

ОБЩАЯ
БИОЛОГИЯ

УДК 575.1

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И УРОВЕНЬ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ
В ПОПУЛЯЦИЯХ *FELIS SATUS* ЕВРОПЕЙСКОГО КОНТИНЕНТА

© 2010 г. Г. Г. Гончаренко, С. А. Зятьков, А. Н. Лысенко

Представлено академиком В.К. Шумным 05.11.2009 г.

Поступило 05.11.2009 г.

Большое разнообразие окрасов шерстного покрова у домашних кошек *F. catus* является результатом сложного процесса формирования и функционирования структур, связанных с образованием пигмента [1]. Этот процесс, называемый пигментогенезом, находится под контролем ряда генов и при нормальном его функционировании у кошек формируется “окрас дикого типа” (серый полосатый). Все другие цветовые вариации в окрасе меха у кошек обусловлены мутациями в соответствующих генах. Частоты встречаемости мутантных и нормальных аллелей генов окраса характерны для каждой популяции и отражают их генетические структуры.

В настоящее время аллельные частоты по генам окраса меха домашних кошек описаны практически для всех развитых стран [2–8]. Имеются работы, посвященные анализу генетической структуры кошек в отдельных городах России [9, 10]. Однако практически не исследованной остается зона контакта между популяциями СНГ и Западной Европы, с одной стороны, и СНГ и Центральной Азии, с другой.

Целью настоящей работы было установить генетическую структуру и оценить уровень дифференциации популяций *F. catus* на территории ряда белорусских, российских, украинских, а также центрально- и западно-европейских городов.

Материал для популяционно-генетического анализа был собран в 13 городах Беларуси, России и Украины (Минск, Гомель, Могилев, Орша, Речица, Смоленск, Москва, Санкт-Петербург, Новосибирск, Алматы, Ростов-на-Дону, Краснодар, Чернигов). Для сравнительного анализа генетической структуры и степени генетической дифференциации использованы данные по 9 крупным городам различных стран Центральной и Западной Европы [2–8, 11, 12].

В каждой популяции домашних кошек исследованы частоты мутантных аллелей сцепленного

с полом локуса Orange — доминантный аллель **O**, а также шести аутосомных локусов (Agouti — рецессивный аллель **a**, Dilute — рецессивный аллель **d**, Long hair — рецессивный аллель **l**, Piebald spotting — доминантный аллель **S**, White — доминантный аллель **W**, Tabby — рецессивный аллель **t^b**). Фенотипическое проявление аллелей, их взаимодействие и методы подсчета аллельных частот подробно описаны ранее [10, 13, 14]. Для установления сходства и различий между исследуемыми популяциями использовали коэффициент генетической дистанции Неи (D_N) [15]. Дендрограмма, наглядно отражающая картину генетических взаимоотношений между исследованными популяциями на основании полученных значений D_N , строилась методом невзвешенного парного группового кластерного анализа (UPGMA).

Для оценки генетической структуры были рассчитаны частоты встречаемости нормальных и мутантных аллелей окраса и структуры шерсти в каждой из 13 исследованных популяций Беларуси, России и Украины. Аллельные частоты по шести аутосомным и одному сцепленному с полом генам в популяциях *F. catus* приведены в табл. 1.

Исходя из этих данных, следует отметить высокие частоты для мутантных аллелей **a** и **l**, значения которых практически во всех популяциях Беларуси, России и Украины варьировались от 40 до 60%, а в некоторых превышали 70 и даже 80%. Мутантные аллели **S**, **d** и **O** характеризовались средним значением частот встречаемости, поскольку в большинстве исследованных популяций имели величины от 15 до 40%. Мутантные аллели локусов White и Tabby встречались с низкой частотой.

Сравнительный анализ генетической структуры показал, что практически все исследованные нами популяции России, Беларуси и Украины имеют сходные значения по аллельным частотам 5 локусов (Agouti, Dilute, Long hair, Piebald spotting, White). Только в Краснодаре и Ростове частоты аллеля **l** оказались значительно ниже, чем в остальных 11 популяциях (табл. 1).

