к.б.н. И.К. Яковлев, ИСиЭЖ СО РАН, ivaniakovlev@gmail.com

Быстрая эволюция - адаптивные изменения поведенческих, физиологических или морфологических признаков в популяции под действием биотических факторов в течение от десятков до ста лет на экологической временной шкале.

Не путать с быстрым видообразованием, происходящим в течение десятков тысяч – 200-300 тысяч лет против «обычных» нескольких миллионов лет на геологической шкале времени.

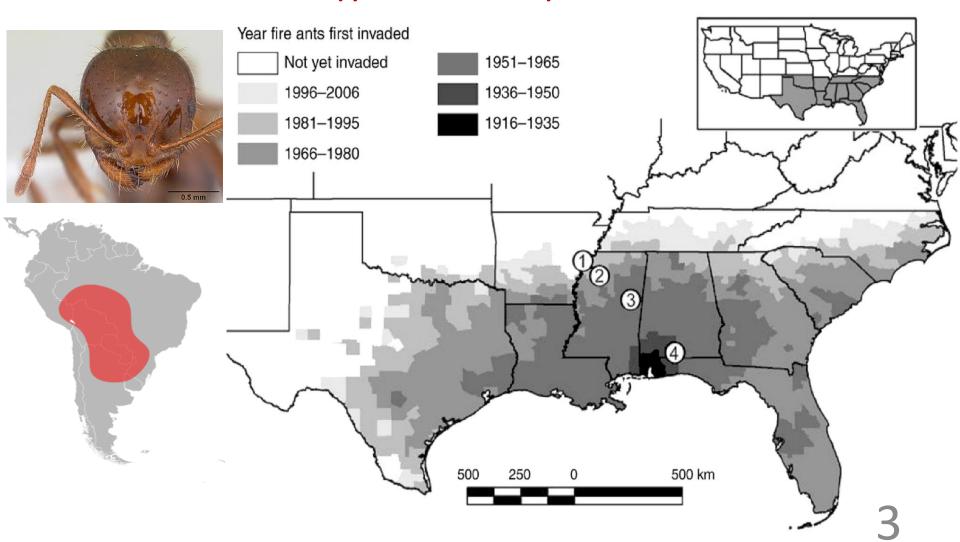
Нас интересует роль быстрых эволюционных (особенно поведенческих) преобразований в поддержании межвидовых отношений в сообществах животных.

Быстрая эволюция: методы исследований

- 1. Использование исторических данных об интродукции видов в аборигенные сообщества.
- 2. Долгосрочные полевые эксперименты
 - а) по внесению в сообщество нового вида (хищника или конкурента);
 - б) помещению исследуемого вида в новое для него сообщество (с иным прессом хищников или кормовой базой).
- 3. Продолжительные наблюдения за динамикой межвидовых отношений.
- 4. Наблюдения за популяциями в быстро меняющейся среде обитания в результате деятельности человека.

1. Использование исторических данных об интродукции видов в аборигенные сообщества.

Инвазия огненных муравьев Solenopsis invicta в США

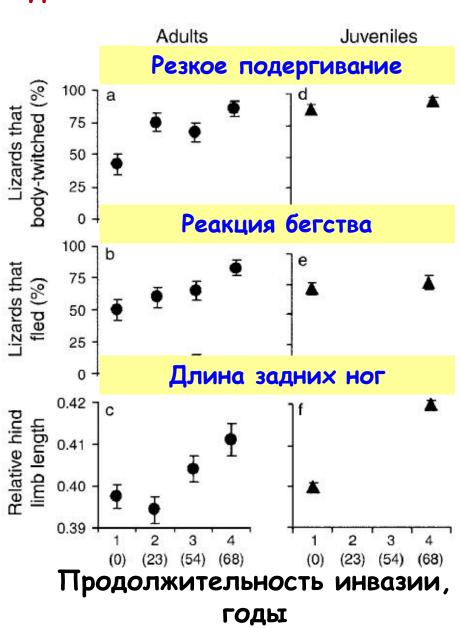


Смена защитного поведения у ящериц *Sceloporus undulatus* в процессе адаптации к огненным муравьям в течение 70 лет

