

5. Prior S. J., Hagberg J. M., Phares D. A., Brown M. D., Fairfull L., Ferrell R. E., Roth S. M. Sequence variation in hypoxia-inducible factor 1alpha (HIF1A): association with maximal oxygen consumption // *Physiol Genomics*. 2003. №15(1). С. 20-26.
6. Ахметов И.И. Молекулярно-генетические маркеры физических качеств человека // Дис. на соискание уч. ст. д.м.н. Москва, 2010. 344 с.

УДК 575.1

Зятков С.А., Гончаренко Г.Г., Лысенко А.Н.

УО «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины», Республика Беларусь, г. Гомель

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ *FELIS CATUS* ВОСТОЧНОЙ, ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЫ

Ключевые слова: *Felis catus*, генетическая структура, степень генетической дифференциации, коэффициент генетической дистанции (D_N).

Введение. В настоящее время известен широкий спектр окрасов шерстного покрова у домашних кошек *Felis catus*. Формирование окраса – это сложный процесс, находящийся под контролем ряда генов, при нормальной работе которых у кошек формируется «окрас дикого типа». Все другие цветовые вариации в окрасе меха обусловлены мутациями в соответствующих генах [1]. Частоты встречаемости мутантных и нормальных аллелей генов окраса характерны для каждой популяции и отражают их генетические структуры.

Исследование генетической структуры в популяциях *Felis catus* было инициировано одним из основателей популяционной генетики, Дж. Б. Холдейном. Первая статья на эту тему была опубликована в журнале «The Journal of Heredity» еще в 1949 году Сирлом [2].

Благодаря заслугам популяционных генетиков геогеография *Felis catus* в настоящее время хорошо изучена практически по всему миру. Имеются работы посвященные анализу генетической структуры кошек и в отдельных городах России [3,4]. Однако практически неисследованной остается зона контакта между популяциями СНГ и Западной Европы, с одной стороны, и СНГ и Центральной Азии, с другой.

Целью исследований было установить генетическую структуру и оценить уровень дифференциации популяций *Felis catus* на территории ряда белорусских, российских, украинских, а также центрально- и западноевропейских городов.

Материалы и методы исследования. Материал для популяционно-генетического анализа был собран в 13 городах Беларуси, России и Украины (Минск, Гомель, Могилев, Орша, Речица, Смоленск, Москва, Санкт-Петербург, Новосибирск, Алма-Ата, Ростов-на-Дону, Краснодар, Чернигов). Для сравнительного анализа генетической структуры и степени генетической

дифференциации были использованы также данные по 9 крупным городам различных стран центральной и западной Европы [2].

В каждой популяции домашних кошек были 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 [1,4,5]. Для установления сходства и различий между исследуемыми популяциями использовался коэффициент генетической дистанции Неи (D_N) [6].

Для наглядного изображения общей картины генетических взаимоотношений между всеми исследованными популяциями на основании полученных коэффициентов генетической дистанции Неи была построена дендрограмма методом невзвешенного парно-группового кластерного анализа (UPGMA) [7]. Надежность характера ветвления дендрограммы оценивалась при помощи бутстреп-теста Фелзенштейна [8]. Все расчеты проводились с использованием программ «Ген» (версия для PC) и DISPAN [9, 10].

Результаты исследования

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 *Felis catus* приведены в таблице.

Таблица. Аллельные частоты по семи генам окраса и структуры меха в популяциях *Felis catus* 22 городов восточной, центральной и западной Европы.

Популяции	Частоты аллелей													
	A	A	D	d	L	l	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

Чернигов	Краснодар	Ростов-на-Дону	Алма-Ата	Новосибирск	Санкт-Петербург	Москва	Смоленск	Речица	Орша
0,303	0,480	0,489	0,459	0,381	0,430	0,412	0,225	0,258	0,178
0,697	0,520	0,511	0,541	0,619	0,570	0,588	0,775	0,742	0,822
0,657	0,770	0,646	0,640	0,626	0,580	0,561	0,686	0,624	0,622
0,343	0,230	0,354	0,360	0,374	0,420	0,439	0,314	0,376	0,378
0,452	0,870	0,842	0,438	0,554	0,360	0,481	0,587	0,569	0,423
0,548	0,130	0,158	0,562	0,446	0,640	0,519	0,413	0,431	0,577
0,220	0,070	0,075	0,162	0,203	0,250	0,183	0,267	0,135	0,220
0,780	0,930	0,925	0,838	0,797	0,750	0,817	0,737	0,865	0,780
0,308	0,330	0,323	0,214	0,329	0,310	0,253	0,251	0,386	0,319
0,692	0,670	0,677	0,786	0,671	0,690	0,747	0,749	0,614	0,681
0,043	0,010	0	0,003	0,009	0,010	0	0,016	0,006	0,017
0,957	0,990	1	0,997	0,991	0,990	1	0,984	0,994	0,983
0,880	0,780	0,603	0,845	0,917	0,560	1	0,853	1	1
0,120	0,220	0,397	0,155	0,083	0,440	0	0,147	0	0

