

ГЕНЕТИКО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БЕЛГОРОДСКОГО РЕГИОНА

Сергеева Кристина Николаевна

Аспирант

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный
национальный исследовательский университет»

Сорокина Инна Николаевна

Доктор биологических наук, профессор

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный
национальный исследовательский университет»

sorokina@bsu.edu.ru

GENETIC AND DEMOGRAPHIC FEATURES OF THE BELGOROD REGION

**C. Sergeeva
I. Sorokina**

Summary. The aim of the study was to study the genetic and demographic characteristics of 9 regional populations of the Belgorod region. Within the framework of this study, based on the analysis of 5127 marriage records, the main marriage and demographic indicators were established (the age of marriage in general in the population and in its reproductive part, the national composition of spouses, the main indicators of the Maleko isolation model were calculated) at the beginning of the 21st century. The variability of the level of local inbreeding (a) in regional populations (0.00012–0.00037) was established, which corresponds to similar indicators in the neighboring Kursk region and somewhat differs from Moscow and the Moscow region, as well as border Ukraine. The average age of marriage was 25 and 27 years for men and women, respectively. Despite the high migration influx of the population in the Belgorod region, the main nationality of those who entered into marriage is the Russian nationality.

Keywords: demographic structure, inbreeding, Maleko's model of isolation by distance.

Аннотация. Целью исследования явилось изучить генетико-демографические особенности 9 районных популяций Белгородской области. В рамках данного исследования на основе анализа 5127 актовых записей о заключении брака установлены основные брачно-демографические показатели (возраст вступления в брак в целом в популяции и в её репродуктивной части, национальный состав супругов, рассчитаны основные показатели модели изоляции расстоянием Малекко) на начало XXI века. Установлена вариабельность уровня локального инбридинга (a) в районных популяциях (0.00012–0.00037), что соответствует аналогичным показателям по соседней Курской области и несколько отличается от Москвы и Московской области, а также приграничной Украины. Средний брачный возраст составил 25 и 27 лет, соответственно для мужчин и женщин. Несмотря на высокий миграционный приток населения в Белгородскую область, основной национальностью вступающих в брак, является русская национальность.

Ключевые слова: демографическая структура, инбридинг, модель изоляции расстоянием Малекко.

Введение

Начиная с середины прошлого века, проводятся комплексные медико-популяционно-генетические исследования различных регионов Российской Федерации. Первым этапом данных исследований в соответствии со стандартным протоколом является изучение популяционно-генетических характеристик обследуемого региона. На следующем этапе полученные данные используются с целью дальнейшего детального медико-генетического и генетико-эпидемиологического исследования населения. К настоящему времени проведено изучение демографической структуры и распространенности мультифакториальной патологии в различных популяциях мира: Испании и Порту-

галии [1], Италии [2], Кореи [3], Африки [4], России (в том числе 14 регионов европейской части России, Юга России, Северного Кавказа, Волго-Уральского региона [5], Курской, Белгородской областях [6–11]) и др. [12–14].

Популяционные особенности населения выступают существенным фактором, оказывающим влияние на территориальное распределение основных медико-генетических характеристик (спектр и величина груза наследственной патологии). Важной характеристикой популяционной структуры населения являются брачно-миграционные параметры. Изучение брачно-миграционной структуры является одним из традиционных способов описания генетико-демографических процессов, протекающих в популяции.

Брачная структура имеет важное значение с точки зрения детерминации направленности изменения генетической структуры популяций.

Цель исследования

Изучить брачно-миграционные характеристики населения 9 районов Белгородской области на начало XXI века.

Материалы и методы

Материалом для исследования популяционно-демографической структуры населения послужили данные записей актов о заключении браков из областного архива ЗАГС г. Белгорода за 2015–2019 гг. Из актов записей выкопировались данные о возрасте вступления в брак, национальности, месте рождения супругов по 9 районам Белгородской области (Борисовский, Волоковский, Красненский, Корочанский, Прохоровский, Ивнянский, Ракитянский, Ровеньской, Чернянский, Шебекинский районы). При расчете параметров изоляции расстоянием Малекко из рассмотрения исключались браки: расторгнутые; людей пенсионного возраста; когда один из супругов был уроженцем не существующей ныне деревни, вследствие невозможности подсчета расстояния; когда оба из супругов были родом не из популяции Белгородской области, поскольку такие миграции не носили брачного характера; браки между уроженцами одного населенного пункта, вследствие невозможности подсчета расстояния. Общий объем выборки составила 5127 записей. Расчет географических расстояний между местами рождения супругов проводился на сайте <https://ru.distance.to>.

