

УДК 519.876.2

ББК 32.81

## МОДЕЛИРОВАНИЕ МИГРАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ

**Шумов В.В.<sup>1</sup>**

*(Отделение погранологии*

*Международной академии информатизации, Москва)*

*На основе анализа законов миграции и факторов, влияющих на ее интенсивность, предложено расширение гравитационной модели миграции, учитывающее притягивающие и промежуточные факторы. Сформулировано правило выбора мигрантами страны–назначения. Оценены параметры модели.*

Ключевые слова: законы миграции, гравитационная модель, этническая гетерогенность.

### **1. Введение**

Миграция населения (лат. *migratio* – переселение) – перемещение людей из одного региона (страны, мира) в другой, в ряде случаев большими группами и на большие расстояния. Люди, переселившиеся за пределы государства, называются *эмигрантами*, переселившиеся в данную страну – *иммигрантами*. Разница между численностью первых и вторых – это *миграционное сальдо*, непосредственно (наряду с естественным приростом населения – разницей между

---

<sup>1</sup> Владислав Вячеславович Шумов, кандидат технических наук, доцент ([vshum59@yandex.ru](mailto:vshum59@yandex.ru)).

родившимися и умершими) влияющее на численность населения [8].

На основе изучения статистических данных Э.Г. Равенштейн сформулировал, в частности, следующие законы миграции [17]:

- большинство мигрантов переезжает на короткие расстояния;
- миграция происходит ступенчато;
- каждому миграционному потоку соответствует обратный поток;
- мигранты на длинные расстояния мигрируют в крупные центры промышленности и торговли;
- жители городов менее подвижны, чем жители сельской местности;
- большие города растут главным образом из-за миграции;
- объем миграции увеличивается с развитием промышленности, торговли и транспорта;
- главные причины миграции – экономические.

Э. Ли выделил основные факторы, влияющие на миграцию [15]: притягивающие, отталкивающие и промежуточные. Притягивающие факторы определяют целевую страну (куда идет перемещение людей) и зависит от: возможности получения мигрантами более высоких доходов, безопасности и др. Отталкивающие факторы характеризуют социально-экономические и иные условия страны – источника миграции (безработица, войны, социальные и природные катастрофы и т.д.). Промежуточные факторы возрастают с увеличением расстояния между территориями и выступают в качестве ограничителей миграционных потоков (транспортные расходы, правовые режимы и т.д.). Причем одни и те же факторы влияют на разных людей по-разному.

Обзор моделей миграции представлен в работе [9]. В. Рейли в 1929 г. предложил для анализа миграции использовать

гравитационную модель, в которой миграционный поток  $m_{ij}$  (демографическая сила) между объектами  $i$  и  $j$  вычисляется по формуле:

$$(1) \quad m_{ij} = k \frac{p_i p_j}{(d_{ij})^2},$$

где:  $k$  – параметр размерности;  $p_i$  ( $p_j$ ) – мера значимости (например, численность населения) объекта  $i$  (объекта  $j$ );  $d_{ij}$  – расстояние между объектами  $i$  и  $j$ .

У. Изард предложил использовать обобщенную гравитационную модель, в которой миграционный поток  $m_{ij}$  равен:

$$(2) \quad m_{ij} = k \frac{w_i (p_i)^\alpha w_j (p_j)^\beta}{(d_{ij})^b},$$

где:  $w_i$ ,  $w_j$  – веса объектов  $i$  и  $j$ ;  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $b$  – параметры. Данная модель позволяет учитывать, в частности, региональную комплементарность (взаимодополнительность).

На миграцию существенное влияние оказывают этнические, конфессиональные и другие факторы. Для измерения этнической гетерогенности (разнородности) используются следующие основные индексы [5]:

- индекс этнолингвистической фрагментированности (ИЭЛФ);
- индекс Гринберга (GI);
- индекс второстепенной гетерогенности (PH);
- индекс поляризованности Эстебана – Рэя (ER);
- индекс поляризованности Рейнал – Кэрл (RQ);
- индекс поляризованности Вольфсона;
- индекс поляризованности Алескерова – Голубенко.

Индекс ИЭЛФ рассчитывается по формуле [5]:

$$(3) \quad \text{ИЭЛФ} = 1 - \sum_{i=1}^N s_i^2,$$

где:  $s_i$  – доля  $i$ -й этнической группы в общей численности населения;  $N$  – число групп.

