

УДК 575.174

ДИНАМИКА ПОПУЛЯЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ НАСЕЛЕНИЯ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ. ИЗОЛЯЦИЯ РАССТОЯНИЕМ МАЛЕКО

© 2024 г. К. Н. Сергеева¹, С. Н. Сокорев¹, Ю. И. Гончарова¹,
А. С. Невинных¹, И. В. Батлуцкая¹, И. Н. Сорокина^{1,*}

¹Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, 308015 Россия
*e-mail: Sorokina@bsu.edu.ru

Поступила в редакцию 25.02.2024 г.

После доработки 27.03.2024 г.

Принята к публикации 03.04.2024 г.

В статье представлены результаты оценки динамики показателей модели изоляции расстоянием Малек среди населения Белгородской области с 1978–1980 гг. по 2016–2018 гг. При сравнении с данными за 1890–1910 гг. и 1951–1953 гг. в среднем по региону установлено увеличение сред-неквадратических расстояний между местами рождения супругов с учетом дальних миграций (6.9 раза) и без них (13.3 раза), эффективного давления миграций (1.5 раза) и снижение коэффици-ента линейного систематического давления (11 раз), эффективного размера популяции (1.3 раза). Уровень локального инбридинга значительно снизился среди городского населения и сохранился среди сельского. Наиболее выраженные изменения параметров модели изоляции расстоянием Малек приходились на середину – вторую половину XX в. Различия по большинству показате-лей модели изоляции расстоянием Малек между городом и селом, максимально выраженные в конце XIX в., уменьшались в ряду поколений и практически нивелировались к 2016–2018 гг.

Ключевые слова: модель изоляции расстоянием Малек, локальный инбридинг.

DOI: 10.31857/S0016675824090117 **EDN:** ADJYLZ

Изучение популяционно-генетических особен-ностей различных групп народонаселения прово-дится с использованием различных моделей, одной из которых является модель изоляции расстояни-ем Малек [1–3]. Данная модель учитывает влия-ние географических расстояний на генетическое разнообразие популяций и позволяет оценивать уровень генетической дифференциации насе-ления, определять факторы, оказывающие влияние на генетические особенности популяции [3]. Мо-дель изоляции расстоянием Малек успешно при-меняется с конца XX в. во многих популяционных исследованиях различных этно-территориальных групп населения [3–15].

Настоящее сообщение продолжает серию работ [16, 17], посвященных изучению динамики ряда популяционно-демографических показателей сре-ди населения юга Центральной России, и является продолжением исследования динамики параме-тров модели изоляции расстоянием Малек [17] среди населения Белгородской области за период с 1951 г. по 2018 г.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект настоящего исследования — населе-ние районных популяций Белгородской области

(Белгородский, Старооскольский, Новоосколь-ский, Корочанский, Грайворонский, Валуйский, Алексеевский, Красногвардейский районы). Де-тальные характеристики изучаемых районов и критерии их включения изложены в ранее пред-ставленных работах [16, 17]. Исследование прово-дилось за три временных периода: 1978–1980 гг., 1991–1993 гг. и 2016–2018 гг.

Материалом служили данные актов гражданско-го состояния областного архива ЗАГС за 1978–1980 гг. (10991 записей), 1991–1993 гг. (4508 записей) и 2016–2018 гг. (5467 записей) суммарным объемом 20966 расстояний между местами рождения супру-гов. Методические особенности расчетов параме-тров изоляции расстоянием Малек представлены в предыдущих работах [14, 17]. Анализ проводился на уровне районов [18]. Для оценки тенденций ди-намики показателей модели изоляции расстоянием Малек использовались данные по пяти вре-менным периодам: 1890–1910 гг., 1951–1953 гг., 1978–1980 гг., 1991–1993 гг. и 2016–2018 гг. (пер-вые два периода рассмотрены ранее [17]). Таким образом, динамика параметров изоляции нами была рассмотрена за 130-летний период (с 1890 по 2018 г.).

С целью оценки взаимосвязи между параме-трами изоляции расстоянием Малек и другими

изучаемыми популяционно-демографическими показателями (доли браков, заключаемых между выходцами из разных областей, из одной области, из одного района, из одного села (эти показатели были представлены ранее [16])) проводился корреляционный анализ (рассчитывали ранговый коэффициент корреляции Спирмена) по пяти временным периодам (первые два периода рассмотрены ранее [17]).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Параметры модели изоляции расстоянием Малёко среди населения юга Центральной России

1. 1978–1980 гг. В 1978–1980 гг. выявлена значительная вариабельность большинства показателей модели изоляции расстоянием Малёко по районам Белгородской области (табл. 1). Максимальная изменчивость установлена для эффективного размера популяции (9.8 раз, от 10156 до 99219), локального инбридинга (9 раз, от 0.00003 до 0.00027), коэффициента линейного систематического давления (4.8 раза, от 0.000152 до 0.00722) и среднеквадратических расстояний между местами рождения супругов без учета дальних миграций (4.7 раза, от 58.3 км до 274.42 км). Значение локального инбридинга в среднем по области составляло 0.00012. Минимальные значения данного показателя характерны для районов с максимальным эффективным размером популяции, в составе которых находится крупный город, — это Белгородский (0.00003), Старооскольский (0.00005), Алексеевский (0.00007), Валуйский (0.00009) районы. Максимальные значения локального инбридинга отмечались в Грайворонском районе (0.00027), испытывавшем низкое давление миграций (0.092) при минимальном эффективном размере популяции ($N_e = 10156$).

Анализ городского и сельского населения Белгородской обл. показал, что в городе в среднем выше эффективный размер популяции (в 3.3 раза), среднеквадратические расстояния между местами рождения супругов с учетом дальних миграций (в 1.2 раза) и без них (в 1.4 раза). Низкое значение локального инбридинга (0.00021) обусловлено тем, что эффективный размер популяции в городе в среднем в 3.34 раза выше, а коэффициент линейного систематического давления и эффективное давление миграций ниже (в 1.9 и 1.6 раза соответственно), чем в сельской местности (табл. 1).

2. 1991–1993 гг. В 1991–1993 гг. значительная вариабельность установлена по показателю локального инбридинга (16 раз, от 0.00002 до 0.00029) и эффективного размера популяции (14.4 раза, от 8851 до 127708) (табл. 2). Несколько меньшая изменчивость отмечалась для коэффициента линейного систематического давления (1.8 раза, от

0.00191 до 0.00352), среднеквадратических расстояний между местами рождения супругов без учета дальних миграций (1.7 раз, от 135.44 км до 230.34 км) и половины доли дальних миграций (1.6 раз, от 0.017 до 0.027).

Значения коэффициента локального инбридинга были минимальны (0.00002–0.00003) в районах с максимальным эффективным размером популяции, в состав которых входил крупный город, — в Белгородском, Старооскольском районах. Максимальные значения локального инбридинга (0.00029) отмечались в Грайворонском районе, испытывавшем наименьшее давление миграций (0.097) при минимальном эффективном размере популяции (8851) (табл. 2).

