

УДК 575.1

ДИНАМИКА ЧАСТОТ МУТАНТНЫХ АЛЛЕЛЕЙ В ПОПУЛЯЦИИ ДОМАШНЕЙ КОШКИ (*FELIS CATUS* L., 1758) В г. ХОЛМСК (о. Сахалин)

С. К. Холин

Биолого-почвенный институт ДВО РАН, г. Владивосток

E-mail: h.axyridis@mail.ru

Проанализированы изменения частот мутантных аллелей окраски шерсти домашней кошки в популяции г. Холмск (о. Сахалин) с 1986 по 2015 г. Наибольшие изменения произошли в частотах двух аллелей – **O** и **d**, для которых отмечено статистически значимое увеличение частот.

Ключевые слова: динамика частот мутантных аллелей, окраска шерсти, домашняя кошка, Дальний Восток России, о. Сахалин.

Наиболее примечательной для материковых популяций домашних кошек Дальнего Востока России оказалась необычно низкая частота аллеля **O** сцепленного с полом локуса **Orange**, обнаруженная в конце прошлого столетия (Манченко, Балакирев, 1981; Манченко, 1981). Аналогично низкую частоту данного аллеля автор нашел в двух городских популяциях южного Сахалина (Холин, 1990). После 25-летнего перерыва провели повторное исследование популяции *Felis catus* г. Холмск (о. Сахалин) (Холин, 2013) и обнаружили некоторые изменения в частотах мутантных аллелей, которые, однако, не имели статистической значимости. Так, например, частота аллеля **O** увеличилась в 1,5 раза, а аллеля **d** – почти в 2.

Через два года после последнего исследования автор обратил внимание на неожиданно большое количество рыжих кошек и кошек так называемого черепахового окраса носителей аллеля **O** локуса **Orange**, что побудило провести очередной объективный учет в данной популяции. Цель работы – анализ многолетней динамики частот мутантных аллелей в популяции уличных кошек г. Холмск.

Исследование частот мутантных аллелей проведено 14–25 мая 2015 г. Животных наблюдали на улицах, во дворах домов и т. п. Наблюдениями была охвачена большая часть города. Всех животных фотографировали с помощью фотоаппарата **Panasonic DMC-FZ8 с 12-кратным оптическим зумом**, который позволяет снимать животных на достаточно большом расстоянии. Фотографии дают возможность более точно идентифицировать фенотип животного. Одновременно фиксировались наблюдения в полевом дневнике.

Определяли частоты аллеля **O** сцепленного с полом локуса **Orange**, а также аллелей пяти аутосомных локусов, обуславливающих окраску и тип рисунка шерстного покрова: **Agouti (a)**, **Tabby (t^b)**, **Dilution (d)**, **White spotting (S)** и **White (W)**. Мы не рассматриваем аллель аутосомного локуса **Long hair**, контролирующего длину шерсти, поскольку данные неполны. Характер фенотипического проявления и наследования окраски описаны в работе Р. Робинсона (Robinson, 1977). Всего зарегистрировано 90 кошек. Число животных, проанализированных по каждому локусу, указано в табл. 1 и 2.

Поскольку пол животных не определялся, оценка частоты аллеля **O** и его ошибки проведена методом максимального правдоподобия (Robinson, 1972; Robinson, Manchenko, 1981). На основе полученной оценки частоты аллеля **O** находили ожидаемые численности соответствующих генотипов (Robinson, Silson, 1969). Расчет частот аллелей других локусов и их ошибок выполнен обычным способом (Гончаренко и др., 1985). Оценку доли самцов в выборке и ее ошибку проводили на основе наблюдаемого соотношения генотипов по локусу **Orange** (Robinson, 1972; Adalsteinsson, Blumenberg, 1984). В случае тестирования на панмиксию, оцененного соотношения полов и оценки гетерогенности частоты аллеля **O** использован критерий χ^2 (Животовский, 1983). В остальных случаях применяли **G-критерий**, имеющий сходное с χ^2 распределение и более удобный для анализа таблиц сопряженности (Животовский, 1991).

