

УДК 575.22

АНАЛИЗ ВОСЬМИ ПОЛИМОРФНЫХ Alu-ЭЛЕМЕНТОВ В ПОПУЛЯЦИИ ТЕЛЕУТОВ

© 2015 г. М. Г. Сваровская^{1, 2, 3}, А. В. Марусин², Т. И. Тачеева²,
И. Ю. Хитринская², Н. И. Гафаров⁴, В. А. Степанов^{1, 2}

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск 634050

²Научно-исследовательский институт медицинской генетики Сибирского отделения Российской академии
медицинских наук, Томск 634050
e-mail: maria.swarovskaja@medgenetics.ru

³Сибирский государственный медицинский университет, Томск 634050

⁴Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей, Новокузнецк 654005

Поступила в редакцию 30.09.2014 г.

Проанализированы частоты аллелей и генетическое разнообразие популяции телеутов по полиморфизму Alu-повторов в восьми аутосомных локусах (*ACE*, *APOA1*, *PLAT*, *F13*, *PV92*, *A25*, *CD4*, *D1*). Для сравнения в исследование включены ранее полученные данные по полиморфизму Alu-элемента в 19 популяциях коренных жителей Сибири. На дендрограмме генетических расстояний популяция телеутов располагается в кластере сибирских этносов, близких по происхождению, географии и культурным традициям.

DOI: 10.7868/S001667581508010X

Телеуты — народ численностью примерно 3 тыс. человек, населяющий юг Западной Сибири, в основном жители сельской местности и городов Кемеровской области, Алтайского края и Республики Алтай. Говорят телеуты на одном из южных диалектов алтайского языка. Письменность базируется на русской графической основе. Древнейшие предки телеутов — племена эпохи древних тюрков. В русских источниках телеуты (“белые калмыки” в отличие от “черных калмыков”, т.е. монгол) впервые упоминаются в начале XVII в. Телеуты активно участвовали в этногенезе соседствующих с ними народов (хакасы, алтайцы, различные группы приобских и притомских татар, русские), с которыми они в течение времени ассимилировались [1, 2].

Нами проанализированы образцы ДНК 155 представителей популяции телеутов, проживающих на территории Беловского района Кемеровской области, по панели аутосомных полиморфных инсерций Alu-повторов (*ACE*, *APOA1*, *PLAT*, *F13*, *PV92*, *A25*, *CD4*, *D1*). Alu-повторы представляют собой широко известное семейство коротких повторяющихся элементов. В геноме человека содержится около 1 млн копий Alu-повторов. Возраст этих последовательностей насчитывает более 100 млн лет, они способны перемещаться на новые локусы генома и встречаются в геномах многих видов [3]. Alu-повторы очень удобны для популяционно-генетических исследований и позволяют точно идентифицировать предковое

(отсутствие инсерции) и производное (наличие Alu-повтора) аллельное состояние.

В исследование были включены ранее полученные данные по полиморфизму Alu-элемента в 19 популяциях коренных жителей Сибири и сопредельных территорий: тувинцев, бурят, эвенков, алтайцев, кетов, якутов, киргизов, узбеков, дунган, казахов, таджиков, русских, чукчей, эскимосов, нивхов, украинцев, хантов, манси и коряков [4]. Образцы ДНК выделяли из лейкоцитов периферической крови стандартным методом [5]. Генотипирование проводили с помощью ПЦР и последующего электрофореза в 2%-ном агарозном геле. Генетические взаимоотношения между этносами анализировали с помощью факторного анализа. Генетические расстояния между популяциями и коэффициент генной дифференциации G_{ST} рассчитывали по методу Нея [6]. Филогенетическое древо популяций строили с помощью пакета программ PHYLIP (версия 3.5) [7], используя 1000 бутстреп-реплик исходного массива данных.

В таблице приведены аллельные частоты и ожидаемая гетерозиготность по восьми локусам для популяции телеутов, а также уровень генетической дифференциации для 20 популяций. Распределение генотипов в семи локусах соответствует распределению Харди–Вайнберга (кроме локуса *F13*, $\chi^2 = 11.2618$, $P < 0.01$).