В городских популяциях в среднем эффективный размер популяции был выше в 4.7 раза, а уровень локального инбридинга ниже в 5 раз по сравнению с сельским населением (табл. 2).

3. 2016–2018 гг. В 2016–2018 гг. максимальная вариабельность установлена для эффективного размера популяции (17.2 раза, от 9905 до 170230) и локального инбридинга (17.2 раза, от 0.00001 до 0.00024) (табл. 3). Несколько меньшая изменчивость отмечалась для коэффициента линейного систематического давления (2 раза, от 0.00216 до 0.00427), среднеквадратических расстояний между местами рождения супругов с учетом дальних миграций (1.5 раза, от 207.55 км до 311.00 км) и без них (1.8 раза, от 115.64 км до 211.01 км).

Минимальные значения локального инбридинга наблюдались в районах (Белгородский (0.00001) и Старооскольский (0.00003)), характеризующихся высоким уровнем урбанизации и отличающихся максимальным эффективным размером популяции. Максимальное значение данного показателя (0.00024) установлено в Грайворонском районе, испытывавшем низкое давление миграций (0.0105) при минимальном эффективном размере популяции (9905) (табл. 3).

Анализ параметров модели изоляции расстоянием Малёко, проведенный для жителей г. Белгорода и сельского населения Белгородского района, показал, что, несмотря на примерно одинаковую миграционную нагрузку, значение локального инбридинга в городе (0.00002) в 3 раза ниже, а эффективный размер популяции ($N_e = 130518$) в 3.3 раза выше, чем среди жителей села. По другим показателям модели изоляции расстоянием Малёко значимых отличий не выявлено (табл. 3).

Тенденции динамики основных показателей модели изоляции расстоянием Малёко среди населения юга Центральной России

На завершающем этапе работы был проведен анализ направлений динамики основных

Таблица 1. Параметры модели изоляции расстоянием Малек среди населения Белгородской области в 1978–1980 гг.

Районы	N	σ	σ'	m	k	M_e	N_e	a	b
Белгородский	3385	294.30	256.24	0.013	0.371	0.098	99219	0.00003	0.00173
город	2342	296.68	257.40	0.013	0.387	0.101	79372	0.00003	0.00175
село	1043	288.90	257.54	0.011	0.335	0.085	19847	0.00015	0.00160
Старооскольский	2236	310.77	274.42	0.013	0.301	0.087	54186	0.00005	0.00152
город	1266	351.28	350.16	0.000	0.355	0.017	38677	0.00039	0.00052
село	970	248.12	171.40	0.023	0.242	0.107	15509	0.00015	0.00270
Новооскольский	872	254.31	189.65	0.020	0.272	0.106	16480	0.00014	0.00243
Корочанский	863	210.38	137.74	0.023	0.301	0.119	15050	0.00014	0.00354
Грайворонский	497	274.14	224.01	0.015	0.274	0.092	10156	0.00027	0.00192
Валуйский	1249	242.16	180.81	0.019	0.285	0.106	74985	0.00009	0.00255
Красногвардейский	1042	142.46	58.30	0.019	0.195	0.089	18268	0.00015	0.00722
Алексеевский	847	218.82	138.62	0.023	0.292	0.118	29234	0.00007	0.00351
В среднем по области	1374	243.42	182.48	0.018	0.286	0.102	39697	0.00012	0.00305
город	1804	323.98	303.78	0.007	0.371	0.059	59025	0.00021	0.00114
село	1007	268.51	214.47	0.017	0.288	0.096	17678	0.00015	0.00215

Примечание для табл. 1–3. 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; M_e – эффективное давление миграций; N_e – эффективный размер популяции; a – локальный инбридинг; b – коэффициент линейного систематического давления.

Таблица 2. Параметры модели изоляции расстоянием Малеко среди населения Белгородской области в 1991–1993 гг.

Районы	N	σ	σ'	m	k	M_e	N_e	a	b
Белгородский	1185	263.79	200.00	0.019	0.310	0.111	127708	0.00002	0.00236
город	957	256.18	189.80	0.019	0.312	0.116	103831	0.00002	0.00249
село	228	293.59	248.76	0.015	0.320	0.100	23877	0.00010	0.00180
Старооскольский	677	272.05	218.87	0.017	0.305	0.103	72361	0.00003	0.00208
город	380	302.70	268.41	0.012	0.379	0.095	61333	0.00004	0.00163
село	297	226.87	153.71	0.020	0.222	0.097	11027	0.00023	0.00286
Новооскольский	312	239.98	149.16	0.027	0.267	0.124	15605	0.00013	0.00334
Корочанский	362	287.83	204.43	0.025	0.262	0.117	13266	0.00016	0.00237
Грайворонский	235	293.99	230.34	0.019	0.236	0.097	8851	0.00029	0.00191
Валуйский	675	258.13	187.66	0.021	0.267	0.109	23958	0.00010	0.00249
Красногвардейский	489	217.88	135.44	0.024	0.262	0.113	15561	0.00014	0.00352
Алексеевский	573	259.73	179.48	0.023	0.246	0.108	21809	0.00011	0.00259
В среднем по области	564	261.67	188.17	0.022	0.269	0.110	37390	0.00012	0.00258
город	669	279.44	229.10	0.016	0.346	0.104	82582	0.00003	0.00206
село	263	260.23	201.23	0.018	0.271	0.099	17452	0.00017	0.00233

Таблица 3. Параметры модели изоляции расстоянием Малеко среди населения Белгородской области в 2016–2018 гг.

Районы	N	σ	σ'	m	k	M_e	N_e	a	b
Белгородский	1128	262.31	210.31	0.017	0.301	0.103	170 230	0.00001	0.00216
город	568	260.20	211.13	0.017	0.298	0.101	130 518	0.00002	0.00213
село	560	264.43	209.53	0.019	0.303	0.105	39 712	0.00006	0.00219
Старооскольский	1187	252.65	185.86	0.019	0.228	0.096	86 841	0.00003	0.00236
Новооскольский	413	311.00	211.01	0.023	0.276	0.115	13 733	0.00016	0.00227
Корочанский	360	273.81	207.99	0.019	0.281	0.106	13 193	0.00018	0.00222
Грайворонский	333	266.07	195.41	0.021	0.251	0.105	9 905	0.00024	0.00234
Валуйский	812	272.31	193.00	0.023	0.323	0.125	22 029	0.00009	0.00259
Красногвардейский	514	207.55	131.82	0.021	0.321	0.119	12 250	0.00017	0.00370
Алексеевский	720	209.58	115.64	0.024	0.303	0.122	20 457	0.00010	0.00427
В среднем по области	683	256.91	181.38	0.021	0.285	0.111	43580	0.00012	0.00274

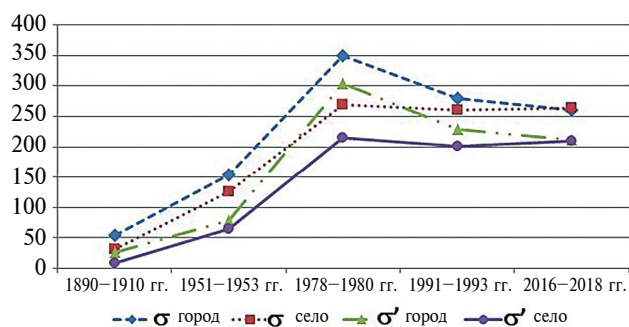


Рис. 1. Динамика среднеквадратических расстояний между местами рождения супругов с учетом дальних миграций (σ) и без учета дальних миграций (σ') среди городского и сельского населения.