- Замирание > Тряска телом и бегство
- Удлинение конечностей
- Переход к питанию муравьями



(Langkilde, 2009 и др. работы)



2а. Полевые эксперименты по внесению в сообщество

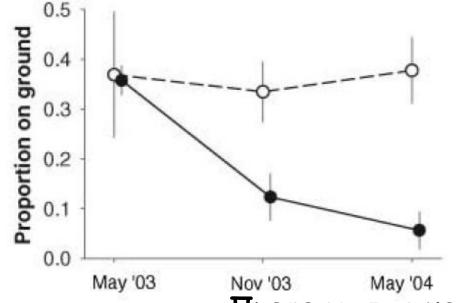
нового вида хищника

Быстрая эволюция защитного поведения и конечностей у ящериц *Anolis sagrei* и смена вектора отбора в течение 6-12 месяцев (!) после появления хищника

Острова с хищником

Без хищника (контроль)

Доля особей, находящихся на земле



Направление отбора в изменении длины задних конечностей



Продолжительность эксперимента

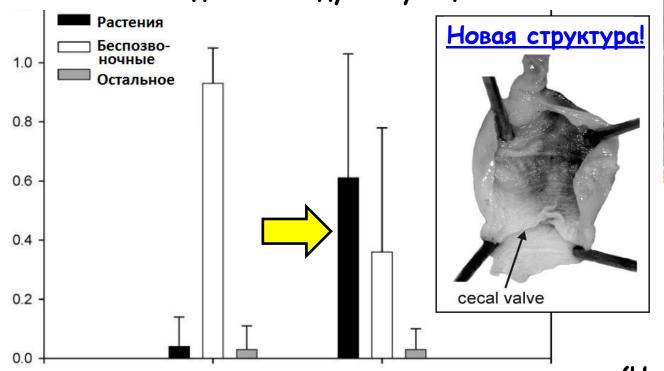
(Losos et al., 2004, 2006)

26. Изменения у ящериц *Podacris sicula* при адаптации к новому местообитанию в течение 36 лет.

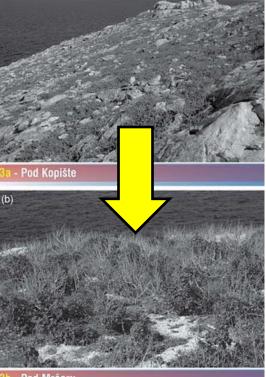
- Переход к питанию растениями
- Морфологические изменения:
 форма и размер головы, сила укуса,
 складка в ЖКТ → ферментативная камера
- Ослабление защитного поведения

Pod Kopište

Различия в диете между популяциями



Pod Mrčaru





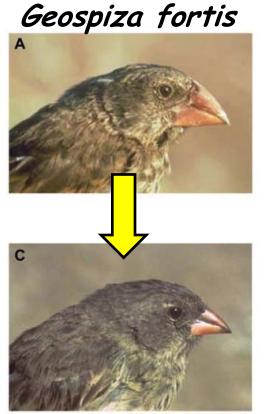
(Herrel et al., 2008)

3. Продолжительные наблюдения за динамикой межвидовых отношений.

Экологическое замещение признака - уменьшение размера клюва у вьюрков *Geospiza fortis* наблюдается спустя 22 года после появления на острове более крупного и близкого вида-конкурента *G. magnirostris*.

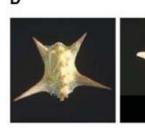
Изменения размера клюва *G. fortis*10.5
1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005

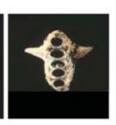
(Grant and Grant, 2006)



G. magnirostris







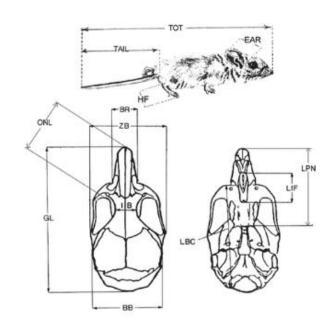
4. Наблюдения за популяциями в быстро меняющейся среде обитания в результате деятельности человека