Изучение демографической структуры населения Центрального Черноземья проводилось на уровне района (элементарная популяция в 90-е годы, как показано нами ранее [15]). Расчет параметров модели изоляции расстоянием Малекко производился по стандартной методике, изложенной ранее в работе [16]. В модели изоляции расстоянием принято делить миграции на длинные, короткие и промежуточные. За длинные принимаются такие, где расстояние между местами рождения супругов $d > 4\sigma\sqrt{2}$, $\sigma = \sqrt{\sum d_i^2/n}$; за короткие, где $d < \sigma'/10\sqrt{2}$, $\sigma' = \sqrt{\sum d_i^2/n}$, где d_i — множество миграций, не включающих дальние, то есть любое $d_{i1} < 4\sigma\sqrt{2}$; за промежуточные миграции принимаются такие, где расстояния между местами рождения супругов $\sigma'/10\sqrt{2} < d < 4\sigma\sqrt{2}$. Зависимость коэффициента родства от расстояния d аппроксимируется формулой Малекко: $\Phi(d) = a \times e^{-bd}$, где $\Phi(d)$ — средний коэффициент родства в локальной популяции (т.е. $\Phi(0) = a$), который в элементарной популяции зависит от эффективного размера и уровня иммиграций в ней и задается урав-

нением: $a = 1/(4 \times N_e \times M_e + 1)$, где N_e — эффективный размер популяции, (то есть та часть популяции, в которой заключаются браки и которая создает следующее поколение), обычно принимаемый за треть от ее ценового размера, M_e — эффективное давление миграций, определяется по формуле:

$$M_e = \sqrt{m \times (m + 2k)},$$

где m — половина доли дальних миграций, т.е. $m = 1/2xp$ ($d < 4\sigma\sqrt{2}$), k — половина доли промежуточных миграций, т.е. $k = 1/2xp$ ($d > \sigma'/10\sqrt{2}$). b — это коэффициент линейного систематического давления, возвращающий генные частоты множества рассматриваемых популяций к равновесным значениям, $b = \sqrt{2 \times M_e} / \sigma'$ [16,17].

Результаты исследования и их обсуждение

На первом этапе были изучены особенности половозрастной структуры населения Белгородской области. Установлено, что средний брачный возраст женщин в исследуемых популяциях варьировал от 23.86 лет до 26.92 лет, при среднем значении по области 25.27 лет. Выявлено, что средний брачный возраст мужчин, вступивших в брак, в Белгородской области колебался от 26.75 лет до 29.35 лет, составляя в среднем по области 27.78 лет. При этом во всех 9 районах области средний брачный возраст мужчин статистически достоверно превышал средний брачный возраст женщин ($p < 0.001$). Анализ средней попарной разницы в возрасте между супругами в районах области установил колебания этого показателя от 2.00 лет до 3.80 лет. Среднепопуляционное значение этого показателя составило 2.65 года.

Изучение среднего брачного возраста супругов в репродуктивной части популяции показало, что в среднем по Белгородской области он равнялся 22.96 года для женщин и 24.22 года для мужчин. Коэффициент корреляции по брачному возрасту супругов в репродуктивной части, составил 0.86 ($p < 0.001$).

Далее был проведен анализ национального состава супругов, показавший, что основной национальностью супругов, вступивших в брак в Белгородской области в 2015–2019 гг. являлась русская национальность (мужчины — 89.39%, женщины — 87.90%). Удельный вес мужчин русской национальности по районам области изменялся от 41.77% до 98.00%. Доля женщин русской национальности по территориям области варьировала в пределах от 47.59% до 96.80%. На второе место после русской национальности в белгородской популяции выступает украинская национальность, что

Таблица 1. Параметры модели изоляции расстоянием Малеко в ряде районов Белгородской области в 2015–2019-е гг.

Район	s	s'	m	k	Me	Ne	a	b
Борисовский	108.38	83.97	0,019	0,397	0,125	6455	0,00031	0,0059
Волоконовский	78.06	53.76	0.016	0.346	0.105	9410	0.00025	0.0085
Красненский	41.14	26.71	0.022	0.360	0.127	5357	0.00037	0.0189
Корочанский	76.72	57.42	0.009	0.319	0.079	10042	0.00032	0.0069
Прохоровский	51.99	32.25	0.009	0.369	0.080	10859	0.00029	0.0124
Ивнянский	93.38	63.87	0.017	0.344	0.111	6267	0.00036	0.0074
Ракитянский	84.81	61.59	0.013	0.273	0.087	8914	0.00032	0.0067
Ровеньской	76.54	60.45	0.012	0.282	0.082	7932	0.00034	0.0069
Чернянский	62.25	37.23	0.026	0.289	0.125	8623	0.00023	0.0134
Шебекинский	50.49	58.19	0.011	0.298	0.083	14373	0.00012	0.0070

Примечание: σ — среднеквадратическое расстояние между местами рождения супругов с учетом дальних миграций, σ' — среднеквадратическое расстояние между местами рождения супругов без учета дальних миграций, m — половина доли дальних миграций, k — половина доли промежуточных миграций, Me — эффективное давление миграций, Ne — эффективный размер популяции, a — локальный инбридинг, b — коэффициент линейного систематического давления.