показателей модели изоляции расстоянием Малеко с 1890–1910 гг. по 2016–2018 гг. в разрезе пяти временных периодов (первые два периода изучены нами ранее [17]). Были выявлены следующие разнонаправленные тенденции.

Во-первых, по региону в среднем значительно увеличились среднеквадратические расстояния между местами рождения супругов с учетом дальних миграций (в 6.9 раза, от 37.40 км до 256.91 км) и без них (в 13.3 раза, от 13,62 км до 181,38 км) с максимальной динамикой в период с 1890–1910 гг. до 1978–1980 гг. За 130-летний период произошло снижение коэффициента линейного систематического давления (в 11 раз) и увеличение доли дальних миграций (в 1.6 раз), промежуточных миграций (в 1.4 раза), эффективного давления миграций (в 1.5 раза). Эффективный размер популяции за 130 лет уменьшился (в 1.3 раза) при максимально резком снижении данного показателя (в 3.6 раза) с конца XIX в. к 1951–1953 гг. и постепенном росте в последующих поколениях. При этом за

исследуемый 130-летний период в 2 раза увеличились значения локального инбридинга, и динамика данного показателя была диаметрально противоположна изменениям коэффициента линейного систематического давления.

Следует отметить, что значимые изменения параметров модели изоляции расстоянием Малеко приходились на середину XX в. (1951–1953 гг.) и последующее поколение, о чем свидетельствуют резкие изменения на графиках – рост одних показателей и уменьшение других.

Во-вторых, за 130-летний период среди городского и сельского населения юга Центральной России по большинству показателей изоляции расстоянием Малеко отмечались однонаправленные тенденции изменчивости: увеличение среднеквадратических расстояний между местами рождения супругов с учетом дальних миграций и без них, эффективного давления миграций, уменьшение коэффициента линейного систематического давления (рис. 1–5). При этом среди сельского населения наблюдалась более выраженная динамика по среднеквадратическим расстояниям между местами рождения супругов с учетом дальних миграций (9.6 раз) и без них (22 раза) (рис. 1), коэффициенту линейного систематического давления (19.3 раза) (рис. 2) по сравнению с городским населением (4.9, 8.4 и 10 раз соответственно).

Динамика показателя эффективного размера популяции среди городского и сельского населения была разнонаправлена (рис. 4). В городской части популяции за 130 лет значения эффективного размера популяции увеличились в 33.6 раза, а в сельской части уменьшились в 1.3 раза (рис. 4).

Реверсивной динамикой характеризовался уровень локального инбридинга. Так, если в 1890–1910 гг. значение локального инбридинга в городе было

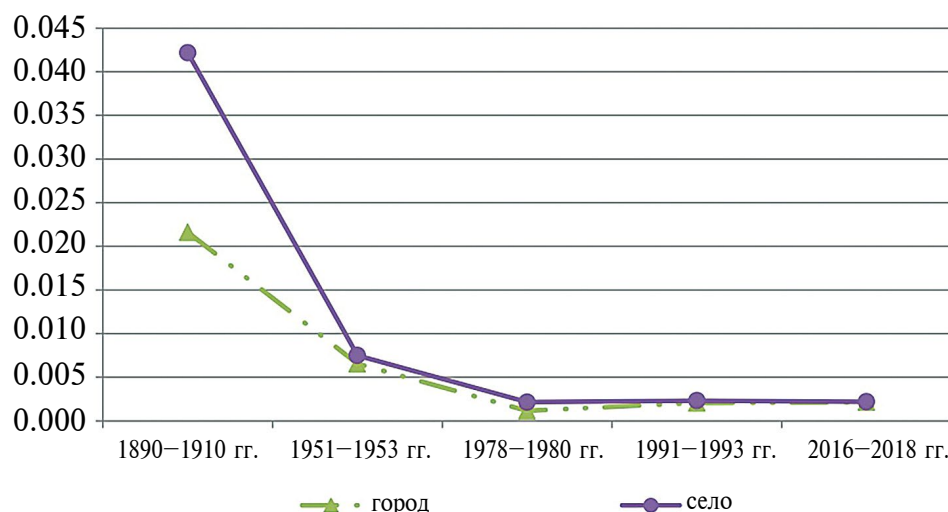


Рис. 2. Динамика коэффициента линейного систематического давления (b) среди городского и сельского населения.

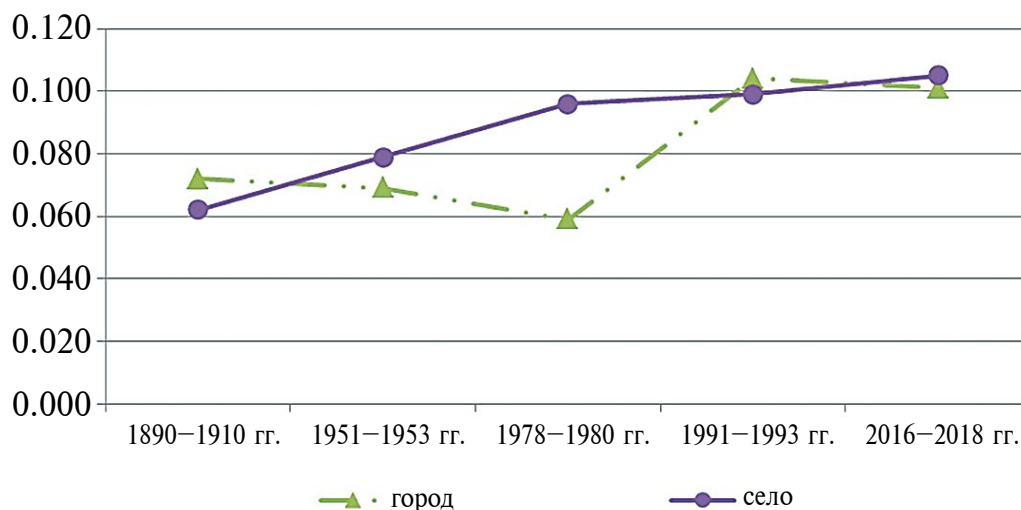


Рис. 3. Динамика эффективного давления миграций (M_e) среди городского и сельского населения.