Human-induced rapid environmental change (HIREC)

- Хозяйственная деятельность
- Исчезновение местообитаний / фрагментация
- Загрязнения
- Экзотические виды
- Климатические изменения







(Pergams, Lawler, 2009)

Основные направления изучения быстрой эволюции межвидовых взаимодействий

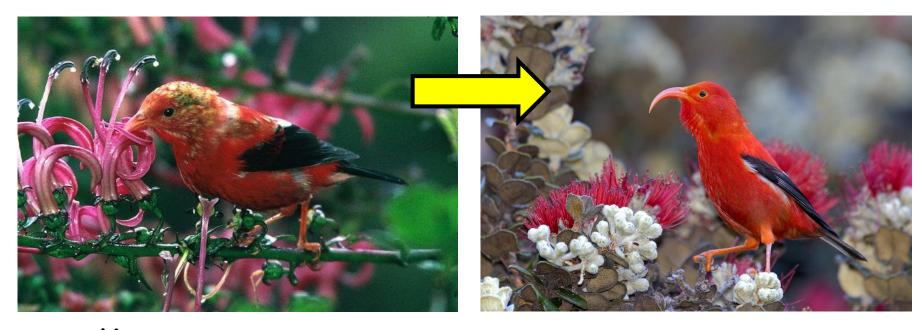
по Thompson, 1998

- 1. Быстрая эволюция трофических отношений путем специализации (хищника к конкретному виду добычи, паразита к хозяину, мутуалистических видов друг к другу).
- 2. Быстрая эволюция защитных механизмов против различных врагов (хищников, паразитов).
- 3. Быстрая эволюция и развитие совместных отношений между видами (однонаправленные изменения, коэволюция).
- 4. Быстрое исчезновение признаков в отсутствии взаимодействий (потеря защитных механизмов при исчезновении паразита или хищника)

9

1. Быстрая эволюция трофических отношений путем специализации (хищника к конкретному виду добычи, паразита - к хозяину, мутуалистических видов - друг к другу).

Укорочение клюва у черно-алой цветочницы при смене кормового растения (<100 лет).



Цветы с длинным изогнутым венчиком

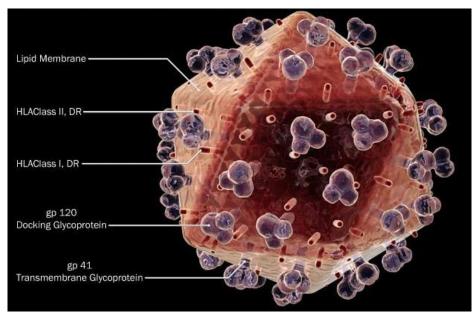
Открытые цветы без венчика

(Smith et al., 1995)

Другой пример: быстрая адаптация вирусов гриппа А (13 лет) и иммунодефицита человека (2-7 лет)



Вирус гриппа человека



ВИЧ

2. Быстрая эволюция защитных механизмов против различных врагов (хищников, паразитов).

Выработка в течение 60-110 лет защитной реакции у береговых улиток (США) против инвазивного европейского зеленого краба.

Глубина втягивания тела в раковину улиток разных популяций при наличии и отсутствии сигналов хищника

Реакция жестко "канализирована"