Значение индекса ИЭЛФ есть вероятность того, что два случайно выбранных индивида будут принадлежать к разным этническим группам. Однако индекс ИЭЛФ не учитывает дистанцию между группами. Индекс второстепенной гетерогенности вычисляется по формуле [5]:

$$(4) \quad \text{PH} = 2 \sum_{i=1}^N s_c s_i \tau_{ci},$$

где:  $s_c$  – доля основной («титულიной») этнической группы в общей численности населения;  $s_i$  – доля  $i$ -й этнической группы в общей численности населения;  $\tau_{ci}$  – дистанция между  $c$ -й и  $i$ -й этническими группами.

Различение между группами в политических сообществах производится по одной или нескольким объективным характеристикам: языку, религии, расовой, этнической или племенной принадлежности. Например, в качестве индикатора  $\tau_{ij}$  языковой дистанции между группами  $i$  и  $j$  может использоваться выражение [5]:

$$(5) \quad \tau_{ij} = 1 - (l/m)^\alpha,$$

где:  $l$  – число совместно разделяемых двумя языками ветвей лингвистического дерева;  $m$  – общее число ветвей, которые могут быть общими для двух языков;  $0 \leq \alpha \leq 1$  – параметр.

В дополнение к перечисленным индексам разнородности автором предложено использовать параметр разнородности между государствообразующим этносом (национальностью)  $s$  и этносом  $j$  [12; 13]:

$$(6) \quad \mu_{sj} = B_{Cs} / B_{Cj},$$

где:  $B_{Cs}$  – доля потерь от численности этноса  $s$ ;  $B_{Cj}$  – доля потерь от численности этноса  $j$ .

В войнах (и событиях, затрагивающих безопасность и жизнеспособность государства) ведущую роль играет

государствообразующий этнос, на его плечи ложатся основные издержки, он несет максимальные потери убитыми и ранеными. Разумеется, в истории возможны исключения, скорее подтверждающие правило (в 300-е годы армия Западной Римской империи комплектовалась преимущественно германцами и другими варварами, доля римлян в ней неуклонно снижалась [4]; наемная армия времен упадка Византии [6] и др.).

Для оценки параметра разнородности использовались результаты переписи населения СССР 1939 г. и данные по безвозвратным потерям (по национальностям) в годы Великой Отечественной войны [3; 11] (табл. 1).

*Табл. 1. Данные по безвозвратным потерям в Великой Отечественной войне по национальностям*

| Националь-<br>ность | Числен-<br>ность в<br>СССР в<br>1939 г. | Безвоз-<br>вратные<br>потери,<br>тыс. чел. | %<br>потерь<br>от<br>числен-<br>ности | Параметр<br>разно-<br>родности | Вхождение в состав<br>России (СССР)  |
|---------------------|---|--|---------------------------------------|--------------------------------|--|
| Русские             | 99591520                                | 5756,0                                     | 5,78                                  | 1,0                            |  |
| Украинцы            | 28111007                                | 1377,4                                     | 4,90                                  | 1,2                            | 1654 г.  |
| Белорусы            | 5 275 393                               | 252,9                                      | 4,79                                  | 1,2                            | В конце XVIII в.   |
| Татары              | 4 313 488                               | 187,7                                      | 4,35                                  | 1,3                            | 1552 г.  |
| Евреи               | 3 028 538                               | 142,5                                      | 4,71                                  | 1,2                            | После разделов Речи<br>Посполитой значи-<br>тельная часть еврей-<br>ской общины оказа-<br>лась в Российской<br>Империи |
| Казахи              | 3 100 949                               | 125,5                                      | 4,05                                  | 1,4                            | 1734–1840 гг.  |
| Узбеки              | 4 845 140                               | 117,9                                      | 2,43                                  | 2,4                            | 1840–1876 гг.  |
| Армяне              | 2 152 860                               | 83,7                                       | 3,89                                  | 1,5                            | 1826–1828 гг.  |
| Грузины             | 2 249 636                               | 79,5                                       | 3,53                                  | 1,6                            | 1806 г.  |
| Мордовцы            | 1 456 330                               | 63,3                                       | 4,35                                  | 1,3                            | Не имели своей<br>государственности до<br>XX в.  |
| Чуваши              | 1 369 574                               | 63,3                                       | 4,62                                  | 1,3                            | 1552 г.  |
| Азербайджан-<br>цы  | 2 275 678                               | 58,4                                       | 2,57                                  | 2,3                            | 1826–1828 гг.  |