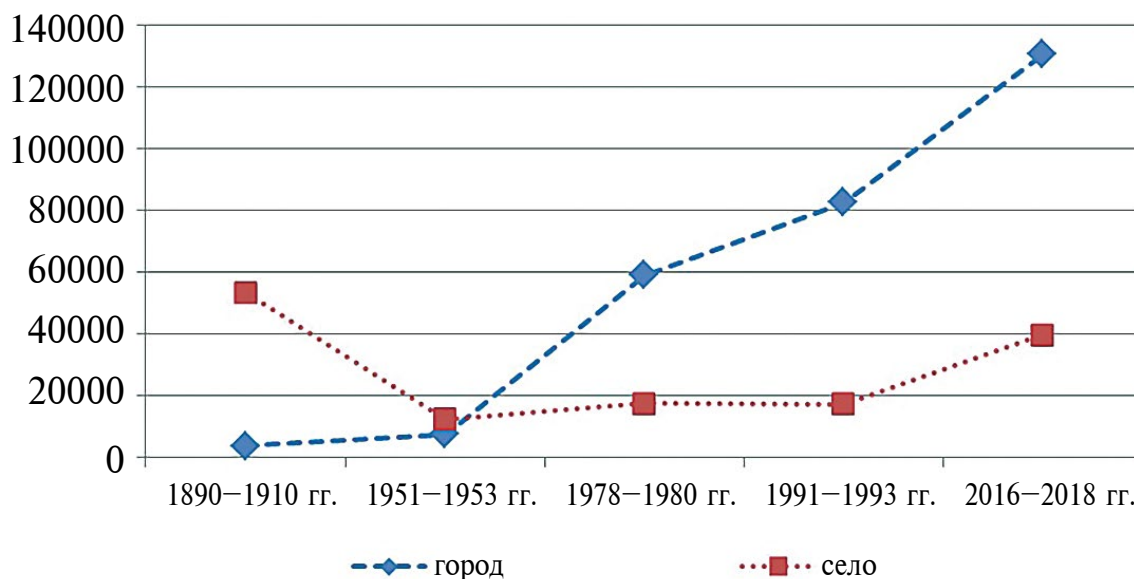


Рис. 4. Динамика эффективного размера популяции (N_e) среди городского и сельского населения.

в 19.5 раз выше, чем в селе, то к 2016–2018 гг. показатель локального инбридинга стал в 3 раза выше в селе по сравнению с городом. При этом для городской части популяции наблюдалось стабильно выраженное снижение данного показателя (в 78 раз) в течение всего периода, тогда как в сельской части наблюдалась вариабельность по пяти периодам при уменьшении за 130 лет лишь в 1.3 раза (рис. 5).

Важно подчеркнуть, что за 130-летний период различия по подавляющему большинству показателей модели изоляции расстоянием Малекю между городом и селом, максимально выраженные в конце XIX в., уменьшались в ряду поколений и практически нивелировались к 2016–2018 гг. (за

исключением эффективного размера популяции и локального инбридинга) (рис. 1–5).

В-третьих, анализ корреляционных взаимосвязей между параметрами изоляции расстоянием Малекю и брачно-миграционными характеристиками населения (представлены ранее в работе [16]) за пять временных периодов (первые два периода рассмотрены ранее [17]) (табл. 4) показал, что с увеличением доли браков, заключаемых между выходцами из разных областей, и уменьшением доли браков, заключаемых в пределах области и района, увеличивались среднеквадратические расстояния между местами рождения супругов с учетом дальних миграций и снижался коэффициент линейного

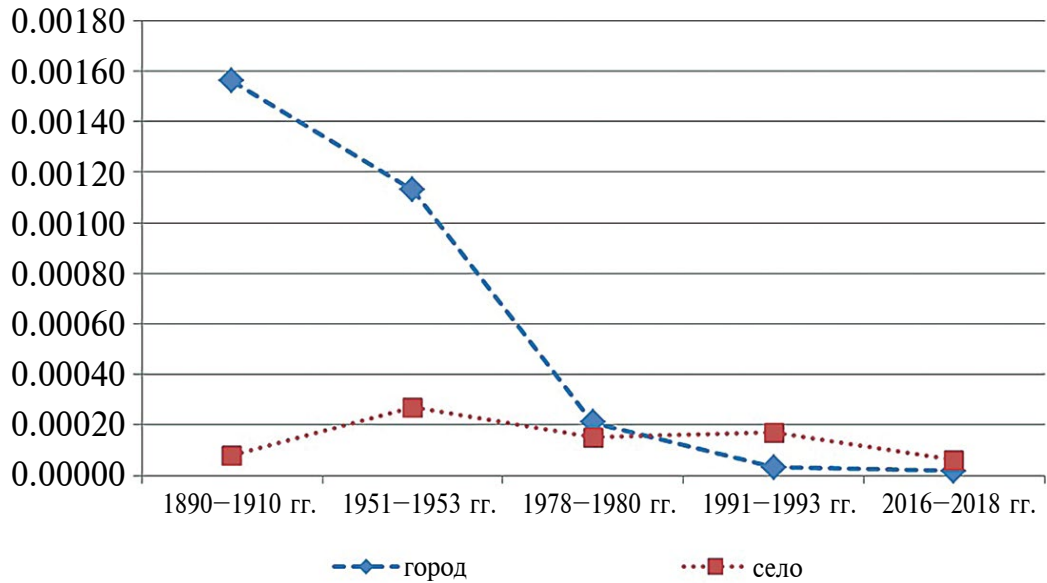


Рис. 5. Динамика локального инбридинга (а) среди городского и сельского населения.

систематического давления. Данная тенденция и направленность корреляционных взаимосвязей просматривались среди городского населения и отсутствовали среди сельского.

ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ параметров модели изоляции расстоянием Малек показал изменения в белгородской популяции (более выражено среди городского населения) уровня локального инбридинга. При этом за 130-летний период эффективный размер популяции в Белгородской области уменьшился (в 1.3 раза) при максимально резком снижении данного показателя (в 2.9 раза) с конца XIX в. к 1951–1953 гг. [17] и постепенном его росте в последующих поколениях до 1991–1993 гг. Причины данных изменений описаны нами в предыдущем сообщении [17] и связаны с административно-территориальными преобразованиями уездов в районы, границы которых значительно уменьшились с конца XIX в. к началу XXI в.

В современных границах Белгородская область была образована в послевоенный период – в 1954 г. Численность области и эффективный размер популяции начали постепенно увеличиваться, о чем подробно было описано нами ранее [16]. Об увеличении миграционного притока свидетельствует рост таких показателей, как среднеквадратические расстояния между местами рождения супругов с учетом дальних миграций (в 6.9 раза, от 37.40 км до 256.91 км) и без них (в 13.3 раза, от 13.62 км до 181.38 км), с максимальной динамикой в период с 1890–1910 до 1978–1980 гг. Это свидетельствует о значительном расширении круга брачных миграций.

За изучаемый нами период времени произошло увеличение эффективного давления миграций (в 1.5 раза), доли дальних миграций (в 1.6 раза) (наиболее значимо это происходило с 1951–1953 по 1978–1980 гг.). Также зарегистрировано выраженное уменьшение (в 11 раз) коэффициента линейного систематического давления (с максимальной динамикой с 1890–1910 гг. по 1978–1980 гг.). При этом за последние два поколения (с 1978–1980 гг.

