

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 574.34

ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ И МАТЕРИНСКОГО ОТБОРА НА ПОДДЕРЖАНИЕ ПОЛИМОРФИЗМА У ДОЛГОЖИВУЩИХ ВИДОВ В ЦИКЛИЧЕСКИ ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ВНЕШНЕЙ СРЕДЕ

О.Л. Жданова^{1,2}, Е.Я. Фрисман²

¹Институт автоматки и процессов управления ДВО РАН,
ул. Радио 5, г. Владивосток, 690041,
e-mail: axanka@iacp.dvo.ru ;

²Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,
ул. Шолом-Алейхема 4, г. Биробиджан, 679016,
e-mail: frisman@mail.ru

Возможности поддержания полиморфизма в условиях изменяющейся среды значительно увеличиваются за счет материнских генетических эффектов и перекрывающихся поколений. В работе исследовано комплексное влияние двух этих факторов при несимметричном циклическом отборе, имитирующем флуктуации внешних условий по аналогии с циклами пищевых ресурсов с редкими всплесками численности жертвы и долгими спадами. Моделирование ориентировано на описание ситуации, наблюдаемой в сообществе «песцы – мышевидные грызуны» и объяснение полиморфизма по размеру помета у песцов.

Ключевые слова: материнский отбор, циклический отбор, генетический полиморфизм, структурированная популяция.

Образец цитирования: Жданова О.Л., Фрисман Е.Я. Влияние возрастной структуры и материнского отбора на поддержание полиморфизма у долгоживущих видов в циклически изменяющейся внешней среде // Региональные проблемы. 2021. Т. 24, № 2–3. С. 188–191. DOI: 10.31433/2618-9593-2021-24-2-3-188-191.

В данной работе мы изучили комплексное влияние материнских генетических эффектов и перекрывающихся поколений на поддержание полиморфизма в циклически изменяющихся условиях. Предполагая несимметричность циклического отбора, мы моделировали флуктуации внешних усло-

вий по аналогии с циклами пищевых ресурсов у песцов: с редкими всплесками численности жертвы и долгими спадами. В этом случае большую часть времени преимущество оказывается у рецессивного генотипа, который обладает меньшим репродуктивным потенциалом, но более приспособлен к огра-

ничениям по пищевым ресурсам, что можно наблюдать у песцов, на которых мы ориентировались при моделировании.

В однородной популяции материнский отбор всегда расширяет область полиморфизма по сравнению с простым отбором; удлинение внешнего цикла ожидаемо сужает ее, так же как и уменьшение разницы в репродуктивных потенциалах генотипов (m). Результаты действия комплекса факторов – материнского отбора и перекрывающихся поколений – оказались значительно менее предсказуемы. Хотя практически всегда можно наблюдать расширение области полиморфизма за счет перекрывающихся поколений, четные и нечетные циклы создают разные формы областей существования полиморфизма с отличающимися эффектами. Так, нечетные внешние циклы при низкой выживаемости особей репродуктивного возраста (c) дают лишь незначительное расширение области существования полиморфизма (при $c=0$ диапазон значений параметра, характеризующего преимущество по выживаемости менее плодовитых генотипов при недостатке пищевых ресурсов (k), обеспечивающих полиморфизм, практически совпадает с его диапазоном в однородной популяции); с ростом выживаемости репродуктивных особей эта область расширяется, а расширение области за счет материнского отбора плавно уменьшается. Для четных циклов, наоборот, при небольшой выживаемости репродуктивной группы характерно наибольшее расширение области полиморфизма; при

этом материнской отбор лишь немного расширяет область полиморфизма относительно простого, а при некоторых значениях выживаемости репродуктивной группы даже сужает ее. Вариация соотношения репродуктивных потенциалов генотипов (m) при нечетных циклах практически не меняет форму области существования «защищенного полиморфизма», лишь изменяя диапазон значений k , при которых сохраняется полиморфизм. Если же внешний цикл четный, вариация этого параметра заметно меняет структуру области существования полиморфизма: при большой разнице в репродуктивных потенциалах генотипов материнский отбор заметно расширяет эту область. Меньшая же разница в репродуктивных потенциалах помимо сужения области значений параметра k , обеспечивающих полиморфизм, делает простой отбор более эффективным средством поддержания полиморфизма при небольшой выживаемости репродуктивной группы (рис.).

Проведенное нами моделирование [2] имеет ясную биологическую интерпретацию, т.к. при построении моделей мы в значительной степени ориентировались на ситуацию, наблюдаемую у песцов. Один из основных признаков жизненного цикла этих животных – размер помета – является ограниченным полом женским признаком [1], который подвержен материнскому отбору с циклическими флуктуациями из-за циклов кормовых ресурсов. При этом внешний цикл оказывается несимметричным, так как в течение этого цикла есть только один пик ресурсов и три