Интересная ситуация сложилась по мраморному аллелю **t^b** локуса Tabby. В городах Западной

Гомельский государственный университет
им. Франциска Скорины,
Республика Беларусь

Таблица 1. Аллельные частоты по семи генам окраса и структуры меха в популяциях *F. catus* 22 городов Европейского континента

Популяция	Частоты аллелей													
	A	a	D	d	L	I	O	o	S	s	W	w	T	t ^b
Минск	0.205	0.795	0.684	0.316	0.467	0.533	0.205	0.795	0.219	0.781	0.010	0.990	1	0
Гомель	0.312	0.688	0.622	0.378	0.529	0.471	0.183	0.817	0.327	0.673	0.015	0.985	0.875	0.125
Могилев	0.255	0.745	0.659	0.341	0.627	0.373	0.181	0.819	0.218	0.782	0.023	0.977	0.861	0.139
Орша	0.178	0.822	0.622	0.378	0.423	0.577	0.220	0.780	0.319	0.681	0.017	0.983	1	0
Речица	0.258	0.742	0.624	0.376	0.569	0.431	0.135	0.865	0.386	0.614	0.006	0.994	1	0
Смоленск	0.225	0.775	0.686	0.314	0.587	0.413	0.267	0.737	0.251	0.749	0.016	0.984	0.853	0.147
Москва	0.412	0.588	0.561	0.439	0.481	0.519	0.183	0.817	0.253	0.747	0	1	1	0
Санкт-Петербург	0.430	0.570	0.580	0.420	0.360	0.640	0.250	0.750	0.310	0.690	0.010	0.990	0.560	0.440
Новосибирск	0.381	0.619	0.626	0.374	0.554	0.446	0.203	0.797	0.329	0.671	0.009	0.991	0.917	0.083
Алматы	0.459	0.541	0.640	0.360	0.438	0.562	0.162	0.838	0.214	0.786	0.003	0.997	0.845	0.155
Ростов-на-Дону	0.489	0.511	0.646	0.354	0.842	0.158	0.075	0.925	0.323	0.677	0	1	0.603	0.397
Краснодар	0.480	0.520	0.770	0.230	0.870	0.130	0.070	0.930	0.330	0.670	0.010	0.990	0.780	0.220
Чернигов	0.303	0.697	0.657	0.343	0.452	0.548	0.220	0.780	0.308	0.692	0.043	0.957	0.880	0.120
Лондон	0.238	0.762	0.858	0.142	0.670	0.330	0.105	0.895	0.313	0.687	0.004	0.996	0.186	0.814
Дублин	0.176	0.824	0.710	0.290	0.671	0.329	0.115	0.885	0.306	0.694	0.020	0.980	0.256	0.744
Глазго	0.200	0.800	0.740	0.260	0.700	0.300	0.200	0.800	0.200	0.800	0	1	0.200	0.800
Париж	0.290	0.710	0.670	0.330	0.760	0.240	0.060	0.940	0.240	0.760	0.011	0.989	0.220	0.780
Варшава	0.377	0.623	0.746	0.254	0.780	0.220	0.037	0.963	0.325	0.875	0	1	0.654	0.346
Амстердам	0.260	0.740	0.750	0.250	0.850	0.150	0.130	0.870	0.320	0.680	0.010	0.990	0.430	0.570
Рим	0.340	0.660	0.660	0.340	0.900	0.100	0.090	0.910	0.310	0.690	0.010	0.990	0.510	0.490
Будапешт	0.400	0.600	0.730	0.270	0.910	0.090	0.080	0.920	0.330	0.670	0.001	0.999	1	0
Афины	0.281	0.719	0.664	0.336	0.877	0.123	0.146	0.854	0.264	0.736	0.008	0.992	0.704	0.296

Примечание. Данные по Санкт-Петербургу, Краснодару, а также по 9 городам Западной и Центральной Европы взяты из работ [2–8, 9, 11, 12]. Количество проанализированных особей в популяциях в среднем составляло 119.

и Центральной Европы его частота обычно превышает 50%, а в Глазго, Дублине, Лондоне и Париже достигает 80–90% [2, 4, 11, 12]. В исследованных городах России, Беларуси и Украины выявлена в целом низкая частота встречаемости аллеля t^b, а в нескольких популяциях он полностью отсутствовал (табл. 1). Исключением является популяция Санкт-Петербурга, где частота аллеля t^b составляет 44%. Считается, что аномально высокой частоты в Санкт-Петербурге этот аллель достиг в послевоенный период. За время блокады 1941–1943 гг. популяция *F. catus* в Санкт-Петербурге (Ленинграде) практически полностью исчезла, и ее восстановление происходило под серьезным влиянием кошек, завезенных в город на судах с военными и продовольственными поставками в основном из английских портов. Иными словами, столь высокая частота данного аллеля в Санкт-Петербурге обязана действию эффекта основателя. Повышенная по сравнению с другими исследованными популяциями России, Беларуси и Украины частота аллеля t^b в Ростове и Красно-

даре (табл. 1) может быть связана с их близким расположением как к Черноморским портам, так и к зоне аномального коридора Тегеран–Будапешт, который сформировался под влиянием азиатских кошек [9, 10, 13].