Таблица 4. Значимые коэффициенты корреляции Спирмена между параметрами модели изоляции расстоянием и брачными миграциями в Белгородской области по пяти периодам

Изучаемые показатели	Доля выходцев из разных областей	Доля выходцев из одной области	Доля выходцев из одного района
Среднеквадратические расстояния между местами рождения супругов (σ)	0.90 ($p = 0.037$)	–0.90 ($p = 0.037$)	–0.90 ($p = 0.037$)
Коэффициент линейного систематического давления (b)	–0.90 ($p = 0.037$)	0.90 ($p = 0.037$)	0.90 ($p = 0.037$)

по 2016–2018 гг.) вышеуказанные показатели изменялись незначительно.

Ранее Л.А. Атраментовой при изучении пространственной характеристики брачных миграций в белгородской популяции за 1960 г., 1985 г. и 1995 г. было установлено увеличение брачных расстояний с 590 км до 891 км и снижение показателя b от 0.00110 до 0.00062 за исследуемый период, что свидетельствовало о “повышении генетической эффективности миграции” [19].

Следует отметить, что направленность динамики большинства показателей параметров модели Малеко по Белгородской области за 130 лет демонстрирует сходную с московской популяцией тенденцию, наблюдаемую примерно в том же временном интервале (1892–1918 гг., 1955 г., 1980 г., 1994–1995 гг.), за исключением масштабов изменений [9, 13, 20–22]. Так, степень изоляции расстоянием в Москве в середине XX в. по сравнению с его началом уменьшилась вдвое, а к концу века – втрое, при этом изменчивость величины эффективного давления миграций была минимальна на протяжении 100 лет, а в 1994–1995 гг. снизилась. Следует отметить, что в белгородской популяции также отмечалась минимальная динамика показателя эффективного давления миграций, но в отличие от московской, эффективное давление миграций увеличивалось на протяжении 130 лет (в среднем в 1.3 раза). Доли «ближних» миграций и «дальних» миграций увеличились как в московской [11, 13], так и в белгородской популяции (наши данные).

Аналогичная тенденция параметров модели изоляции расстоянием Малеко, что и в Москве, наблюдалась в Донецке (1960, 1985, 1992 гг.) [23], Харькове (1960, 1985, 1993 гг.) [24], Полтаве (1960, 1985, 1995 гг.) [25], где более чем за 30 лет увеличились “дальние” и “ближние” миграции и уменьшились степень изоляции расстоянием и величина эффективного давления миграций [13, 23–25].

Следует отметить, что динамика основных параметров изоляции расстоянием Малеко различалась среди городского и сельского населения Белгородского региона. Так, с конца XIX в. до начала XXI в. эффективный размер популяции среди городского населения увеличился (рис. 4), а уровень локального инбридинга уменьшился по сравнению с сельским населением (рис. 5). Стабильный рост эффективного размера городов наблюдался с 1951–1953 гг. последующие три поколения до 2016–2018 гг. (за счет возникновения новых молодых городов в области). Эффективный размер сельского населения практически не изменился в этот временной промежуток и лишь незначительно увеличился за последнее поколение. При этом за 130-летний период различия по большинству показателей модели изоляции расстоянием Малеко между городом и селом, максимально выраженные в конце XIX

в., уменьшались в ряду поколений и практически нивелировались к 2016–2018 гг. (за исключением эффективного размера популяции и локального инбридинга).

Полученные нами результаты динамики показателей модели изоляции расстоянием Малеко в Белгородском регионе согласуются с данными по соседней Курской области [10, 26], где ранее был проведен анализ динамики показателей Малеко за 30-летний период (1960–1963, 1987–1990 гг.). Коэффициент локального инбридинга по районам Курской области изменялся в пределах от 0.00005 в Железнодорожном районе до 0.00043 в Поньковском районе, тогда как в соседней Белгородской области (наши данные) в среднем он равнялся 0.00012 (в 1991–1993 гг.). Как и в Белгородском регионе, районы Курской области, имеющие в своем составе города, характеризовались минимальным уровнем инбридинга ($a = 0.00005–0.000087$). Однако в городах Белгородской области (наши данные) он был еще ниже (в среднем 0.00003 в 1991–1993 гг.). В большинстве популяций Курской области было установлено уменьшение коэффициента линейного систематического давления за 30-летний период, что согласуется с нашими данными по Белгородскому региону. Динамика локального инбридинга в Курском регионе (так же как и в Белгородском регионе) в основном определялась изменением эффективного размера популяции. За 30-летний период наблюдалось увеличение эффективной численности населения в городах (г. Курск и г. Льгов) и в целом в Железнодорожном и Курчатовском районах (за счет возникших молодых городов) и ее уменьшение в сельских популяциях. За период с 1960–1963 гг. по 1987–1990 гг. было установлено увеличение среднего расстояния между местами рождения супругов среди сельского населения и снижение данных показателей среди городских жителей. В исследовании отмечалось, что за последнее поколение различия в радиусе брачных миграций между городским и сельским населением области уменьшились. В отличие от Белгородской области уровень локального родства и коэффициент линейного систематического давления во всех рассмотренных популяциях среди сельского и городского населения, кроме Железнодорожного района, были одинаковы [10, 26].

Следует отметить, что значения локального инбридинга среди населения Белгородской области не выбиваются из ряда таковых значений по другим русским популяциям и значительно отличаются от аналогичных показателей изолированных и “нативных” популяций [11–13, 27]. Так, например, наши данные согласуются с результатами ранее проведенных исследований среди русского населения Костромской области (в Шарьинском р-не $a = 0.000161$, в Буйском р-не $a = 0.000161$) [28], Кировской области ($a = 0.000106–0.001495$) [29, 30],

Архангельской области (в Виноградском р-не $a = 0.000565$, в Красноборском р-не $a = 0.000472$) [31], но ниже, чем в Тверской области (в Осташковском р-не $a = 0.00110$, в Удомельском р-не $a = 0.0045$) [32], в Семипалатинской области (Абайский р-н, $a = 0.0003$) [33]. Российским сельским популяциям соответствовал локальный инбридинг удмуртов, который изменялся от 0.00027 в Игринском районе до 0.00065 – в Дебесском (в среднем $a = 0.00035$) [34, 35], черкесов ($a = 0.00034$) (усредненное значение для карачаевцев на конец XX в. $a = 0.00029$) [36].

Несколько отличные от вышеперечисленных русских популяций значения локального инбридинга установлены для народов Кавказа и Поволжья: Адыгейская автономная область Краснодарского края ($a = 0.00397$) [11], Республика Чувашия (в городе $a = 0.000189$, в районе $a = 0.000318$) [12], Республика Северная Осетия – Алания (кумыки Моздокского р-на, $a = 0.00067$) [36, 37], Карачаево-Черкесская Республика ($a = 0.00007–0.00304$, для аулов черкесов – 0.0017–0.0047 и от 0.001 до 0.003 – для абазинских аулов) [27, 38–40], а также для Татарстана ($a = 0.0001–0.0008$, для татар $a = 0.00170–0.00291$) [41] и Башкортостана (башкир шести сельских р-нов $a = 0.00012–0.00074$) [42].