Высокая частота инсерционного аллеля (75–82%) наблюдается в локусах *APOA1*, *F13*, *CD4*. Очень низкая частота инсерции (9%) — в

Частота инсерционного (I) аллеля изученных Alu-локусов, показатель гетерозиготности в популяции телеутов и уровень генетической дифференциации для 20 популяций Северной Евразии

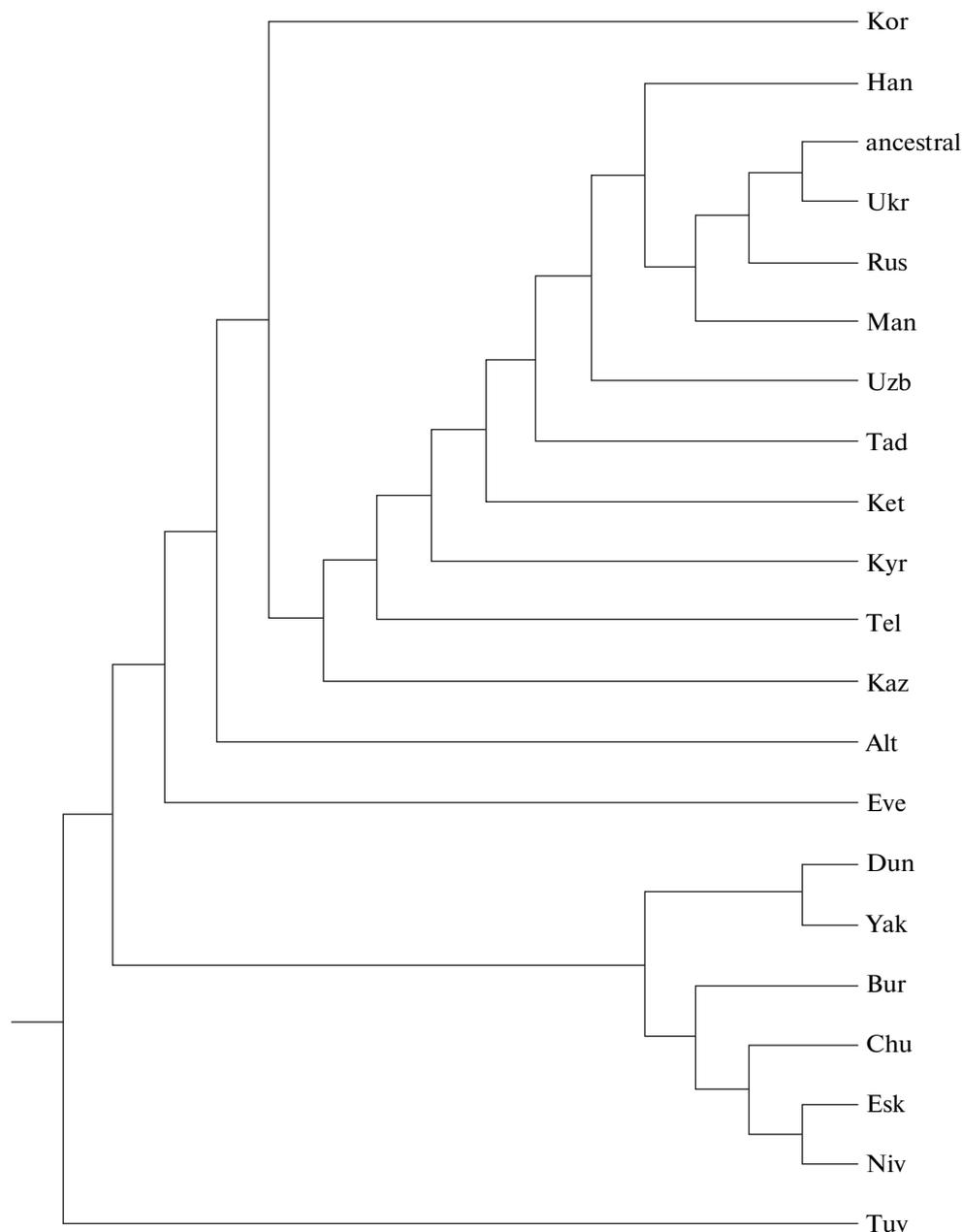
Показатель	<i>ACE</i>	<i>APOA1</i>	<i>PLAT</i>	<i>F13</i>	<i>PV92</i>	<i>A25</i>	<i>CD4</i>	<i>D1</i>
Частота аллеля I в популяции телеутов	0.516	0.823	0.542	0.745	0.539	0.097	0.786	0.418
H_e в популяции телеутов	0.499	0.292	0.497	0.380	0.497	0.175	0.337	0.487
Значение G_{ST} (для 20 популяций), %	3.6	4.2	1.5	11.9	13.2	0.4	10.3	6.3

локусе *A25*. Сравнивая частоты аллелей в популяции телеутов с аналогичными локусами в других популяциях, наиболее интересным представляется сравнение по трем маркерам — *PV92*, *F13B* и *APOA1*, поскольку именно эти три локуса позволяют хорошо дифференцировать европеоидные и монголоидные популяции [8, 9]. Частоты инсерционного аллеля в популяции телеутов по локусам *PV92* и *F13B* (0.54 и 0.75 соответственно) объединяют эту популяцию с монголоидами. По встречаемости Alu-вставки в локусе *APOA1* (0.82), имеющей тенденцию к более низкой частоте у монголоидов, популяция телеутов занимает среднее положение между монголоидными и европеоидными популяциями.