Не менее сложная ситуация оказалась и по сцепленному с полом гену Orange. В популяциях 13 восточнославянских городов, включая основанную русскими переселенцами Алматы, частота мутантного аллеля O колеблется от 14 до 30% (табл. 1). Результаты проведенных исследований свидетельствуют в пользу того, что эти популяции ведут свое происхождение от кошек, которые появились у нас приблизительно в X–XII вв. в Поднепровье в ходе широких торговых контактов с варягами и греками. В то же время полученные данные по таким южным городам, как Ростов-на-Дону и Краснодар (табл. 1), а также Баку, Армавир и Орджоникидзе (Украина) [9, 10], где частота аллеля O составила только 2–7%, однозначно подтверждают наличие коридора пониженной частоты этого аллеля по линии Иран–

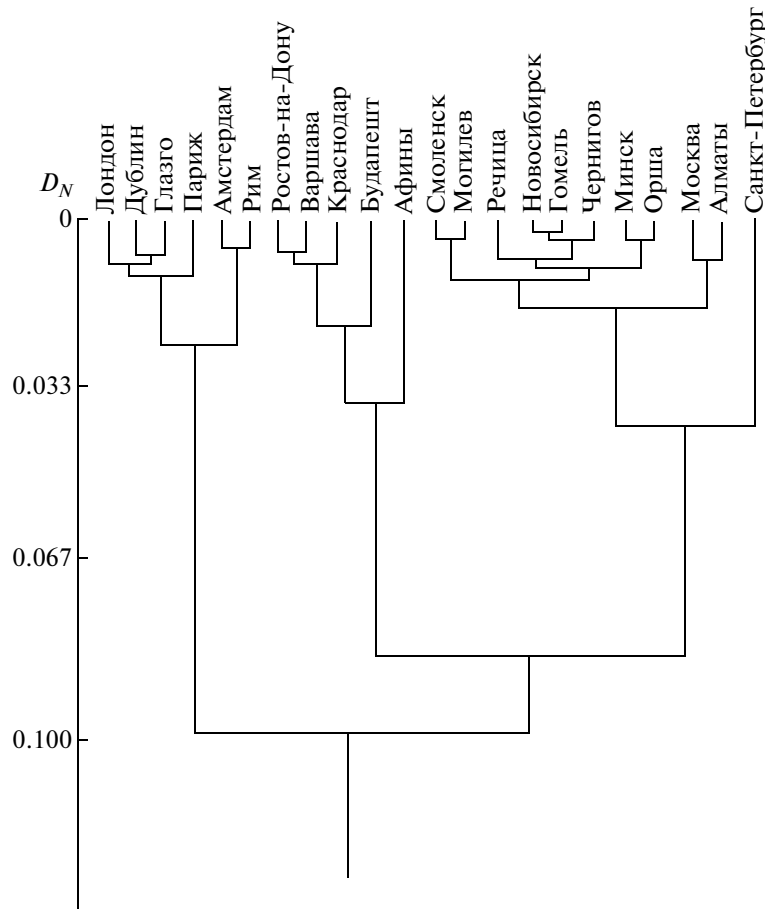


Рис. 1. Дендрограмма, показывающая степень генетической дифференциации в популяциях *F. catus* в 22 городах Центральной и Западной Европы.

Кавказ—юг Европейской части СНГ—Центральная Европа (Будапешт).

Для более точной количественной оценки генетической дифференциации между 22 исследованными популяциями домашних кошек, включая данные по 9 городам Западной и Центральной Европы [2–8, 11, 12], использован коэффициент генетической дистанции Неи [15], который учитывает различия по всем исследованным локусам, а не только по значительно различающимся. Используя значения коэффициентов генетической дистанции (D_N), посредством невзвешенного парногруппового метода кластерного анализа (UPGMA) нами построена дендрограмма (рис. 1), позволяющая проиллюстрировать степень межпопуляционной дифференциации в исследованных популяциях домашних кошек.