Афины	Будапешт	Рим	Амстердам	Варшава	Париж	Глазго	Дублин	Лондон
0,281	0,400	0,340	0,260	0,377	0,290	0,200	0,176	0,238
0,719	0,600	0,660	0,740	0,623	0,710	0,800	0,824	0,762
0,664	0,730	0,660	0,750	0,746	0,670	0,740	0,710	0,858
0,336	0,270	0,340	0,250	0,254	0,330	0,260	0,290	0,142
0,877	0,910	0,900	0,850	0,780	0,760	0,700	0,671	0,670
0,123	0,090	0,100	0,150	0,220	0,240	0,300	0,329	0,330
0,146	0,080	0,090	0,130	0,037	0,060	0,200	0,115	0,105
0,854	0,920	0,910	0,870	0,963	0,940	0,800	0,885	0,895
0,264	0,330	0,310	0,320	0,325	0,240	0,200	0,306	0,313
0,736	0,670	0,690	0,680	0,875	0,760	0,800	0,694	0,687
0,008	0,001	0,010	0,010	0	0,011	0	0,020	0,004
0,992	0,999	0,990	0,990	1	0,989	1	0,980	0,996
0,704	1	0,510	0,430	0,654	0,220	0,200	0,256	0,186
0,296	0	0,490	0,570	0,346	0,780	0,800	0,744	0,814

Примечание. - Данные по Санкт-Петербургу, Краснодару, а также по 9 городам Западной и Центральной Европы взяты из работ [2,3]. Количество проанализированных особей в популяциях в среднем составляло 119.

Исходя из этих данных, следует отметить высокие частоты для мутантных аллелей **a** и **I**, значения которых практически во всех популяциях Беларуси, России и Украины варьировали 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 I оказались значительно ниже, чем в остальных 8 популяциях (табл.).

Интересная ситуация сложилась по мраморному аллелю t^b локуса Tabby. В городах западной и центральной Европы его частота обычно превышает 50%, а в Глазго, Дублине, Лондоне и Париже достигает 80-90% [2]. В исследованных городах России, Беларуси и Украины выявлена в целом низкая частота встречаемости аллеля t^b , а в нескольких популяциях он полностью отсутствовал (табл.). 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 с 1941 по 1943 годы популяция *Felis catus* в Санкт-Петербурге (Ленинграде) практически полностью исчезла. В апреле 1943 г. после частичного прорыва блокады среди первых грузов, прибывших в Ленинград, были кошки, в основном дымчатого окраса, которые по постановлению Ленсовета были специально завезены в город для борьбы с крысами. По-видимому, среди этих кошек были особи, несущие аллель tb , который сохранился с высокой частотой в современной популяции Санкт-Петербурга. 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 Краснодаре (табл.) 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 [1,3,4].

Не менее сложная ситуация оказалась и по сцепленному с полом гену Orange. В популяциях 13 восточнославянских городов, включая основанную русскими переселенцами Алма-Ату частота мутантного аллеля O колеблется от 14 до 30% (табл.). 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.), а также Баку, Армавир и Орджоникидзе (Украина) [3,4], где частота аллеля O составила только 2-7%, однозначно подтверждают наличие коридора пониженной частоты этого аллеля по линии Иран – 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] был использован коэффициент генетической дистанции Неи [6], который учитывает различия по всем исследованным локусам, а не только по сильно различающимся. Используя значения коэффициентов генетической дистанции (D_N), посредством невзвешенного парно-группового метода кластерного анализа (UPGMA) нами была построена дендрограмма (рис.), позволяющая проиллюстрировать степень межпопуляционной дифференциации в исследованных популяциях домашних кошек.