Следует отметить, что многочисленными исследованиями показано важное медико-генетическое значение параметров изоляции популяций (локального инбридинга, миграций и др.), которые влияют на распространенность как моногенной наследственной патологии, так и других наследственно-детерминированных заболеваний среди населения [22, 27–29, 31–33, 35, 43]. В связи с этим данные показатели необходимо учитывать при планировании популяционно-генетических и медико-генетических исследований [44–51].

Работа выполнена без финансирования на личные средства.

Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с использованием в качестве объекта животных.

Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с участием в качестве объекта людей.

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Malecot G.* Isolation by distance // *Genetic Structure of Population* / Ed. Morton N.E. Honolulu: Univ. Hawaii Press, 1973. P. 72–75.
2. *Morton N.E.* Isolation by distance in human populations // *Ann. Hum. Genet.* 1977. V. 40. № 3. P. 361–365. doi: 10.1111/j.1469-1809.1977.tb00200.x
3. *Ельчинова Г.И.* Метрика, построенная через параметры изоляции расстоянием Малекко, как характеристика генетического сходства популяций // *Генетика.* 2000. Т. 36. № 6. С. 856–858. (*El'chinova G.I.A* Metric based on Malecot's parameters of isolation by distance as a characteristic of genetic similarity between populations // *Rus. J. Genetics.* 2000. V. 36. № 6. P. 706–707.)
4. *Hardy O., Vekemans X.* Isolation by distance in a continuous population: Reconciliation between spatial autocorrelation analysis and population genetics models // *Heredity.* 1999. V. 83. P. 145–154. doi: 10.1046/j.1365-2540.1999.00558.x
5. *Santos C., Abade A., Lima M.* Testing hierarchical levels of population sub-structuring: the Azores islands (Portugal) as a case study // *J. Biosoc. Sci.* 2008. V. 40(4). P. 607–621.
6. *Ringbauer H., Kolesnikov A., Field D.L., Barton N.H.* Estimating Barriers to gene flow from distorted isolation-by-distance patterns // *Genetics.* 2018. V. 208(3). P. 1231–1245.
7. *McLean S.A.* Isolation by distance and the problem of the twenty-first century // *Hum. Biol.* 2021. V. 92(3). P. 167–179.
8. *Ельчинова Г.И., Парадеева Г.М., Ревазов А.А. и др.* Медико-генетическое изучение населения Костромской области. Сообщение VI. Параметры изоляции расстоянием в популяциях Буйского и Шарьинского районов Костромской области // *Генетика.* 1988. Т. 24. № 7. С. 1276–1281.
9. *Победоносцева Е.Ю., Свежинский Е.А., Курбатова О.Л.* Генетико-демографические процессы в московской популяции в середине 90-х годов. Анализ этногеографических параметров миграции: изоляция расстоянием // *Генетика.* 1998. Т. 34. № 3. С. 332–339. (*Pobedonostseva E. Yu., Svezhinskii E.A., Kurbatova O.L.* Genetic demography of the Moscow population in the mid-1990s: analysis of ethnogeographic migration parameters (isolation by distance) // *Rus. J. Genetics.* 1998. V. 34. № 3. P. 423–430.)
10. *Иванов В.П., Чурносков М.И., Кириленко А.И.* Популяционно-демографическая структура населения Курской области. Изоляция расстоянием // *Генетика.* 1997. Т. 33. № 3. С. 381–386. (*Ivanov V.P., Churnosov M.I., Kirilenko A.I.* Population demographic structure in Kurskaya oblast: isolation by distance // *Rus. J. Genetics.* 1997. V. 33. № 3. P. 306–310.)
11. *Кадошников М.Ю., Голубцова В.И., Ельчинова Г.И. и др.* Брачно-миграционная структура и коэффициент инбридинга в Адыгейской популяции // *Генетика.* 1991. Т. 27. № 2. С. 327–334.
12. *Ельчинова Г.И., Рощина Ю.В., Зинченко Р.А. и др.* Популяционно-генетическое исследование Алатырского района Республики Чувашия // *Генетика.* 2002. Т. 38. № 2. С. 251–258. (*El'chinova G.I., Roshchina Yu.V., Zinchenko R.A., et al.* Population genetic study of the Alatyr' raion of the republic of Chuvashia