В табл. 1 приведены результаты проверки на панмиксию по локусу **Orange** и оценка частоты аллеля **O**. Согласно полученным данным, наблюдается статистически значимое соответствие наблюдаемых и ожидаемых частот генотипов ($p > 0,90$).

Таблица 1. Наблюдаемое и ожидаемое (в скобках) соотношение генотипов локуса Orange, проверка на панмиксию (χ^2) и оценка частоты аллеля O (q(O)) в популяции домашней кошки г. Холмск в 2015 г.

Table 1. Observed and expected (in parenthesis) genotype ratio in the Orange locus, testing for panmixia (χ^2), and estimation of the O allele frequency (q(O)) in the domestic cat population of Kholmnsk in 2015

Генотип			χ^2 , df = 1	q(O)±SE
O/?	O/+	+/?		
17 (17,87)	19 (18,82)	52 (51,31)	0,014	0,302±0,042

Вычисленная доля самцов составила $m = 0,487$, которая статистически не отличается от ожидаемого равного соотношения полов ($p > 0,80$).

В табл. 2 приведены данные по частотам аллелей за разные годы, рассчитанные в предположении панмиксии. Оценка гетерогенности частот аллелей показала, что произошло статистически значимое увеличение частот двух аллелей – O ($\chi^2 = 9,202$, $df = 2$, $p < 0,01$) и d (см. табл. 2). Частота первого увеличилась в 2,5 раза, а второго – в 3,6 раза. Наблюдаемые изменения в частотах аллелей a, S и t^b статистически незначимы.

Как уже говорилось, была отмечена тенденция изменения генетического профиля рассматриваемой популяции, но она не имела статистической значимости (Холин, 2013). Последующие наблюдения через два года подтвердили очевидность направленного изменения в частотах двух аллелей (см. табл. 2).

Возникает вопрос о причине такого резкого изменения генетического профиля данной популяции. Одной из наиболее вероятных причин наблюдаемой ситуации часто считают человеческий фактор, а именно предпочтение определенного окраса (фенотипа) кошек. Об этом говорят исследования, проведенные как в крупных городах, так и в прилегающих сельских районах (Clark, 1975, 1976; и др.). Тем не менее наблюдаемые изменения генетического профиля во времени в некоторых популяциях Бразилии не имеют однозначного объяснения (Ruiz-García, Alvarez, 2008). Часто сравнительный анализ проводят на основе данных, полученных разными методами, которые могут в значительной степени влиять на окончательные выводы (Twedt, 1983; Robinson, 1987; Schüler, Borodin, 1992).

В настоящем случае все три исследования проведены одним наблюдателем (автором). Фиксируемые кошки – это постоянно живущие на улице животные или те, которых выпускают хозяева на прогулку. Последние составляют относительно небольшую долю в выборках. В настоящее время это, как правило, кастрированные животные, которые не способны участвовать в размножении. Поэтому влияние фактора избирательности со стороны человека практически исключается.

В предыдущей публикации (Холин, 2013) автор отмечал уменьшение доли частного сектора и увеличение многоэтажной застройки, в которой нет подвалов (убежищ для кошек). Город обновляется, но это происходит именно там, где были старые «деревянные кварталы». Остаются дома так называемой хрущевской застройки.

Это 4-этажные дома с сохранившимися подвалами, где чаще всего обитают кошки, которые образуют социальные группы численностью до восьми особей. В силу этого общая численность бездомных кошек в городе со времени первых наблюдений (1984 и 1986 г.) неизбежно уменьшилась.

Существуют данные, указывающие на зависимость частот аллелей у домашней кошки от социальной организации и плотности популяций (Lloyd, Todd, 1989). На примере городских и сельских популяций домашних кошек Франции была показана зависимость частоты аллеля O от плотности популяции (Pontier et al., 1995). При высокой плотности городских популяций (преобладает промискуитет) наблюдается низкая частота аллеля O, а при низкой плотности сельских популяций (преобладает полигиния) – относительно высокая частота этого аллеля.