United Kingdom 12000 лет

Реакция сформирована, гибкость ограничена



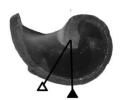




USA (South) **110 лет**

Наиболее гибкое поведение





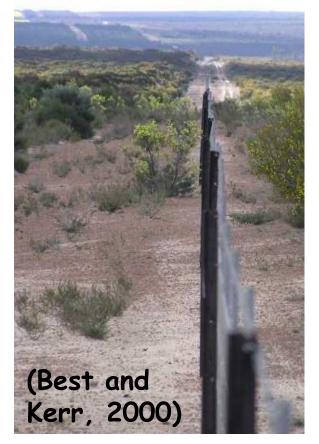


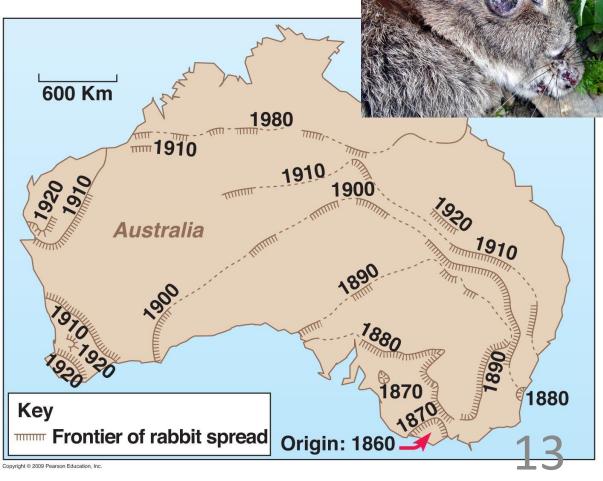
USA (North) **60 лет**

3. Быстрая эволюция и развитие совместных отношений

История расселения европейского кролика по территории Австралии и быстрая адаптация к вирусу миксомы и эволюция вируса в сторону меньшей вирулентности

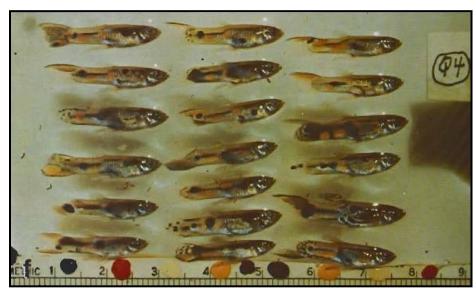
(в течение 7 лет)





4. Быстрое исчезновение признаков в отсутствии взаимодействий (с хищником или паразитом)

Эволюция окраски у гуппи связана с прессом хищников: чем больше видов хищников, тем меньше размер и яркость цветных пятен.





Один вид хищника

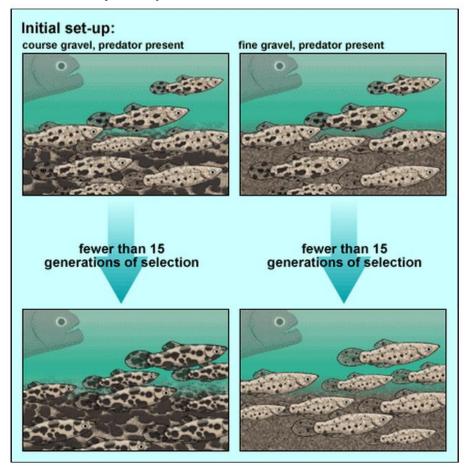
4 вида хищников

Популяции из мест с низким прессом хищников в течение 26-36 поколений утратили защитное поведение.

(Endler, 1978; O'Steen et al, 2002)

Искусственный отбор в лаборатории

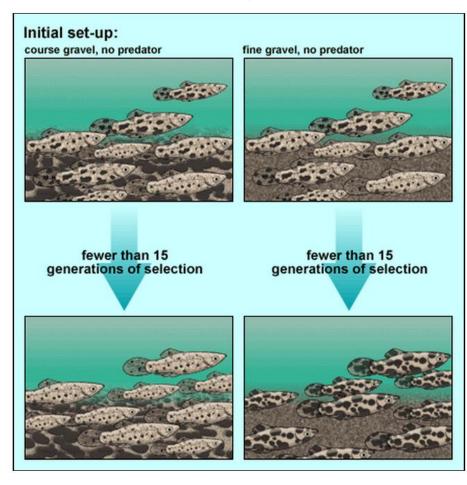
В присутствии хищника



Вырабатывают защитную окраску

(Endler, 1980)

Без хищника



Принимают контрастирующую с субстратом окраску, чтобы привлечь самок

Литература по быстрой эволюции

Boag P. T., Grant P. R. 1984. The classical case of character release: Darwin's finches (Geospiza) on Isla Daphne Major, Galápagos. Biological Journal of the Linnean Society 22: 243-287.

