различных математических моделей: Майнхарда - Гирера, Томаса, Белоусова - Жаботинского (брюсселятор), Бонхофера - Ван дер Поля - Фитцхьюго. Установлено, что запуск и остановка морфогенеза окраски происходит под управлением генетического аппарата, а формирование всего богатства окраски - результат образования различных диссипативных структур в ходе развития автоволновых процессов.