Из дендрограммы хорошо видно, что проанализированные популяции кошек Европейского континента распадаются на три четких кластера. Левый кластер первым ответвляется от общеевропейского ствола и включает в себя только популяции стран Западной Европы. На территории этих стран кошки на протяжении пяти веков подверга-

лись массовому уничтожению инквизицией. Все это, по-видимому, обусловило своеобразие и обособленность генетической структуры этих популяций, которая восстанавливалась из редких сохранившихся групп и генотипов под воздействием эффекта основателя и дрейфа генов.

Что касается двух других групп, то некоторый промежуток времени на дендрограмме они составляли единую ветвь, которая затем расщепилась на два кластера белорусско-российско-украинский (восточнославянский) и сложный по составу греко-центральноевропейский (рис. 1). Популяции домашних кошек *F. catus*, входящих в состав белорусско-российско-украинского кластера, начали формироваться в Поднепровье в X–XII вв. под влиянием торговых контактов с варягами и греками. Это объясняет тот факт, что центральное ядро правого кластера составляют близко сцепленные популяции городов Смоленск, Орша, Могилев, Речица, Гомель, Чернигов, расположенных в бассейне Днепра. Характер взаимоотношений в правом кластере свидетельствует в пользу того, что дальнейшее расселение кошек на территории России, Беларуси и Украины происходило из

Поднепровья, поскольку даже довольно удаленные популяции Москвы, Новосибирска и Алматы на дендрограмме тесно подсоединяются к днепровскому кластеру. Несколько обособленное положение Санкт-Петербурга в восточнославянском кластере вполне закономерно, так как вновь возникшая после войны популяция сформировалась из небольшого числа особей, попавших в город на судах с военными и продовольственными поставками из Англии и США.

Закономерным является присутствие двух российских городов в греко-центральноевропейском кластере, так как популяции Краснодара и Ростова расположены в зоне так называемого южного коридора Тегеран—Будапешт.

Таким образом, в ходе проведенного генетического исследования было установлено, что популяции домашних кошек *F. catus* Европейского континента разделяются на три кластера (группы): западноевропейский, греко-центральноевропейский и белорусско-российско-украинский. Показано, что генофонд белорусско-российско-украинских кошек начал формироваться в Поднепровье в X—XII вв. Выявлено действие эффекта основателя на формирование послевоенной популяции кошек Санкт-Петербурга, восстановившейся из небольшого числа особей английского происхождения, и подтверждено наличие коридора пониженной частоты аллеля **O** по линии Тегеран—Будапешт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Morris J.G., Yu S., Rogers Q.R.* // J. Nutrition. 2002. V. 132. P. 1646S–1648S.
2. *Clark J.M.* // J. Heredity. 1975. V. 35. P. 195–210.
3. *Todd N.B., Kunz T.H.* // Biol. gallo-hellen. 1977. V. 6. P. 289–310.
4. *Todd N.B., Lloyd A.T.* // Carn. Genet. Newsl. 1979. V. 4. P. 24–30.
5. *Davis B.K., Davis B.P.* // J. Heredity. 1977. V. 68. P. 31–34.
6. *Lloyd A.T.* // Genetica. 1982. V. 58. P. 223–228.
7. *Wagner A., Wolsan M.* // J. Heredity. 1987. V. 78. P. 2000.
8. *Shostell J.M., Staudinger J., Ruiz-Garcia M.* // J. Heredity. 2005. V. 96. № 5. P. 557–565.
9. *Borodin P.M., Bochkarev M.N., Smirnova I.S., Manchenko G.P.* // J. Heredity. 1978. V. 69. P. 169–174.
10. *Гончаренко Г.Г., Лопатин О.Е., Манченко Г.П.* // Генетика. 1985. Т. 21. № 7. С. 1151–1158.
11. *Searle A.G.* // J. Heredity. 1949. V. 49. P. 214–220.
12. *Dreux P.H.* // J. Heredity. 1967. V. 58. P. 92.
13. *Гончаренко Г.Г., Зятков С.А.* Генетика. Анализ наследственных закономерностей на генах меха кошек *Felis catus*. Гомель: ГГУ, 2007. 108 с.
14. *Robinson R.* Genetics for Cat Breeders. L.: Pergamon Press, 1977. 202 p.
15. *Nei M.* // Amer. Natur. 1972. V. 106. P. 283–292.