| Националь-<br>ность      | Числен-<br>ность в<br>СССР в<br>1939 г. | Безвоз-<br>вратные<br>потери,<br>тыс. чел. | %<br>потерь<br>от<br>числен-<br>ности | Параметр<br>разно-<br>родности | Вхождение в состав<br>России (СССР)                                     |
|--------------------------|---|--|---------------------------------------|--------------------------------|---|
| Молдаване                | 260 418                                 | 53,9                                       | 20,70                                 | 0,3                            | 1812 г. (Бессарабия)  |
| Башкиры                  | 843 648                                 | 31,7                                       | 3,76                                  | 1,5                            | 1554–1557 гг.   |
| Киргизы                  | 884 615                                 | 26,6                                       | 3,01                                  | 1,9                            | 1865–1876 гг.   |
| Удмурты                  | 606 326                                 | 23,2                                       | 3,83                                  | 1,5                            | 1554–1558 гг.   |
| Таджики                  | 1 229 170                               | 22,9                                       | 1,86                                  | 3,1                            | 1864–1895 гг.   |
| Туркмены                 | 812 404                                 | 21,3                                       | 2,62                                  | 2,2                            | 1881–1882 гг.   |
| Эстонцы                  | 143 589                                 | 21,2                                       | 14,76                                 | 0,4                            | 1721 г.   |
| Марийцы                  | 481 587                                 | 20,9                                       | 4,34                                  | 1,3                            | 1552 г.   |
| Буряты                   | 224 719                                 | 13,0                                       | 5,79                                  | 1,0                            | 1689 г.   |
| Коми                     | 422 317                                 | 11,6                                       | 2,75                                  | 2,1                            | 1363 г.   |
| Латыши                   | 114 476                                 | 11,6                                       | 10,13                                 | 0,6                            | 1721 г.   |
| Литовцы                  | 32 624                                  | 11,6                                       | 35,56                                 | 0,2                            | 1721 г.   |
| Народности<br>Дагестана  | 857 499                                 | 11,1                                       | 1,29                                  | 4,5                            | 1813–1859 гг.   |
| Осетины                  | 354 818                                 | 10,7                                       | 3,02                                  | 1,9                            | 1774 г.   |
| Поляки                   | 630 097                                 | 10,1                                       | 1,60                                  | 3,6                            | В 1815 г. часть<br>современной Польши<br>вошла в состав Рос.<br>империи |
| Карелы                   | 252 715                                 | 9,5  | 3,76                                  | 1,5                            | 1809 г.   |
| Калмыки                  | 134 402                                 | 4,0  | 2,98                                  | 1,9                            | 1771 г.   |
| Кабардинцы и<br>балкарцы | 206 870                                 | 3,4  | 1,64                                  | 3,5                            | 1827 г.   |
| Греки                    | 286 444                                 | 2,4  | 0,84                                  | 6,9                            |   |
| Чеченцы и<br>ингуши      | 500 088                                 | 2,3  | 0,46                                  | 12,6                           | 1721–1783 г.  |
| Финны                    | 143 437                                 | 1,6  | 1,12                                  | 5,2                            | 1809 г.   |
| Болгары                  | 113 494                                 | 1,1  | 0,97                                  | 6,0                            |   |
| Чехи, словаки            | 27 681                                  | 0,4  | 1,45                                  | 4,0                            |   |
| Китайцы                  | 32 023                                  | 0,4  | 1,25                                  | 4,6                            |   |

Примечание. % потерь для Прибалтийских республик, Белоруссии, Украины и Молдавии завышен, поскольку перепись проводилась по состоянию на 17.01.1939 г., а вхождение (расширение за счет западных областей) республик в СССР произошло позже.

Если исключить из таблицы национальности со значением параметра разнородности более единицы, то средневзвешенное

значение параметра разнородности для СССР того времени будет равно 1,26.

Для приведения значений параметра разнородности к форме индекса гетерогенности IG можно воспользоваться выражением:

$$(7) \quad IG = 1 - (\mu_i)^{-\alpha}, \quad \alpha > 0.$$

Для СССР на 1930–1940-е гг. при степени  $\alpha = 1$  получим  $IG_{30-40} \approx 0,23$ . По данным переписи населения СССР 1989 г. значение индекса гетерогенности возросло  $IG_{1989} \approx 0,27$ , что объясняется сокращением доли русских в общей численности населения государства.

В качестве недостатка выражения (6) можно отметить, что значение параметра разнородности можно оценить только для этносов (национальностей) входивших в состав единого государства и причем только по линии: государствообразующий этнос (русские) – другой этнос.

## **2. Модель миграции и оценка ее параметров**

Пользуясь моделью безопасности [12], определим потоки миграции  $M_{ij}$  из страны  $i$  в страну  $j$ , основанные на факторах притяжения:

$$(8) \quad M_{ij} = k_{mi} \frac{w_{bj} D_j (V_j / V_i)}{\sqrt{r_{ij} / r_{i\min}} (\mu_{ij})^2}, \quad r_{i\min} = \min_j r_{ij},$$

где:  $k_{mi}$  – параметр миграции  $i$ -й страны;  $w_{bj}$  – базовая суверенность  $j$ -го государства;  $V_i$  – ВВП на душу населения  $i$ -й страны;  $V_j$  – ВВП на душу населения  $j$ -й страны;  $D_j$  – доля городского населения в  $j$ -й стране;  $r_{ij}$  – расстояние между странами  $i$  и  $j$ ;  $r_{i\min}$  – расстояние от страны  $i$  до ближайшей страны из рассматриваемого списка стран;  $\mu_{ij}$  – параметр разнородности.