связано с приграничным положением области с Украиной. Удельный вес мужчин украинской национальности в районах области изменялся от 0.91% до 55.82%, при среднем значении по области 7.19%. Среди женщин в целом по области украинки составляли 9.01%. В районах этот показатель варьировал от 2.20% до 49.80%. Максимальная доля лиц украинской национальности, превышающей долю женихов и невест русской национальности, установлена в Ровеньском районе Белгородской области. Так, на долю женихов украинской национальности приходилось 56%, на долю невест — 50%. Выявлено, что частота других национальностей во всех районах была незначительна и в среднем по области для мужчин составила 3.42%, для женщин — 3.09%.

Следует отметить, что полученные нами данные по половозрастному составу, вступающих в брак в белгородской популяции в начале XXI века согласуются с аналогичными показателями по соседней Курской области. Так, большая часть населения курского региона вступает в брак в возрасте от 25 до 34 лет. В структуре браков преобладают браки между представителями русской национальности.

Важной характеристикой популяционной структуры населения являются брачно-миграционные параметры, одними из которых выступают параметры модели изоляции расстоянием Малеко. Модель изоляции расстоянием Малеко позволяет адекватно описывать популяционную структуру современного населения [16], а значения локального инбридинга (a) соответствуют показателю подразделенности популяций F_{st} , рассчитанного по фамилиям. На уровне элементарной популяции (район [15]) среди населения 9-ти районов

Центрального Черноземья проведено изучение параметров изоляции расстоянием Малеко в 2015–2019-е гг. (табл. 1) Красненский района Белгородской области характеризуется минимальными значениями среднеквадратических расстояний между местами рождения супругов с учетом дальних миграций (σ) и без них (σ') — 41.14 км и 26.71 км, соответственно. Максимальные значения этих же показателей (σ и σ') отмечены в Борисовском районе — 108.38 км и 83.97 км, соответственно. Минимальная доля дальних миграций (m) — 0,009 наблюдалась в Прохоровском и Корочанском районах при максимальном значении данного показателя в Чернянском (0.026) и Красненском (0.022) районах области. Вариабельность доли промежуточных миграций (k) составила 1.5 раза, при минимальном значении в Ракитянском районе, максимальном — в Борисовском районе. Максимальное эффективное давление миграций (Me) испытывали Красненский, Борисовский и Чернянский районы, а минимальное — Корочанский, Прохоровский районы Белгородской области. Следует отметить, что Красненский район Белгородской области характеризуется максимальным уровнем локального инбридинга ($a=0.00037$) при минимальном значении эффективного размера популяции ($Ne=5357$), а Шебекинский район — минимальным уровнем локального инбридинга ($a=0.00012$) при максимальном значении эффективного размера популяции ($Ne=14373$).

Полученные нами данные согласуются с результатами ранее проведенных исследований по оценке динамики генетико-демографической структуры и параметров Малеко в Курской области [17,18]. Так же как и в Белгородской области (таб.1) была установлена значительная вариабельность коэффициента линейного

систематического давления (b) в районных популяциях Курской области. Вариабельность и динамика показателя локального инбридинга за исследуемый период в основном определялась изменением эффективного размера популяции и увеличением миграционной активности. В большинстве сельских районов произошло увеличение среднеквадратических расстояний между местами рождения супругов с учетом дальних миграций (σ) и без них (σ'), тогда как для городских жителей значение данного показателя практически не изменилось [18,19].

Исследования параметры модели изоляции расстоянием Малеко, проводимые для московской популяции [20] показали, что во второй половине XX века наблюдается увеличение среднеквадратических расстояний между местами рождения супругов по сравнению с концом XIX века. Степень изоляции расстоянием в середине XX века по сравнению с его началом уменьшилась вдвое, к концу века — втрое (от 0.0016 до 0.0005).