Таким образом, наиболее вероятной причиной увеличения частоты сцепленного с полом аллеля O в популяции кошек г. Холмск может быть снижение плотности этой городской популяции, что привело к образованию компактных социальных групп, в которых очень часто доминирующим самцом является кот рыжей окраски (генотип O/Y).

В отличие от аллеля O возрастание частоты аллеля d трудно интерпретируемо. Кошки, несущие в своем генотипе данный аллель и имеющие так называемую разбавленную окраску (кремовая или голубая), считаются одними из предпочитаемых человеком (Vinogradov, 1994). Поскольку в данном исследовании исключены кошки сугубо домашнего содержания, человеческий фактор практически исключен как возможная причина изменения частоты этого аллеля.

Частоты аллелей a и S имели уровень, наблюдаемый в мировом масштабе (Lloyd, Todd, 1989), и оставались практически стабильными в течение всего периода исследования. Частота аллеля t^b, несмотря на некоторое уменьшение, остается одной из самых высоких в России, что сближает популяцию г. Холмск с портовыми популяциями кошек Китая с высокими частотами этого аллеля (Todd, 1983; Холин, 1990).

В заключение отметим, что выявленная динамика генетического профиля исследованной по-

Таблица 2. Наблюдаемое соотношение фенотипов (Obs.) и оценка частот мутантных аллелей (q) и их стандартных ошибок (SE) в популяции домашней кошки г. Холмск в разные годы

Table 2. Observed phenotype ratio (Obs.) and estimation of mutant allele frequencies (q) and standard errors (SE) in domestic cat population of Kholmnsk in different years

Генотип	1986 г.*		2013 г.*		2015 г.		Однородность частот фенотипов, G-критерий, df = 2
	Obs.	q±SE	Obs.	q±SE	Obs.	q±SE	
+/? O/+ O/?	63/109 8/109 9/109	0,119±0,031	89/120 17/120 14/120	0,185±0,030	52/88 19/88 17/88	0,302±0,042	—**
a/a +/?	32/100 68/100	0,566±0,041	45/105 59/105	0,655±0,037	35/71 36/71	0,691±0,045	5,517
d/d +/?	1/109 108/109	0,096±0,048	4/117 103/117	0,185±0,045	10/88 78/88	0,351±0,052	11,691***
t ^b /t ^b +/?	17/77 60/77	0,470±0,061	12/74 62/74	0,403±0,053	8/63 55/63	0,354±0,062	2,113
S/? +/?	87/112 25/112	0,528±0,042	78/119 39/119	0,428±0,038	58/87 29/87	0,362±0,043	4,288
W/? +/?	1–3/115 112–114/ 115	0,004–0,013	1–6/125 118–123/ 125	0,004–0,024	2/90 88/90	0,011±0,008	–

* Данные по С. К. Холину (1990, 2013); ** см. текст; *** $p < 0,005$.

пуляции предполагает осторожное применение историко-миграционной интерпретации наблюдаемой картины. Так, современные данные о частотах мутантных аллелей в популяции г. Холмск не позволяют сделать те же выводы, что и четверть века назад (Холин, 1990).

ЛИТЕРАТУРА

Гончаренко Г. Г., Лопатин О. Е., Манченко Г. П. Мутантные гены окраски в популяциях домашних кошек средней Азии и европейской части СССР // Генетика. – 1985. – Т. 21, № 7. – С. 1151–1158.

Животовский Л. А. Популяционная биометрия. – М.: Наука, 1991. – 271 с.

Животовский Л. А. Статистические методы анализа частот генов в природных популяциях // Итоги науки и техники. Общая генетика. – М.: ВИНТИ, 1983. – Т. 8. – С. 76–104.

Манченко Г. П. Новые данные о частотах мутантных генов окраски у домашних кошек СССР // Генетика. – 1981. – Т. 17, № 12. – С. 2195–2202.