Базовая суверенность  $w_{bj}$   $j$ -го государства вычисляется по формуле [14]:

$$(9) \quad w_{bj} = \left( \frac{z_j}{z_{\max}} \right)^{\omega} \left( \frac{s_j}{s_{\max}} \right)^{1-\omega}, \quad \omega \approx 0,67,$$

где:  $z_j$  – численность населения  $j$ -й страны;

$s_j$  – ее площадь;

$s_{\max}$  – площадь крупнейшей страны (России);

$z_{\max}$  – численность населения самой многочисленной страны (Китая);

$\omega$  – параметр эластичности по демографическому фактору.

В терминах гравитационной модели базовая суверенность есть мера значимости страны притяжения, отношение ВВП на душу населения – экономический параметр притяжения; расстояние между странами и параметр разнородности характеризуют меру различий. В модели учитывается тот факт, что с увеличением расстояния транспортные расходы на единицу расстояния сокращаются.

Используя базу данных статистического отдела ЕЭК ООН [2] по долгосрочной эмиграции<sup>1</sup> и другие данные [10; 16], выполнена оценка параметров  $k_m$  и  $\mu_{ij}$  модели (8) для России (эмиграция 2009–2013 гг.), Украины (2011–2012 гг.), Белоруссии (2009–2014 гг.), Армении (2011, 2014 гг.), Казахстана (2012–2014 гг.) и Узбекистана (2013–2014 гг.).

В таблице 2 представлены выборочные данные по долгосрочной миграции.

---

<sup>1</sup> Долгосрочные мигранты – это те, кто покинули страну или переехали из страны на срок не менее одного года.

Табл. 2. Потоки долгосрочной миграции (выборочные данные ЕЭК ООН)

| Страна прибытия   | Поток миграции из страны выезда, чел. |         |          |         |           |            |
|-------------------|---------------------------------------|---------|----------|---------|-----------|------------|
|                   | Россия                                | Украина | Беларусь | Армения | Казахстан | Узбекистан |
| Россия            |                                       | 10064   | 28254    | 146883  | 71696     | 40611      |
| Украина           | 49357                                 |         | 3369     | 3246    | 686       | 1836       |
| Беларусь          | 26440                                 | 1228    |          | 532     | 3320      | 211        |
| Армения           | 17843                                 | 34      | 175      |         | 19        | 19         |
| Казахстан         | 41382                                 | 466     | 587      | 582     |           | 34927      |
| Узбекистан        | 86141                                 | 123     | 144      | 71      | 617       |            |
| Таджикистан       | 30017                                 | 9       | 31       | -       | 23        | 370        |
| Киргизия          | 23356                                 | -       | 22       | 2       | 364       | 474        |
| Азербайджан       | 13888                                 | 153     | 282      | -       | 161       | 193        |
| Молдавия          | 15023                                 | 674     | 159      | 12      | 31        | -          |
| Грузия            | 3858                                  | 100     | 264      | 1362    | 25        | 16         |
| Вьетнам           | 3761                                  | 91      | 125      | -       | -         | -          |
| Туркмения         | 4078                                  | 211     | 924      | -       | 20        | 148        |
| Эстония           | 2034                                  | 55      | 70       | 1       | 1         | -          |
| Израиль           | 5012                                  | 2972    | 1974     | 58      | 277       | 385        |
| Латвия            | 1474                                  | 61      | 410      | 2       | 11        | 6          |
| Литва             | 1106                                  | 95      | 1100     | 72      | 12        | 5          |
| Болгария          | 921                                   | 75      | 61       | 159     | 13        | 13         |
| Монголия          | 346                                   | 16      | -        | -       | 56        | -          |
| Чехия             | 1468                                  | 865     | 278      | 168     | 23        | -          |
| Индия             | 2146                                  | 77      | 43       | -       | 3         | -          |
| Германия          | 19415                                 | 3462    | 2799     | 3315    | 4202      | 271        |
| Китай             | 12697                                 | 579     | 485      | -       | 125       | -          |
| Турция            | 3031                                  | 680     | 357      | 411     | 35        | 58         |
| Греция            | 651                                   | 54      | 17       | 2847    | 15        | 72         |
| Испания           | 1827                                  | 785     | 77       | 2022    | 3         | -          |
| Австрия           | 572                                   | 301     | 193      | 222     | 24        | 13         |
| Италия            | 1687                                  | 397     | 613      | 185     | 18        | 100        |
| Швейцария         | 503                                   | 53      | 109      | 94      | 20        | -          |
| Польша            | 483                                   | 435     | 872      | 648     | 212       | 29         |
| Канада            | 2455                                  | 185     | 322      | 272     | 372       | 34         |
| Великобритания    | 1249                                  | 71      | 128      | 172     | 14        | 58         |
| США               | 7369                                  | 1866    | 1336     | 5601    | 493       | 437        |
| Франция           | 1511                                  | 132     | 244      | 4439    | 9         | 58         |
| Австралия         | 1080                                  | 36      | 33       | 70      | 24        | -          |
| Выехало всего     | 411943                                | 29105   | 47842    | 217937  | 83051     | 373566     |
| Учтено в расчетах | 394742                                | 28220   | 47163    | 177874  | 82932     | 80502      |