Burger, J.M. S., Kolss, M, Pont, J, Kawecki, T. 2008. Learning ability and longevity: a symmetrical evolutionary trade-off in Drosophila. Evolution, vol. 62, no. 6, p. 1294–1304.

Duckworth R. 2008. The role of behavior in evolution: a search for mechanism. Evolutionary Ecology. V. 23. P. 513-531.

Edgell T.C., Lynch B.R., Trussell G.C., Palmer A.R. 2009. Experimental Evidence for the Rapid Evolution of Behavioral Canalization in Natural Populations. American naturalist. V. 174(3). P. 434-440.

Endler, J. A. 1978. A predator's view of animal color patterns. Evol. Biol. 11:319–364.

Freidenfelds N. A., Robbins T.R. and Langkilde T. 2012. Evading invaders: the effectiveness of a behavioral response acquired through lifetime exposure. Behavioral Ecology 23: 659-664

Grant P. R., Grant B. R. 1995. Predicting microevolutionary responses to directional selection on heritable variation. Evolution 49: 241-251.

Grant PR, Grant BR. 2006. Evolution of character displacement in Darwin's finches. Science 313:224–226.

Hairston, N. G., Ellner, S. P., Geber, M. A., Yoshida, T. & Fox, J. A. 2005. Rapid evolution and the convergence of ecological and evolutionary time. *Ecology Letters*, 8, 1114--1127.

Herrel, A., K. Huyghe, B. Vanhooydonck, T. Backeljau, K. Breugelmans, I. Grbac, R. Van Damme and D.J. Irschick. 2008. Rapid large scale evolutionary divergence in morphology and performance associated with exploitation of a different dietary resource. Proc. Natl. Acad. Sci. 105: 4792-4795.

Langkilde T. 2009. Invasive fire ants alter behavior and morphology of native lizards. Ecology 90: 208-217

Losos, J.B., T.W. Schoener, and D.A. Spiller. 2004. Predator-induced behaviour shifts and natural selection in field-experimental lizard populations. Nature 432:505-508.

Losos, J.B., T.W. Schoener, R.B. Langerhans, and D.A. Spiller. 2006. Rapid temporal reversal in predator-driven natural selection. Science 314:1111.

Mery F, Kawecki TJ. 2003. A fitness cost of learning ability in Drosophila melanogaster. Proc R Soc Lond B. V. 270. P. 2465–2469.

Pergams ORW, Lawler JJ. 2009. Recent and Widespread Rapid Morphological Change in Rodents. PLoS ONE 4(7): e6452.

Reznick, D. N., and C. K. Ghalambor. 2005. Selection in nature: Experimental manipulations of natural populations. Integrative and Comparative Biology 45:456–462.

Robbins T.R. and Langkilde T. 2012. The consequences of lifetime and evolutionary exposure to toxic prey: changes in avoidance behaviour through ontogeny. Journal of Evolutionary Biology 25: 1937 - 1946

Shimada M, Y Ishii, H Shibao. 2010. Rapid adaptation: a new dimension for evolutionary perspectives in ecology. Population Ecology 52:1, 5-1.

Singer, M. C., C. D. Thomas & C. Parmesan. 1993. Rapid human-induced evolution of insect diet. Nature. 366; 681-683.

Smith, T.B. et al. 1995. Evolutionary consequences of extinctions in populations of a Hawaiian honeycreeper. Conserv. Biol. 9, 107–113.

Thompson J.N. 1998. Rapid evolution as an ecological process. Trends in Ecology & Evolution. V. 3(8). P. 329-332.

Vervust B, Grbac I, Van Damme R. 2007. Differences in morphology, performance and behaviour between recently diverged populations of Podarcis sicula mirror differences in predation pressure. Oikos 116:1343–1352.

Yoshida T., L.E. Jones, S.P. Ellner, G.F. Fussmann, and N. G. Hairston, Jr. 2003. Rapid evolution drives ecological dynamics in a predator-prey system. Nature 424: 303-306.

И еще номер Animal Behaviour, May 2013, Volume 85, Issue 5, Special Section: Behavioural Plasticity and Evolution.