- // *Rus. J. Genetics*. 2002. V. 38. № 2. P. 188–195.)
doi: 10.1023/A:1014338212050
13. Динамика популяционных генофондов при антропогенных воздействиях / Под ред. Алтухова Ю.П. М.: Наука, 2004. 619 с.
 14. Сорокина И.Н., Балановская Е.В., Чурносоев М.И. Генофонд населения Белгородской области. Параметры модели изоляции расстоянием Малекот // *Генетика*. 2009. Т. 45. № 3. С. 383–389. (*Sorokina I.N., Churnosov M.I., Balanovska E.V.* The gene pool of the Belgorod oblast population: Malecot's isolation-by-distance parameters // *Rus. J. Genetics*. 2009. V. 45. № 3. P. 335–340.)
doi: 10.1134/S1022795409030120
 15. Сорокина И.Н., Чурносоев М.И., Балановская Е.В. Генофонд населения Белгородской области. Динамика генетических соотношений популяций за последние 50 лет // *Генетика*. 2009. Т. 45. № 4. С. 555–563. (*Sorokina I.N., Churnosov M.I., Balanovska E.V.* The gene pool of the Belgorod oblast population: changes in population genetic relationships during the past 50 years // *Rus. J. Genetics*. 2009. V. 45. № 4. P. 486–494.)
doi: 10.1134/S1022795409040140
 16. Сергеева К.Н., Соколов С.Н., Батлуцкая И.В., Сорокина И.Н. Динамика популяционной структуры населения юга Центральной России за 130-летний период. Миграционные процессы // *Генетика*. 2024. Т. 60. № 8. С. 100–117.
 17. Сергеева К.Н., Соколов С.Н., Гончарова Ю.И. и др. Изменение популяционной структуры населения Курской и Воронежской губерний в первой половине XX века. Изоляция расстоянием Малекот // *Генетика*. 2024. Т. 60. № 9. С. 90–97.
 18. Сергеева К.Н., Соколов С.Н., Ефремова О.А. и др. Анализ уровня эндогамии популяции как основа популяционно-генетических и медико-генетических исследований // *Науч. результаты биомедицинских исследований*. 2021. Т. 7. № 4. С. 375–387. DOI: 10.18413/2658-6533-2021-7-4-0-4
 19. Атраментова Л.А., Филиппова О.В. Пространственные характеристики брачной миграции в Белгородской популяции // *Генетика*. 2005. Т. 41. № 5. С. 686–696. (*Atramentova L.A., Filiptsova O.V.* Spatial characteristics of marriage migration in the Belgorod population // *Rus. J. Genetics*. 2005. T. 41. № 5. С. 553–562).
 20. Курбатова О.Л., Победоносцева Е.Ю., Веремейчик В.М. и др. Особенности генетико-демографических процессов в населении трех мегаполисов в связи с проблемой создания генетических баз данных // *Генетика*. 2013. Т. 49. № 4. С. 513–522. doi: 10.7868/S0016675813040085 (*Kurbatova O.L., Pobedonostseva E.Y., Prudnikova A.S., et al.* Genetic demography of populations of three megalopolises in relation to the problem of creating genetic databases // *Rus. J. Genetics*. 2013. V. 49. № 4. P. 448–456.)
doi: 10.1134/S102279541304008X
 21. Свежинский Е.А., Курбатова О.Л. Опыт исторической реконструкции генетико-демографической структуры московской популяции на рубеже XIX–XX веков // *Генетика*. 1999. Т. 35. № 8. С. 1149–1159. (*Svezhinsky E.A., Kurbatova O.L.* An attempt at the historical reconstruction of the genetic demographic structure of the moscow population at the turn of the 20th century // *Rus. J. Genetics*. 1999. V. 35. № 8. P. 988–998.)
 22. Алтухов Ю.П. Генетические процессы в популяциях. М.: ИКЦ “Академкнига”, 2004. 431 с.
 23. Атраментова Л.А., Филиппова О.В., Мухин В.Н., Осипенко С.Ю. Генетико-демографические процессы в городских популяциях Украины в 90-х годах. Этногеографические характеристики миграции в донецкой популяции // *Генетика*. 2002. Т. 38. № 10. С. 1402–1408. (*Atramentova L.A., Filiptsova O.V., Osipenko S.Yu., Mukhin V.N.* Genetic demography of Ukrainian urban populations in the 1990s: ethnic geographic characteristics of migration in the Donetsk population // *Rus. J. Genetics*. 2002. V. 38. № 10. P. 1189–1195.)
doi: 10.1023/A:1020609006063
 24. Атраментова Л.А., Филиппова О.В., Осипенко С.Ю. Генетико-демографические процессы в городских популяциях Украины в 90-х годах. Этнический состав миграционного потока харьковской популяции // *Генетика*. 2002. Т. 38. № 7. С. 972–979. (*Atramentova L.A., Filiptsova O.V., Osipenko S.Yu.* Genetic demography of Ukrainian urban populations in the 1990s: the ethnic composition of the migration flow in the Kharkov population // *Rus. J. Genetics*. 2002. V. 38. № 7. P. 816–823.)
doi: 10.1023/A:1016399823573
 25. Атраментова Л.А., Филиппова О.В., Осипенко С.Ю. Генетико-демографические процессы в городских популяциях Украины в 90-х годах. Национальность и место рождения мигрантов полтавской популяции // *Генетика*. 2002. Т. 38. № 9. С. 1276–1281. (*Atramentova L.A., Filiptsova O.V., Osipenko S.Yu.* Genetic demography of Ukrainian urban populations in the 1990s: ethnicity and birthplaces of migrants to the Poltava population // *Rus. J. Genetics*. 2002. V. 38. № 9. P. 1082–1087.) doi: 10.1023/A:1020200100784
 26. Иванов В.П., Чурносоев М.И., Кириленко А.И. Популяционно-демографическая структура населения Курской области. Миграционные процессы // *Генетика*. 1997. Т. 33. № 3. С. 375–380. (*Ivanov V.P., Churnosov M.I., Kirilenko A.I.* Population demographic structure in Krupskaya oblast: migration // *Rus. J. Genetics*. 1997. V. 33. № 3. P. 300–305.)
 27. Зинченко Р.А., Ельчинова Г.И., Биканов Р.А. и др. Изучение роли основных факторов популяционной динамики в механизме дифференциации и в формировании разнообразия и отягощенности наследственной патологии в субпопуляциях

- Карачаево-Черкесской республики // Генетика. 2019. Т. 55. № 6. С. 694–700. doi: 10.1134/S0016675819060213. (Zinchenko R.A., El'chinova G.I., Bikanov R.A., et al. Study of the role of the main factors of population dynamics in the mechanism of differentiation and formation of diversity and genetic load of hereditary diseases in subpopulations of the karachay-cherkess republic // Rus. J. Genetics. 2019. V. 55. № 6. P. 738–743.) doi: 10.1134/S1022795419060206
28. Ельчинова Г.И., Парадеева Г.М., Ревазов А.А. и др. Медико-генетическое изучение населения Костромской области. Сообщение VI. Параметры изоляции расстоянием в популяциях Буйского и Шарьинского районов Костромской области // Генетика. 1988. Т. 24. № 7. С. 1276–1281.
 29. Мамедова Р.А. Влияние генетического дрейфа на территориальное распределение груза, а также спектр наследственных болезней в популяциях Кировской области: Автореф. дисс....канд. мед. наук. М., 1993. 23 с.
 30. Ельчинова Г.И. Опыт применения методов популяционно-генетического анализа при изучении популяций России с различной генетико-демографической структурой: Автореф. дисс....докт. биол. наук. М., 2001. 48 с.
 31. Мамедова Р.А., Ельчинова Г.И., Старцева Е.И. и др. Генетическая структура и груз наследственных болезней в пяти популяциях Архангельской области // Генетика. 1996. Т. 32. № 6. С. 837–841. (Mamedova R.A., El'chinova G.I., Startseva E.A., et al. Genetic structure and the load of hereditary diseases in five populations of Arkhangel'skaya oblast // Rus. J. Genetics. 1996. V. 32. № 6. P. 729–733.)
 32. Зинченко Р.А., Ельчинова Г.И., Руденская Г.Е. и др. Комплексное популяционно- и медико-генетическое исследование населения двух районов Тверской области // Генетика. 2004. Т. 40. № 5. С. 667–676. doi: 10.1023/B:RUGE.0000029157.14539.10 (Zinchenko R.A., El'chinova G.I., Rudenskaia G.E., et al. Integrated population genetic and medical genetic study of two raions of the Tver oblast // Rus. J. Genetics. 2004. V. 40. № 5. P. 357–545.)
 33. Святова Г.С. Медико-генетическое последствие многолетних ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне: Автореф. дисс....докт. мед. наук. М., 2002. 48 с.
 34. Ельчинова Г.И., Осипова Е.В., Зинченко Р.А. и др. Брачно-миграционная характеристика городского и сельского населения Удмуртии // Генетика. 2006. Т. 42. № 4. С. 566–570. (El'chinova G.I., Zinchenko R.A., Gavrilina S.G., et al. Marriage-migration characteristics of the urban and rural populations of Udmurtia // Rus. J. Genetics. 2006. V. 42. № 4. P. 454–458.) doi: 10.1134/S1022795406040132
 35. Ельчинова Г.И., Осипова Е.В., Зинченко Р.А. Генетико-эпидемиологические исследования в Удмуртской республике: брачно-миграционные параметры городского и сельского населения // Здоровье, демография, экология финно-угорских народов. 2011. № 1. С. 45–50.
 36. Ельчинова Г.И., Макаов А.Х.-М., Ревазова Ю.А. и др. Брачно-миграционная характеристика черкесов (конец XX века) // Генетика. 2016. Т. 52. № 3. С. 385–388. doi: 10.7868/S0016675816030061. (El'chinova G.I., Gavrilina S.G., Rusakova A.V., et al. Marriage and migratory characteristic of circassians (late 20th century) // Rus. J. Genetics. 2016. V. 52. № 3. P. 339–341.) doi: 10.1134/S1022795416030066
 37. Ельчинова Г.И., Кадышев В.В., Зинченко Р.А. Изоляция расстоянием у северных осетин // Генетика. 2021. Т. 57. № 3. С. 358–360. doi: 10.31857/S0016675821030073 (El'chinova G.I., Kadyshchev V.V., Zinchenko R.A. Isolation by distance in north ossetians // Rus. J. Genetics. 2021. V. 57. № 3. P. 371–373.) doi: 10.1134/S1022795421030078
 38. Ельчинова Г.И., Гетоева З.К., Кадышев В.В. и др. Популяционно-генетические параметры северо-осетинских кумыков // Мед. генетика. 2022. Т. 21 (5). С. 42–45. doi: 10.25557/2073-7998.2022.05.42-45.
 39. Ельчинова Г.И., Шакманов М.М., Ревазова Ю.А. и др. Брачно-миграционная характеристика карачаевцев // Генетика. 2015. Т. 51. № 8. С. 941–945. doi: 10.7868/S0016675815070036 (El'chinova G.I., Shakmanov M.M., Revazova Yu.A., et al. Ethnic marriage assortativeness and intensity of metisation of Karachays // Rus. J. Genetics. 2015. V. 51. № 8. P. 807–811)
 40. Ельчинова Г.И., Ревазова Ю.А., Макаов А.Х.-М., Зинченко Р.А. Популяционно-генетическая характеристика ногайцев Карачаево-Черкесии (по данным о распределении фамилий и брачных миграциях) // Вестн. МГУ. Серия 23: Антропология. 2016. № 1. С. 109–115.
 41. Ельчинова Г.И., Симонов Ю.И., Вафина З.И., Зинченко Р.А. Эндогамия и изоляция расстоянием в населении Татарстана // Генетика. 2011. Т. 47. № 8. С. 1126–1130. (El'chinova G.I., Simonov Y.I., Zinchenko R.A., Vafina Z.I. Endogamy and isolation by distance in the Tatarstan population // Rus. J. Genetics. 2011. V. 47. № 8. P. 999–1003.) doi: 10.1134/S1022795411080059
 42. Ельчинова Г.И., Хидиятова И.М., Тереховская И.Г. и др. Брачно-миграционные параметры населения шести сельских районов Республики Башкортостан // Генетика. 2009. Т. 45. № 3. С. 412–419. (El'chinova G.I., Terekhovskaya I.G., Zinchenko R.A., et al. Marriage migration parameters in six rural districts of Bashkortostan republic // Rus. J. Genetics. 2009. V. 45. № 3. P. 362–369.) doi: 10.1134/S1022795409030168