В связи с очень малым потоком миграции из Казахстана в Испанию, Францию, Болгарию, Литву, Латвию, Австрию и некоторые другие государства, оценка параметра разнородности для указанных стран характеризуется высокой погрешностью.

Результаты вычислений представлены в таблице 3.

*Табл. 3. Оценка параметров гравитационной модели миграции*

| Страна прибытия | Страна выезда мигрантов |         |          |         |           |            |
|-----------------|-------------------------|---------|----------|---------|-----------|------------|
|                 | Россия                  | Украина | Беларусь | Армения | Казахстан | Узбекистан |
| Россия          |                         | 1,09    | 0,58     | 0,68    | 0,54      | 0,87       |
| Таджикистан     | 0,03                    |         |          |         | 0,92      | 0,43       |
| Киргизия        | 0,04                    |         |          |         | 0,29      | 0,45       |
| Узбекистан      | 0,05                    | 0,60    | 0,46     | 2,16    | 0,52      |            |
| Молдавия        | 0,06                    | 0,16    | 0,24     | 2,00    | 0,71      |            |
| Армения         | 0,07                    |         | 0,25     |         | 1,31      | 1,95       |
| Грузия          | 0,17                    | 0,48    | 0,24     | 0,48    | 1,31      |            |
| Азербайджан     | 0,18                    | 0,75    | 0,45     |         | 1,09      | 1,48       |
| Украина         | 0,22                    |         | 0,36     | 0,78    | 0,92      | 0,78       |
| Беларусь        | 0,22                    | 0,51    |          | 1,29    | 0,30      | 1,63       |
| Вьетнам         | 0,24                    | 0,67    | 0,49     |         |           |            |
| Казахстан       | 0,29                    | 1,14    | 0,86     | 2,67    |           | 0,40       |
| Туркмения       | 0,32                    | 0,61    | 0,24     |         | 3,60      | 2,14       |
| Афганистан      | 0,40                    |         | 0,27     |         |           |            |
| Эстония         | 0,46                    | 1,20    | 1,06     |         |           |            |
| Сирия           | 0,49                    | 0,83    | 0,47     | 2,07    |           |            |
| Израиль         | 0,57                    | 0,35    | 0,35     | 6,75    | 1,57      | 1,94       |
| Латвия          | 0,57                    | 1,25    | 0,50     |         | 3,20      |            |
| Литва           | 0,75                    | 1,20    | 0,38     | 2,49    | 3,67      |            |
| Болгария        | 0,76                    | 1,36    | 1,22     | 1,99    | 3,72      |            |
| Монголия        | 0,80                    |         |          |         | 1,63      |            |
| Чехия           | 1,05                    | 0,67    | 1,05     | 2,98    | 4,71      |            |
| Индия           | 1,12                    | 2,57    |          |         |           |            |
| Германия        | 1,13                    | 1,22    | 1,30     | 2,55    | 1,36      | 7,29       |
| Китай           | 1,31                    | 2,59    | 2,40     |         | 11,58     |            |
| Турция          | 1,51                    | 1,52    | 1,70     | 5,42    | 8,60      | 9,59       |
| Греция          | 1,55                    | 2,64    |          | 0,82    | 6,14      | 3,96       |
| Ирак            | 1,77                    |         | 1,60     |         |           |            |
| Южная Корея     | 2,17                    |         |          |         |           | 5,45       |
| Испания         | 2,17                    | 1,53    | 4,28     | 2,14    | 33,09     |            |
| Австрия         | 2,36                    | 1,59    | 1,74     | 3,76    | 9,32      |            |