Популяция телеутов характеризуется достаточно высоким уровнем генетического разнообразия: средняя ожидаемая гетерозиготность популяции в совокупности по восьми локусам составила 0.39, что оказалось близко к среднему значению по пяти Alu-инсерциям в ранее изученных популяциях Сибири и Средней Азии [10] (от 0.343 в популяции татар до 0.450 в популяции северных алтайцев). Особенно высокий уровень разнообразия наблюдается по локусам *ACE* ($H_e = 0.499$), *PLAT* ($H_e = 0.497$), *PV92* ($H_e = 0.497$) и *D1* ($H_e = 0.487$).

В работе была оценена генетическая подразделенность двадцати популяций (в том числе и телеутов), проживающих на территории Северной Евразии, как по отдельным локусам, так и по совокупности восьми Alu-инсерций. Значения коэффициента генной дифференциации, оценивающего долю генетического разнообразия в популяции и обусловленного межпопуляционными различиями (G_{ST}), по каждому локусу для совокупности популяций приведены в таблице. Генофонд популяций Северной Евразии, представляющих различные географические регионы и лингвистические группы, оказался высоко дифференцированным. Данные по отдельным локусам показывают, что наибольший вклад в межпопуляционное разнообразие вносят различия по частотам Alu-инсерций в локусах *PV92*, *F13B* и *CD4*. Наименьшая степень межпопуляционного разнообразия наблюдается для Alu-инсерций в локусах *PLAT* и *A25*.

Дендрограмма генетических взаимоотношений между 20 популяциями по восьми изучаемым маркерам наглядно демонстрирует положение телеутов на филогенетическом древе среди народов Сибири (рисунок). Телеуты на филогенетическом древе располагаются в одном большом кластере в непосредственной близости от казахов, алтайцев, киргизов, эвенков, кетов. Данные по Y-хромосомным маркерам показывают противоречивые данные о родстве алтайцев и телеутов [11]. Антропологические же данные свидетельствуют об их близком родстве [12]. Низкая доля межпопуляционных различий, выявленная по Alu-повторам, характерна для народов Южной Сибири, что говорит о гомогенности генофонда этого региона [13]. Наши результаты по Alu-инсерциям также демонстрируют близость этих групп, а результаты изучения гаплогрупп Y-хромосомы у телеутов обнаруживают в их генофонде связь с древнетюркским и самодийским этническим компонентом. Генетическое родство телеутов с другими популяциями Алтая и Саян также прослеживается по связи культурных традиций, обрядов и ритуального фольклора с алтайскими этносами, расположенными географически близко к изучаемой группе. Так, например, для учета скота телеутские пастухи пользовались специальными счетными деревянными палочками “чербик”, подобно проживающим на сопредельных территориях кумандинцам и хакасам [12]. Представители одного сеока (генеалогического рода) часто стремились поселиться поблизости друг от друга. В XIX—начале XX веков характерными типами жилищ были постоянные каркасные наземные постройки конического типа из жердей и коры или бересты — алан-чык. Аналогичные постройки известны близким соседям телеутов — хакасам и тувинцам, а также малочисленным алтайским народностям — алтай-кижи и теленгитам. Еще одно свидетельство организации телеутских построек (обкладывание дерном наружных стен и дополнительно для прочности обшитые плетнем внутри землянки, вход, ориентированный на восток, глинобитная печь, расположенная справа от входа) очень похоже на описание полуземлянок, известных народам Алтая — челканцам, кумандинцам, а также шорцам и хакасам [12]. Древней-



Дендрограмма генетических взаимоотношений между 20 популяциями Северной Евразии по восьми изучаемым Alu-маркерам. Tuv – тувинцы, Niv – нивхи, Esk – эскимосы, Chu – чукчи, Bur – буряты, Yak – якуты, Dun – дунгане, Eve – эвенки, Alt – алтайцы, Kaz – казахи, Tel – телеуты, Kyr – киргизы, Ket – кеты, Tad – таджики, Uzb – узбеки, Man – манси, Rus – русские, Ukr – украинцы, ancestral – предковая популяция, Han – ханты, Kor – коряки.