Манченко Г. П., Балакирев Е. С. Частота сцепленного с полом гена Orange и мутации Kinky-tail в популяции домашних кошек Владивостока // Там же. – 1981. – Т. 17, № 12. – С. 2191–2194.

Холин С. К. Новые данные о частотах мутантных аллелей в популяции домашних кошек г. Холмск (о. Сахалин) // Амурский зоол. журн. – 2013. – Т. 5, № 4. – С. 473–475.

Холин С. К. Частоты мутантных генов в двух популяциях домашних кошек южного Сахалина // Генетика. – 1990. – Т. 26, № 12. – С. 2200–2206.

Adalsteinsson S., Blumenberg B. Simultaneous maximum likelihood estimation of the frequency of sex-linked orange and the male ratio in the cat // Carnivore Genet. Newsl. (in Carnivore. V. 7). – 1984. – Vol. 4. – P. 68–77.

Clark J. M. The effects of selection and human preference on coat colour gene frequencies in urban cats // Heredity. – 1975. – Vol. 35. – P. 195–210.

Clark J. M. Variation in coat colour gene frequencies and selection in the cats of Scotland // Genetica. – 1976. – Vol. 46. – P. 401–412.

Lloyd A. T., Todd N. B. Domestic cat gene frequencies: a catalogue and bibliography. – Tetrahedron Publications, Newcastle Upon Tyne, 1989. – 37 p.

Pontier D., Rioux N., Heizmann A. Evidence of selection on the orange allele in the domestic cat, *Felis catus*: The role of social structure // Oikos. – 1995. – Vol. 73. – P. 299–308.

Robinson R., Manchenko G. P. Cat gene frequencies in cities of the U. S. S. R. // Genetica. – 1981. – Vol. 55. – P. 41–46.

Robinson R. Genetics for Cat Breeders. – Oxford: Pergamon Press, 1977. – 216 p.

Robinson R. Mutant gene frequencies in cats of Cyprus // Theor. Appl. Genet. – 1972. – Vol. 42. – P. 293–296.

Robinson R. Mutant gene frequencies in cats of the Greater London Area // Ibid. – 1987. – Vol. 74. – P. 579–583.

Robinson R., Silson M. Mutant gene frequencies in cats of Southern England // *Theor. Appl. Genet.* – 1969. – Vol. 39. – P. 326–329.

Ruiz-García M., Alvarez D. A biogeographical population genetics perspective of the colonization of cats in Latin America and temporal genetic changes in Brazilian cat populations // *Genetics and Molecular Biology.* – 2008. – Vol. 31. – P. 772–782.

Schüler L., Borodin P. M. Influence of sampling methods on estimated gene frequency in domestic cat populations of East-Germany // *Archiv für Tierzucht*

(*Archives of Animal Breeding*). – 1992. – Vol. 35 – S. 629–634.

Todd N. B. Cat population genetics on the littoral of the Indian Ocean and South China Sea: a preliminary assessment // *Carnivore Genet. Newsl.* – 1983. – Vol. 4. – P. 248–262.

Twedt D. J. Influence of survey methods and sample sizes on estimated gene frequencies in domestic cat population // *J. Hered.* – 1983. – Vol. 74. – P. 121–123.

Vinogradov A. E. Locally associated alleles of cat coat genes // *Ibid.* – 1994. – Vol. 85. – P. 86–91.

Поступила в редакцию 14.06.2016 г.

DYNAMICS OF MUTANT ALLELE FREQUENCIES IN THE CAT POPULATION (*FELIS CATUS* L., 1758) IN THE CITY OF KHOLMSK, SAKHALIN ISLAND

S. K. Kholin

Dynamics of the mutant allele frequencies of the coat color in the domestic cat population of Kholmsk (Sakhalin Isl.) for the period of 1986–2015 has been analyzed. Statistically significant increase in the frequency of O and d alleles has been found.

***Keywords:* dynamics of the mutant allele frequencies, coat color, domestic cat, Russian Far East, Sakhalin Island.**