| Страна прибытия | Страна выезда мигрантов |         |          |         |           |            |
|-----------------|-------------------------|---------|----------|---------|-----------|------------|
|                 | Россия                  | Украина | Беларусь | Армения | Казахстан | Узбекистан |
| Бельгия         | 2,37                    |         | 1,77     | 1,18    | 7,08      | 5,67       |
| Италия          | 2,59                    | 2,58    | 1,78     | 8,18    | 15,04     | 8,92       |
| Швейцария       | 2,84                    | 4,16    | 2,55     | 6,60    | 8,39      |            |
| Польша          | 2,90                    | 1,55    | 1,04     | 2,29    | 2,34      | 8,78       |
| Нидерланды      | 3,05                    | 2,69    | 2,10     | 1,88    |           |            |
| Норвегия        | 3,08                    | 4,62    | 4,41     |         |           |            |
| Канада          | 3,12                    | 4,96    | 3,31     | 9,56    | 5,44      | 24,61      |
| Великобритания  | 3,47                    | 6,69    | 4,45     | 9,20    | 19,50     | 13,17      |
| США             | 3,64                    | 3,17    | 3,29     | 4,30    | 9,49      | 13,87      |
| Франция         | 3,75                    | 5,84    | 3,79     | 2,18    | 28,74     | 15,67      |
| Австралия       | 4,19                    |         |          | 16,00   | 20,63     |            |
| Швеция          | 4,36                    |         | 3,49     | 4,97    |           |            |
| Иран            |                         | 1,12    | 1,95     | 5,13    |           |            |
| Нигерия         |                         | 2,04    | 1,16     |         |           |            |
| Дания           |                         | 3,41    | 3,22     | 6,05    |           |            |

Для оценки параметров модели (отдельно для каждой страны выезда) использовался метод наименьших квадратов. На значения параметра  $k_{mi}$  миграции накладывалось ограничение:

$$(10) \quad \sum_{j=1}^{n_i} M_{ij} \leq k_{mi} \leq \sum_{j=1}^{N_i} M_{ij},$$

где:  $n_i$  – количество стран в выборке для страны выезда  $i$ ;  $N_i$  – общее количество стран (включая неопределенную позицию), куда прибыли мигранты из страны  $i$ .

Если применительно к этносам (национальностям) значение параметра разнородности  $\mu_{ij} \geq 1$  (основную нагрузку в стране несет государствообразующий этнос), то применительно к отдельным социальным группам в общем случае имеем  $\mu_{ij} > 0$ . Рассмотрим часть таблицы 3, включающую только перекрестную миграцию (табл. 4).

Табл. 4. Оценка параметров гравитационной модели миграции (выборочно)

| Страна $j$<br>прибытия | Страна $i$ выезда мигрантов |            |             |            |              |               |
|------------------------|-----------------------------|------------|-------------|------------|--------------|---------------|
|                        | 1. Россия                   | 2. Украина | 3. Беларусь | 4. Армения | 5. Казахстан | 6. Узбекистан |
| 1. Россия              |                             | 1,09       | 0,58        | 0,68       | 0,54         | 0,87          |
| 2. Украина             | 0,22                        |            | 0,36        | 0,78       | 0,92         | 0,78          |
| 3. Беларусь            | 0,22                        | 0,51       |             | 1,29       | 0,30         | 1,63          |
| 4. Армения             | 0,07                        |            | 0,25        |            | 1,31         | 1,95          |
| 5. Казахстан           | 0,29                        | 1,14       | 0,86        | 2,67       |              | 0,40          |
| 6. Узбекистан          | 0,05                        | 0,60       | 0,46        | 2,16       | 0,52         |               |

Из Узбекистана выезжает главным образом население нетитульных национальностей [7], причем доля миграции в Россию составила 50%, в Казахстан – 43%. Значение параметра  $\mu_{61} = 0,87$  может свидетельствовать о том, что для мигрантов из Узбекистана в Россию как отдельной социальной группы «своим» этносом преимущественно является российский. При этом параметр разнородности этой группы с населением Узбекистана равен  $\mu = 1/\mu_{61} = 1/0,87 = 1,15$ . Данная социальная группа считает, что между российским и узбекским этносами различия невелики. В общем потоке эмиграции из России около 21% приходится на Узбекистан. Параметр разнородности между Россией и Узбекистаном с точки зрения мигрантов из России равен  $\mu = 1/\mu_{16} = 1/0,05 = 20$ . В СССР значение параметра разнородности узбеков и русских равнялось 2,4.