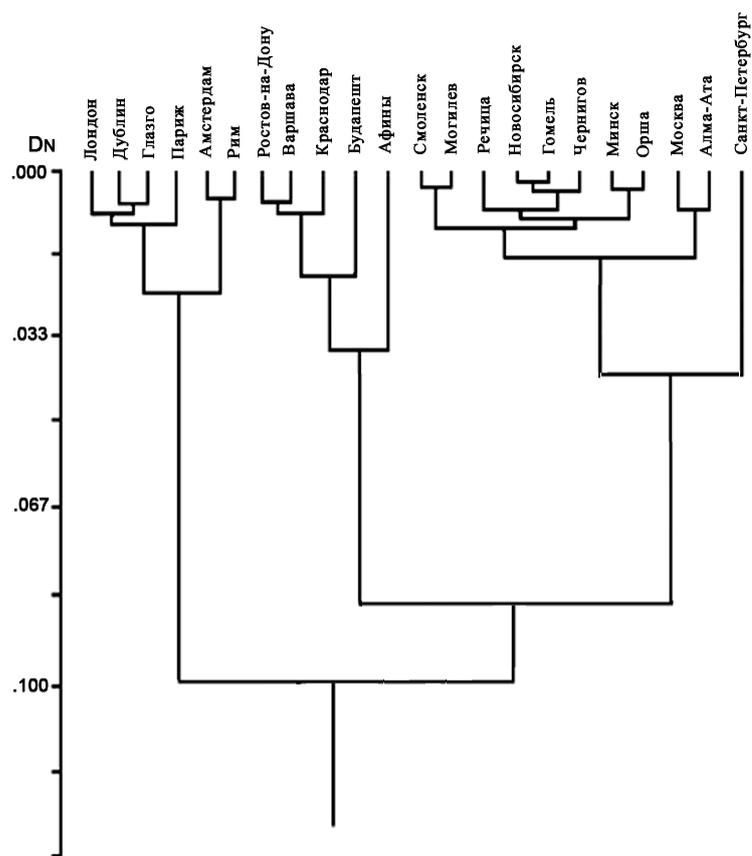


Рисунок. Дендрограмма показывающая степень генетической дифференциации в популяциях *Felis catus* в 22 городах Восточной, Центральной и Западной Европы.

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 подвергались 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-центрально-европейский (рис.). Популяции домашних кошек *Felis 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 Алма-Аты 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, завезенных в город после частичного прорыва блокады, среди которых могли быть кошки, несущие аллель *tb*. Нельзя исключить и возможность попадания в город кошек с аллелем *tb* с американских и английских судов, побывавших в ленинградском порту.

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

Выводы. Таким образом в ходе проведенного генетического исследования было установлено, что популяции домашних кошек *Felis catus* восточной, центральной и западной Европы разделяются на три кластера (группы): западноевропейский, греко-центрально-европейский 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.

Исследования проводились в рамках темы ГБЦМ 11-32 «Разработка молекулярно-генетических технологий для диагностики возбудителей описторхоза в окончательных и промежуточных хозяевах» (№ 20111158).

Библиографический список

1. Гончаренко Г.Г. и др. Генетика. Анализ наследственных закономерностей на генах меха кошек *Felis catus*. Гомель: ГГУ, 2007. 108 с.
2. О'Брайен, С. и др. Генетика кошки. Новосибирск: Наука, 1993. 212 с.
3. Borodin P.M. et al. Mutant allele frequencies in domestic cat populations of six soviet cities. *Journal of Heredity*. 1978. V. 69. P.169-174.
4. Гончаренко Г.Г. и др. Мутантные гены окраски в популяциях домашних

кошек Средней Азии и Европейской части СССР. Генетика. 1985, Т. XXI. № 7. С.1151-1158.

5. Robinson R. Genetics for Cat Breeders. London: Pergamon Press, 1977. 202p.

6. Nei M. Genetic distance between populations. American Naturalist, 1972. V. 106. P.283-292.

7. Sneath P.H.A. et al. Unweighted pair-group method average, UPGMA. Numerical taxonomy. San Francisco: W.H. Freeman & Co., 1973. 573 p.

8. Felsenstein J. Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap. Evolution. 1985. V. 39. P.783-791.

9. Гончаренко Г.Г. и др. Учебная программа для обработки эволюционно-генетических данных и их геносистематической интерпретации. Гомель: ГГУ, 1988. 32 с.

10. Ota T. DISPAN: genetic distance and phylogenetic analysis. Institute of Molecular Evolutionary Genetics. The Pennsylvania State University.

УДК 575: 636.2

Ибрагимова Г.Р., Валитов Ф.Р.
ФГБОУ ВПО Башкирский ГАУ

ВЗАИМОСВЯЗЬ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОЛОКА КОРОВ ЧЕРНО-ПЕСТРОЙ ПОРОДЫ С ПОЛИМОРФИЗМОМ ПО ГЕНУ КАППА - КАЗЕИНА

Ключевые есть: молочная продуктивность, каппа-казеин; генетический контроль.

Известно, что при оценке коров важное значение имеет не только высокая молочность, но и качество молока, то есть содержание в нем жира, белка и других фракций. Казеины составляют 80% от общего содержания белка в молоке. В молоке они присутствуют в форме кальций-фосфатных мицелл (тончайших нитей), в стабилизации которых решающую роль играет каппа-казеин. Каппа-казеин – единственный белок, на который действует сычужный фермент, к тому же каппа-казеин обладает способностью стабилизировать казеиновый комплекс молока.

Доказано, что независимо от породной принадлежности животных объем и качество молочных продуктов в значительной степени определяются наличием В-аллеля гена каппа-казеина. По данным отечественных и зарубежных исследователей, В – аллель каппа-казеина указывает на более высокое содержание белка в молоке, более высокий выход творога и сыра, а также лучшие коагуляционные свойства молока.

Материалом для исследования послужили племенные коровы маточного поголовья черно-пестрой породы (n=120) ООО АП им. Калинина Стерлитамакского района Республики Башкортостан.

Данные о молочной продуктивности получены из племенных карточек 2 МОЛ непосредственно в хозяйстве.