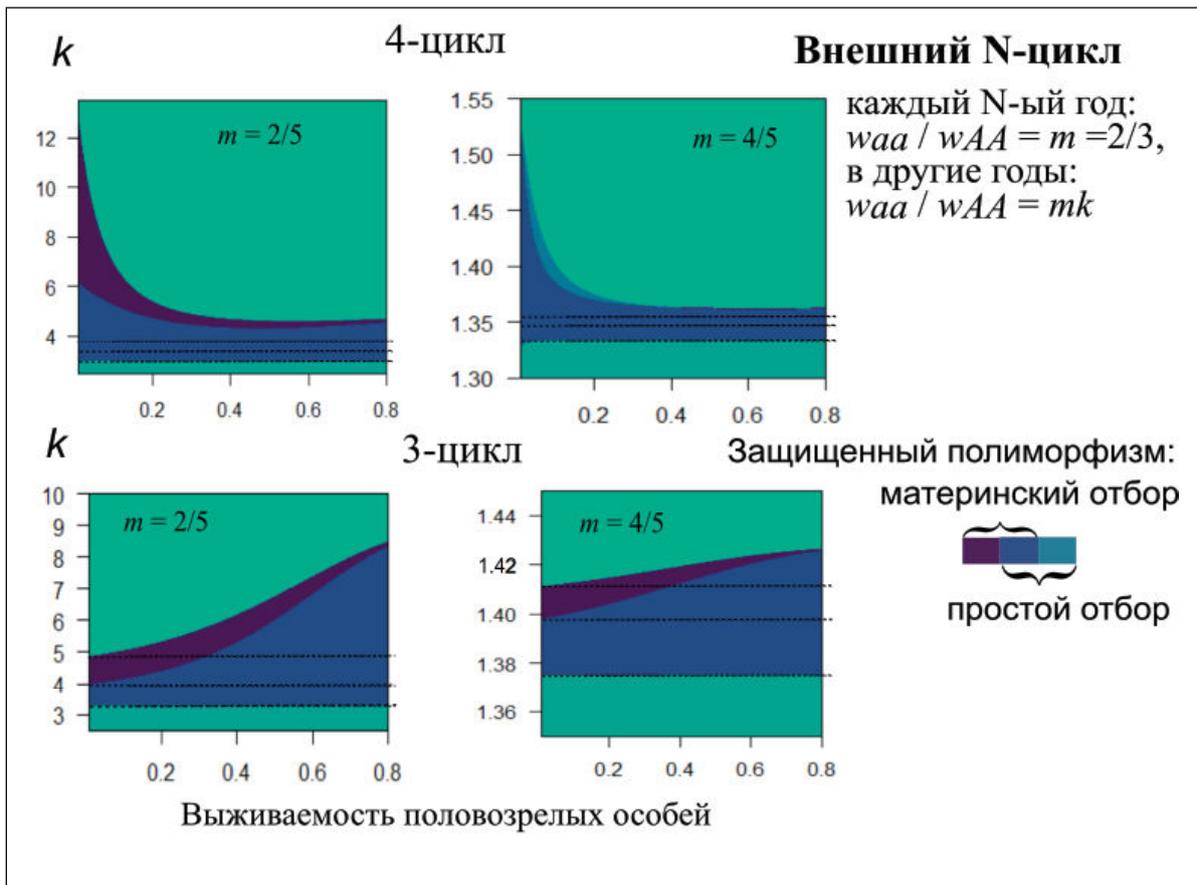


Рис. Форма области поддержания полиморфизма в популяции с неперекрывающимися поколениями для двух видов отбора (простого и по материнской линии) для четных и нечетных циклов внешних условий

Fig. Form of polymorphism maintenance area in a population with non-overlapping generations for two types of selection (simple and maternal) for even and odd cycles of external condition

такта с малым их количеством; наиболее плодовитый доминантный генотип при ограничении пищевых ресурсов оказывается менее приспособленным, чем рецессивный генотип с меньшей плодовитостью. Кроме того, песцы являются долгоживущим видом, характеризующимся стадийной структурой. А вопрос о поддержании полиморфизма по размеру помета у этого вида не вполне ясен. Проведенное в данной ра-

боте моделирование показало, что материнский отбор и наличие возрастной структуры увеличивают возможность сохранения полиморфизма в популяции континентальных песцов.

Работа выполнена в рамках государственных заданий Института автоматизации и процессов управления ДВО РАН, Института комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Axenovich T.I., Zorkoltseva I.V., Akberdin I.R. et al. Inheritance of litter size at birth in farmed arctic foxes (*Alopex lagopus*, Canidae, Carnivora) // *Heredity*. 2007. Vol. 98. P. 99–105.
2. Zhdanova O.L., Frisman E. Ya. Genetic polymorphism under cyclical selection in long-lived species: the complex effect of age structure and maternal selection // *J. Theor. Biol.* 2021. Vol. 512. P. 110564.

REFERENCES:

1. Axenovich T.I., Zorkoltseva I.V., Akberdin I.R. et al. Inheritance of litter size at birth in farmed arctic foxes (*Alopex lagopus*, Canidae, Carnivora). *Heredity*, 2007, vol. 98, pp. 99–105.
2. Zhdanova O.L., Frisman E. Ya. Genetic polymorphism under cyclical selection in long-lived species: the complex effect of age structure and maternal selection. *J. Theor. Biol.*, 2021, vol. 512, pp. 110564. complex effect of age structure and maternal selection // *J. Theor. Biol.* 2021. V. 512. 110564.

EFFECT OF AGE STRUCTURE AND MATERNAL SELECTION IN POLYMORPHISM MAINTENANCE ON LONG-LIVED SPECIES UNDER A CYCLICALLY CHANGING ENVIRONMENT

O.L. Zhdanova, Frisman E. Ya.

Maternal selection and overlapping generations can facilitate stable coexistence of alleles under temporally fluctuating environment. The work studies a complex effect of both factors under asymmetric cyclic selection, which simulates environment fluctuation by analogy of food resources cycles with rare peaks and prolonged decline of prey abundance. Our modeling intends to describe a situation demonstrated by the community of “arctic foxes – mouse-like rodents” and explain maintaining polymorphism on litter size in arctic fox.

Keywords: maternal selection, cyclic selection, genetic polymorphism, stage structured population.

Reference: Zhdanova O.L., Frisman E. Ya. Effect of age structure and maternal selection in polymorphism maintenance on long-lived species under a cyclically changing environment. *Regional'nye problemy*, 2021, vol. 24, no. 2–3, pp. 188–191. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2021-24-2-3-188-191.