В первом полугодии 2013 г. в общем числе эмигрантов (174,4 тыс. чел.) из Казахстана доля этнических русских составляла 70,9% [1]. За 2012–2014 гг. доля миграции в Россию составила 86%, в Германию – 5%. Можно предположить, что мигранты (в основном – русские) считают, что различия между Россией и Казахстаном оцениваются значением параметра  $\mu = 1/\mu_{51} = 1/0,54 = 1,85$ . Отметим, что в СССР значение параметра разнородности казахов и русских равнялось 1,4. В общем потоке эмиграции из России около 10% приходится на Казахстан.

Параметр разнородности между Россией и Казахстаном с точки зрения мигрантов из России равен  $\mu = 1/\mu_{15} = 1/0,29 = 3,45$ .

Выезжающие из Украины в Россию не видят различий между украинцами и русскими ( $\mu_{21} = 1,09$ ), тогда как мигранты из России на Украину видят между названными этносами существенное различие.

В таблице 5 для шести стран представлены результаты оценки параметра разнородности различными методами (если значение параметра в табл. 4 меньше единицы, то берется обратное число).

*Табл. 5. Сравнительная оценка параметра разнородности*

| Показатель                                       | Значения параметра разнородности |          |         |           |             |
|--|----------------------------------|----------|---------|-----------|-------------|
|  | Украина                          | Беларусь | Армения | Казахстан | Узбеки-стан |
| Мигранты в Россию                                | 1,09                             | 1,72     | 1,47    | 1,85      | 1,15        |
| Мигранты из России                               | 4,55                             | 4,55     | 14,29   | 3,45      | 20,0        |
| По результатам Отечественной войны 1941–1945 гг. | 1,2                              | 1,2      | 1,5     | 1,4       | 2,4         |
| Мигранты на Украину                              |                                  | 2,78     | 1,28    | 1,09      | 1,28        |
| Мигранты с Украины                               |                                  | 1,96     | -       | 1,14      | 1,67        |
| Мигранты в Беларусь                              | 1,96                             |          | 1,29    | 3,33      | 1,63        |
| Мигранты из Беларуси                             | 2,78                             |          | 4,00    | 1,16      | 2,17        |
| Мигранты из Армении                              | 1,28                             | 1,29     |         | 2,67      | 2,16        |
| Мигранты в Армению                               | -                                | 4,00     |         | 1,31      | 1,95        |
| Мигранты из Казахстана                           | 1,09                             | 3,33     | 1,31    |           | 1,92        |
| Мигранты в Казахстан                             | 1,14                             | 1,16     | 2,67    |           | 2,50        |
| Мигранты из Узбекистана                          | 1,28                             | 1,63     | 1,95    | 2,50      |             |
| Мигранты в Узбекистан                            | 1,67                             | 2,17     | 2,16    | 1,92      |             |

Таким образом, гравитационную модель миграции можно использовать для оценки параметра разнородности. Полученные с ее помощью результаты не противоречат оценкам, выполненным на основе анализа вклада разных национальностей в общую Победу в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.

Из табл. 3 в частности видно, что в среднем высокие различия (разнородности) характерны для таких стран, как Австралия, Франция, Великобритания, Испания и Канада (среднее значение параметра разнородности выше 8). Тогда как для Германии, Нидерландов, Чехии и Болгарии эти различия невелики.

При обработке статистических данных нами не учитывались особенности правовых режимов, в определенных условиях оказывающих существенное влияние на потоки миграции. Из выражения (8) видно, что при прочих равных условиях миграционный поток максимален, если население двух соседних стран характеризуется значением параметра разнородности, близким к единице. При различных политических и идеологических разногласиях между странами существенно ограничиваются легальные и нелегальные миграционные потоки, в том числе и за счет оборудования государственной границы глубоко эшелонированными инженерными сооружениями (границы ГДР и ФРГ, Северной и Южной Кореи). Строительство Украиной пограничных сооружений на границе с Россией свидетельствует о том, что имеются существенные идеологические разногласия на уровне элит, тогда как население указанных стран этнически однородно.

Преобразуем выражение (8) и вычислим поток миграции  $M_{ij}$  из страны  $i$  в страну  $j$  с учетом административно-правового режима в области миграции:

$$(11) \quad M_{ij} = k_{mi} \frac{(1 - P_{RMij})w_{bj}D_j(V_j/V_i)}{\sqrt{r_{ij}/r_{imin}(\mu_{ij})^2}},$$

где  $0 \leq P_{RMij} \leq 1$  – индекс административно-правового режима, действующего в отношении граждан, пытающихся мигрировать из  $i$  в  $j$ . При  $P_{RMij} = 0$  отсутствуют какие-либо ограничения на миграцию между странами  $i$  и  $j$ . Соответственно, при  $P_{RMij} = 1$

невозможна легальная и нелегальная миграция из страны  $i$  в страну  $j$ .