ший жанр устного творчества – похоронные плачи (сыгыт) восходит к древнетюркской эпохе. Традиционной религией телеутов является шаманизм, сходный с шаманизмом алтайских народов [14].

Таким образом, исследована молекулярно-генетическая структура телеутов по восьми полиморфным Alu-инсерциям, показаны частоты аллелей и уровень генетического разнообразия в популяции телеутов, а также место изучаемой по-

пуляции среди этносов Северной Евразии. Кроме этногенетического родства, немаловажным компонентом близости телеутов к алтайским популяциям на филогенетическом древе является, вероятно, глубокая внутренняя связь культурных и лингвистических традиций изучаемых этносов.

Работа частично финансировалась Программой “Научный фонд им. Д.И. Менделеева Томского гос. университета (2014–2015 гг.)”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коренные малочисленные народы Севера и Сибири: Руководство для исследователей / Под ред. Функ Д.А., Силланпяя Л. Finland: Vaasa, 1999. 171 с.
2. Тюркские народы Сибири / Отв. ред. Функ Д.А., Томилов Н.А. М.: Наука, 2006. 678 с.
3. Хитринская И.Ю., Степанов В.А., Пузырев В.П. Alu-повторы в геноме человека // Мол. биология. 2003. Т. 37. № 3. С. 382–391.
4. Степанов В.А. Этногеномика населения Сибири и Средней Азии // Мед. генетика. 2002. Т. 1. № 3. С. 113–123.
5. Johns M., Paulus-Thomas J. Purification of human genomic DNA from whole blood using sodium perchlorate in place of phenol // Anal. Biochem. 1989. V. 180. № 2. P. 276–278.
6. Nei M. Molecular Evolutionary Genetics. N.Y.: Columbia Univ. Press, 1987.
7. Felsenstein J. PHYLIP, version 3.5. Seattle: Univ. Washington, 1993.
8. Batzer M.A., Deininger P.L. Alu repeats and human genomic diversity // Nat. Rev. Genet. 2002. № 3. P. 370–379.
9. Stoneking M., Fontius J., Clifford S. et al. Alu-insertion polymorphisms and human evolution: Evidence for a larger population size in Africa // Genome Res. 1997. V. 7. P. 1061–1071.
10. Степанов В.А. Этногеномика населения Сибири и Средней Азии. Томск: Печатная мануфактура, 2002. 240 с.
11. Харьков В.Н., Медведева О.Ф., Лузина Ф.А. и др. Сравнительная характеристика генофонда телеутов по данным маркеров Y-хромосомы // Генетика. 2009. Т. 45. № 8. С. 1132–1142.
12. Потапов Л.П. Очерки по истории алтайцев. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1953. С. 133–164.
13. Хитринская И.Ю., Харьков В.Н., Воевода М.И., Степанов В.А. Генетическое разнообразие и взаимоотношения популяций Северной Евразии по полиморфным инсерциям Alu-элемента // Мол. биология. 2014. Т. 48. № 1. С. 69–80.
14. Лекман Л.П. Мифология и фольклор Алтая. Барнаул: Изд-во АГИИК, 2000. 131 с.

Analysis of Eight Polymorphic Alu Elements in the Teleuts Population

M. G. Swarovskaya^{a, b, c}, A. V. Marusin^b, T. I. Tacheeva^b,
I. Yu. Khitrinskaya^b, N. I. Gafarov^d, and V. A. Stepanov^{a, b}

^aNational Research Tomsk State University, Tomsk, 634050 Russia
e-mail: maria.swarovskaja@medgenetics.ru

^bInstitute of Medical Genetics, Tomsk Research Center, Siberian Branch
of the Russian Academy of Medical Sciences, Tomsk, 634050 Russia

^cSiberian State Medical University, Tomsk, 634050 Russia

^dNovokuznetsk State Institute of Postgraduate Medicine, Novokuznetsk, 654005 Russia

Allele frequencies and genetic diversity in the population of Teleuts were assessed by the Alu repeat polymorphism at eight autosomal loci (*ACE*, *APOA1*, *PLAT*, *F13*, *PV92*, *A25*, *CD4*, *D1*). For comparison, the study included previously obtained data on the Alu polymorphism in 19 indigenous populations of Siberia. On the dendrogram of genetic distances, the Teleut population is located in the cluster of Siberian ethnic groups, which are similar in origin, geography, and cultural traditions.

English translation of the paper is published in “Russian J. Genetics” (2015, vol. 51, no. 8), www.maik.ru.