43. Сорокина И.Н., Рудых Н.А., Безменова И.Н. и др. Популяционно-генетические характеристики и генетико-эпидемиологическое исследование ассоциаций генов-кандидатов с мультифакториальными заболеваниями // Науч. результаты биомед. исследований. 2018. Т. 4. № 4. С. 20–30. doi: 10.18413/2313-8955-2018-4-4-0-3
44. Sirotnina S., Ponomarenko I., Kharchenko A. et al. Novel polymorphism in the promoter of the CYP4A11 gene is associated with susceptibility to coronary artery disease // Dis. Markers. 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/5812802>
45. Пасенов К.Н. Особенности ассоциаций SHBG-связанных генов с раком молочной железы у женщин в зависимости от наличия наследственной отягощенности и мутаций в генах BRCA1/CHEK2 // Науч. результаты биомед. исследований. 2024. Т. 10. № 1. С. 69–88. DOI: 10.18413/2658-6533-2024-10-1-0-4
46. Polonikov A., Kharchenko A., Bykanova M. et al. Polymorphisms of CYP2C8, CYP2C9 and CYP2C19 and risk of coronary heart disease in Russian population // Gene. 2017. V. 627. P. 451–459. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2017.07.004>
47. Reshetnikov E., Ponomarenko I., Golovchenko O. et al. The VNTR polymorphism of the endothelial nitric oxide synthase gene and blood pressure in women at the end of pregnancy // Taiwan. J. Obstet. Gynecol. 2019. V. 58. P. 390–395. doi:10.1016/j.tjog.2018.11.035.
48. Tikunova E., Ovtcharova V., Reshetnikov E. et al. Genes of tumor necrosis factors and their receptors and the primary open angle glaucoma in the population of Central Russia // Int. J. Ophthalmol. 2017. V. 10. № 10. P. 1490–1494. doi:10.18240/ijo.2017.10.02
49. Кочетова О.В., Авзалетдинова Д.Ш., Корытина Г.Ф. и др. Анализ полиморфных вариантов генов рецепторов серотонина и гамма-аминомасляной кислоты у больных сахарным диабетом 2 типа // Науч. результаты биомед. исследований. 2023. Т. 9. № 3. С. 322–332. DOI: 10.18413/2658-6533-2023-9-3-0-3
50. Golovchenko I., Aizikovich B., Golovchenko O. et al. Sex hormone candidate gene polymorphisms are associated with endometriosis // Int. J. Mol. Sci. 2022. V. 8. № 23(22). doi: 10.3390/ijms232213691.
51. Novakov V., Novakova O., Churnosova M. Intergenic interactions of SBNO1, NFAT5 and GLT8D1 determine the susceptibility to knee osteoarthritis among Europeans of Russia // Life. 2023. № 13. P. 405. doi.org/10.3390/life13020405.

Dynamics of the Population Structure of Belgorod Oblast. Malecot's Isolation by Distance

K. N. Sergeeva¹, S. N. Sokorev¹, Y. I. Goncharova¹, A. S. Nevinnykh¹,
I. V. Batlutskaya¹, I. N. Sorokina^{1,*}

¹Belgorod State National Research University, Belgorod, 308015 Russia

*e-mail: Sorokina_5@mail.ru

The article presents the results of assessing the dynamics of parameters of the Maleko distance model of isolation among the population of the Belgorod region from 1978–1980 for 2016–2018. When compared with data for 1890–1910 and 1951–1953 on average for the region an increase in the root-mean-square distances between the places of birth of spouses was established, taking into account long-distance migrations (6.9 times) and without them (13.3 times), effective migration pressure (1.5 times) and a decrease in the coefficient of linear systematic pressure (11 times), the effective population size (1.3 times). The level of local inbreeding decreased significantly among the urban population and remained unchanged among the rural population. The most pronounced changes in the parameters of the isolation model by Malecot's distance occurred in the middle – second half of the twentieth century. The differences in most indicators of the model of isolation by the Malecot's distance between city and village, maximally expressed at the end of the 19th century, decreased over the course of generations and were practically leveled out by 2016–2018.

Keywords: Malecot's model of isolation by distance, local inbreeding.