На основании законов миграции Э.Г. Равенштейна и частного случая гравитационной модели миграции можно сформулировать *правило выбора индивидуального актора*: мигранты выбирают страну–назначение с учетом соотношения уровней ВВП на душу населения, урбанизации, емкости страны (характеризуется функцией базовой суверенности), степени разнородности между странами и существующего административно-правового режима миграции.

### **3. Заключение**

Таким образом, нами рассмотрено расширение гравитационной модели миграции, учитывающее притягивающие и промежуточные факторы (по Э. Ли). По статистическим данным за 2009–2014 гг. для некоторых стран СНГ выполнена оценка параметра этнической разнородности. Полученные данные не противоречат оценкам параметра, полученного на основе анализа вклада различных национальностей СССР в Победу в годы Великой Отечественной войны.

Введение индекса административно-правового режима в области миграции позволит формулировать и решать задачи в области управления миграционными потоками.

### **Литература**

1. АСКАРОВ Т. *Почему люди опять уезжают из Казахстана?* – URL: [http://forbes.kz/life/pochemu\\_lyudi\\_opyat\\_uezjayut\\_iz\\_kazahstana](http://forbes.kz/life/pochemu_lyudi_opyat_uezjayut_iz_kazahstana) (дата обращения: 10.08.2015).
2. *База данных статистического отдела ЕЭК ООН.* – URL: [http://w3.unece.org/PXWeb2015/pxweb/ru/STAT/STAT\\_\\_30-GE\\_\\_99-MCH\\_1](http://w3.unece.org/PXWeb2015/pxweb/ru/STAT/STAT__30-GE__99-MCH_1) (дата обращения: 17.08.2015).

3. *Всесоюзная перепись населения 1939 года: основные итоги.* – М.: Наука, 1992. – 254 с.
4. ДМИТРИЕВ В.А. *К вопросу о варваризации Римской армии в IV в. н.э. (по данным Аммиана Марцеллина)* // Научные ведомости БелГУ. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика, 2011. №7 (102). – С. 44-56.
5. КАМАЛОВА Р.У. *Этническая гетерогенность: основные понятия и проблемы измерения* // «Полития», 2013, № 4 (71). – С. 127–149.
6. КУЧМА В.В. *Военная организация Византийской империи.* – СПб.: Алетейя, 2001. – 426 с.
7. МАКСАКОВА Л. *Узбекистан в системе международных миграций.* – URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/2010/0415/analit03.php> (дата обращения: 04.08.2015).
8. *Миграция населения: теория, политика: учеб. пособие /* Под ред. О.Д. Воробьевой, А.В. Топилина. – М.: Экономическое образование, 2012. – 364 с.
9. *Прикладное прогнозирование национальной экономики: учебное пособие /* под ред. В.В. Ивантера, И.А. Буданова, А.Г. Коровкина, В.С. Сутягина. – М.: Экономистъ, 2007. – 896 с.
10. *Расстояние калькулятор.* – URL: <http://ru.distance.to/> (дата обращения: 06.08.2015).
11. *Россия и СССР в войнах XX века. Потери вооруженных сил. Статистическое исследование /* Под общ. ред. Г.Ф. Кривошеева. – М.: ОЛМА-ПРЕСС, 2001. – 608 с.
12. ШУМОВ В.В. *Геополитика и безопасность: математическое моделирование* // Геополитика и безопасность, 2015. № 1 (29). – С. 37-45.
13. ШУМОВ В.В. *Общественная и национальная безопасность: анализ, моделирование и верификация* // Политика и общество, 2015. № 3 (123). – С. 303-319.

14. ШУМОВ В.В. *Пограничная безопасность как ценность и общественное благо: Математические модели.* – М.: ЛЕНАНД, 2015. – 184 с.
15. LEE E. S. *A Theory of Migration* // *Demography*, 1966. Vol. 3, No. 1. – P. 47-57.
16. *National Accounts Main Aggregates Database.* – URL: <http://unstats.un.org/unsd/snaama/selbasicFast.asp> (дата обращения: 05.04.2015).
17. RAVENSTEIN E.G. *The Laws of Migration* // *Journal of the Statistical Society of London*, 1885. Vol. 48, No. 2. – P. 167–235.

## **SIMULATION OF MIGRATION**

**Vladislav Shumov**, International Informatizational Academy, Moscow, Cand.Sc., senior lecturer (vshum59@yandex.ru).

*Based on the analysis of legal migration and the factors influencing its intensity, it is proposed the expansion of the gravity model of migration, taking into account the factors attracting and intermediates. Formulated a rule of selection of migrants country of destination. The estimated parameters of the model.*

Keywords: laws of migration, gravity model, ethnic heterogeneity.