Параметры модели изоляции расстоянием Малеко, рассчитанные для некоторых городов Украины (Полтава, Харьков, Донецк) в целом повторяли ту же временную тенденцию, что и Москве, за исключением того момента, что в 1990-е годы степень изоляции расстоянием в Донецке и Полтаве возросла [21].

Подобные тенденции, характерны для большинства крупных городов России и могут привести в долгосрочной перспективе к существенному изменению структуры генофонда населения. Это подтверждается исследованиями и ряда зарубежных популяций. Так, в большом количестве генетико-демографические исследований населения Испании [1], Италии [2] показано, что существующие отношения между популяциями являются следствием их миграционного и генетического обмена, который обратно пропорционален разделяющему их расстоянию. Данные работы демонстрируют влияние географической удаленности и административных преобразований на структуру населения. Были проанализированы данные из брачных записей населения г. Оливия до изменения границ и после их изменения (произошла смена суверенитета Португалии на Испанию в районе, окружающем город Оливенца). Изменение политической границы привело к снижению уровня инбридинга. Параметры модели изоляции расстоянием показали уменьшение относительного веса географической дистанции в межпопуляционном родстве. Политическая граница выступила фактором дифференциации населения Пиренейского полуострова (Испания и Португалия) [1].

Массовое обследование всех брачных мигрантов в Корею показало взаимосвязь между этническим составом, миграционной активностью и заболеваемостью населения [3]. Было установлено, что увеличение

межэтнических браков приводит к снижению заболеваемости населения.

Для изолированных популяций характерен высокий уровень эндогамии и инбридинга, что приводит к уменьшению генетического разнообразия популяции и, как следствие, увеличению груза наследственной патологии. Так, для Северной Африки (регион, отделенный от остальной части континента Сахарой и от Европы Средиземным морем) основными демографическими особенностями населения являются их семейная структура и высокий уровень семейной и географической эндогамии [4]. Это оказывает влияние на здоровье населения, особенно на частоту и спектр генетической патологии (здесь зарегистрировано более 500 различных генетических заболеваний).

Миграционно активные регионы характеризуются большим генетическим разнообразием и аутбредингом. Такая ситуация (рост аутбредных и межнациональных типов браков) в основном характерна для крупных городов Российской Федерации, Москвы и Московской области, Санкт-Петербурга, в том числе и для Белгородской области. Миграционные процессы на протяжении всей истории Белгородской области (в современных границах область образована в 1954 г.) оказывали определенное влияние на ее популяционно-генетическую структуру. В отличие от большинства регионов России, в Белгородской области, несмотря на низкую рождаемость и высокую смертность, происходит увеличение численности не только городского, но и сельского населения за счет высокого иммиграционного притока.

Заключение

Таким образом, проведенное исследование генетико-демографической структуры населения Белгородской области на начало XXI века позволило выявить вариабельность уровня локального инбридинга (a) в районных популяциях (0.00012–0.00037), что соответствует аналогичным показателям по соседней Курской области и несколько отличается от Москвы и Московской области, а также приграничной Украины. В одном из анализируемых районов области — Красненском — установлены максимальные значения локального инбридинга, коэффициента линейного систематического давления при минимальных значениях эффективного размера популяции и среднеквадратических расстояний между местами рождения супругов с учетом дальних миграций и без них. Изучение брачной структуры показало, что средний брачный возраст составил 25 и 27 лет, соответственно для мужчин и женщин. Несмотря на высокий миграционный приток населения в Белгородскую область, основной национальностью, вступающих в брак, является русская национальность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Román-Busto J. (2015) Influence of Changes in Political Barriers and of Geographic Distance on Kinship Inferred from Surnames and Migration Data in Olivenza, Spain, and Surrounding Portuguese Areas. *Hum Biol.* 87(2):122–31. doi: 10.13110/humanbiology.87.2.0122.
2. Montesanto A., De Rango F., Pirazzini C., et al. (2017) Demographic, genetic and phenotypic characteristics of centenarians in Italy: Focus on gender differences. *Mech Ageing Dev.* 165 (Pt B):68–74. doi: 10.1016/j.mad.2017.04.008. Epub 2017 Apr 29.
3. Harris H.K. (2018) Investigating the Associations between Ethnic Networks, Community Social Capital, and Physical Health among Marriage Migrants in Korea. *Int J Environ Res Public Health.* 15(1): 147. doi: 10.3390/ijerph15010147
4. Romdhane L., Mezzi N., Hamdi Y., et al. (2019) Consanguinity and Inbreeding in Health and Disease in North African Populations. *Annual Review of Genomics and Human Genetics.* 31(20):155–179. doi: 10.1146/annurev-genom-083118–014954
5. Zinchenko R.A., Ginter E.K., Kutsev S.I. (2020) Features of the diversity of hereditary diseases in different regions and multiethnic populations of the Russian Federation. *Medical genetic.* 19 (7(216)): 13–14. (in Russian) DOI: 10.25557/2073–7998.2020.07.13–14
6. Reshetnikov E.A., Akulova L.Y., Dobrodomova I.S. et al. (2015) The insertion-deletion polymorphism of the ACE gene is associated with increased blood pressure in women at the end of pregnancy. *J Renin Angiotensin Aldosterone Syst.* 16(3):623–32. doi: 10.1177/1470320313501217.
7. Litovkina O., Nekipelova E., Dvornyk V. et al. (2014) Genes involved in the regulation of vascular homeostasis determine renal survival rate in patients with chronic glomerulonephritis. *Gene.* 546(1):112–6. doi: 10.1016/j.gene.2014.04.020.
8. Churnosov M.I., Altuchova O.B., Demakova N.A. et al. (2014) Associations of cytokines genetic variants with myomatous knots sizes. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences.* 5(6):1344–1347.
9. Krivoshei I.V., Altuchova O.B., Polonikov A.V., et al. (2015) Bioinformatic Analysis of the Liability to the Hyperplastic Processes of the Uterus. *Research journal of pharmaceutical biological and chemical sciences.* 6(5):1563–1566.
10. Krivoshei I.V., Altuchova O.B., Golovchenko O.V. et al. (2015) Genetic Factors of Hysteromyoma. *Research Journal of Medical Sciences.* 9(4): 182–185. DOI:10.36478/rjmsci.2015.182.185
11. Sorokina I.N., Churnosov M.I., Balanovska E.V. (2007) The gene pool of the Belgorod oblast population: ii. “Family name portraits” in groups of districts with different degrees of subdivision and the role of migrations in their formation Russian. *Journal of Genetics.* 43(8): 929–936.
12. Balanovsky O., Pocheshkhova E., Pshenichnov A., et al. (2005) Is spatial distribution of the HIV-1-resistant CCR5Δ32 allele formed by ecological factors? *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science.* 24 (4):375–382.
13. Saeed A., Jarin T.M., Yasir A., et al. (2020) Genetic and reproductive consequences of consanguineous marriage in Bangladesh. *PLoS One.* 30(15(11)): e0241610. doi: 10.1371/journal.pone.0241610.
14. Sergeeva CN, Sokorev SN, Efremova OA, et al. (2021) Analysis of the level of population endogamia as the basis of population-genetic and medical-genetic studies. *Research Results in Biomedicine.* 7(4): 375–387. (in Russian) DOI: 10.18413/2658–6533–2021–7–4–0–4
15. Churnosov M.I., Sorokina I.N., Balanovska E.V. (2008) The gene pool of the Belgorod oblast population: changes in the endogamy indices of district populations with time. *Russian Journal of Genetics.* 44 (8): 975–982. DOI: 10.1134/S1022795408080127
16. Malecot G. Isolation by distance // *Genetic Structure of Population* / N.E. Morton ed. Univ. of Hawaii Press. Honolulu.–1973.— P. 72–75.
17. Sorokina I.N., Churnosov M.I., Balanovska E.V. (2009) The gene pool of the Belgorod oblast population: Malecot’s isolation-by-distance parameter. *Russian Journal of Genetics.* 45(3): 335–340. DOI: 10.1134/S1022795408080127
18. Vasilyeva L.I. (2002) Dynamics of the Genetic Demographic Structure of the Kursk Oblast Population: Migration Processes. *Russian Journal of Genetics.* 38(4): 546–533
19. Sorokina I.N., Churnosov M.I., Balanovska E.V. (2009) The gene pool of the Belgorod oblast population: changes in population genetic relationships during the past 50 years. *Russian Journal of Genetics.* 45 (4): 486–494. DOI: 10.1134/S1022795409040140
20. Kurbatova O.L., Yankovsky N.K. (2016) Migration as the main factor of the Russia’s urban population dynamics. *Russian Journal of Genetics.* 52(7): 726–745. DOI: 10.1134/S1022795416070061
21. Atramentova L.A., Filiptsova O.V., Osipenko S. Iu. (2002) Genetic demography of Ukrainian urban populations in the 1990s: the ethnic composition of the migration flow in the Kharkov population. *Russian Journal of Genetics.* 38(7): 816–823. DOI: 10.1023/A:1016399823573

© Сергеева Кристина Николаевна, Сорокина Инна Николаевна (sorokina@bsu.edu.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»