

МОДЕЛЬ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПАССИОНАРНОЙ ЭНЕРГИИ ЭТНОСА

В.В. Коробицын

The model of dynamic of drive energy of ethnos is described. The drive energy is extended for the territory of ethnos. The model is a system of the parabolic differential equations. The result of computer simulation of ethnic model is given

1. Введение

Общество — это сложный объект, элементами которого являемся мы — люди. Развитие общества подчинено определенным законам. Но они пока еще неизвестны человеку в полной мере. Открытие этих законов является целью современной науки. На помощь гуманитарным наукам приходит математика с ее формализованным аппаратом. Именно формализация может избавить гуманитарные науки от субъективности отдельных авторов. Современные методы математического моделирования позволяют строить и исследовать самые разнообразные модели.

С развитием компьютерной техники появилась возможность проводить численные эксперименты с достаточно сложными моделями, которые более полно отражают процессы, протекающие вокруг нас. Развитие человеческого общества — одно из самых загадочных явлений. Построить модель, которая бы совершенно полно описала общество, наверное, невозможно, как и создание модели человека. Но сделать попытку и хотя бы чуть-чуть приблизиться к цели — необходимо.

Модель, которая приводится в данной статье, является попыткой построить совершенно иную, отличную от предыдущих моделей [4, 5]. Отличие ее состоит в том, что осуществляется моделирование процессов, протекающих в пространстве. Учитываются территориальное расположение элементов и их граничные взаимодействия. Элементами данной модели являются этносы, которые занимают определенные территории. Способы функционирования этноса описаны

© 2000 В.В. Коробицын

E-mail: korobits@univer.omsk.su

Омский государственный университет

четырьмя законами взаимодействия. На основе этих законов выводится дифференциальное уравнение, описывающее изменения распределения пассионарной энергии этноса на территории занимаемого ландшафта. Решение этого уравнения дает величину пассионарной напряженности этноса, которая определяет его состояние.

С данной моделью проводилось компьютерное моделирование на реальной карте ландшафтов Европы. Модель имитирует начальные фазы этногенеза от рождения до фазы перегрева. В эксперименте участвуют три суперэтноса, которые возникают в разные моменты времени в случайно выбранных точках территории. Этноты рождаются, разрастаются и взаимодействуют друг с другом. Результаты многочисленных экспериментов указали на закономерности раздела всей территории на участки, занимаемые каждым этносом.

2. Описание процессов изменения пассионарной энергии

Модель этногенеза строится исходя из теории Л.Н. Гумилева [1]. Согласно этой теории существует уровень организации общества, промежуточный между биологическим и социальным, который он назвал этническим. Это уровень подсознательного разделения всех людей на своих и чужих. Разделение происходит по ощущению комплиментарности и по стереотипу поведения. Члены одного этноса никогда не признают своим члена другого этноса. Большинство военных конфликтов происходят вследствие противостояния двух враждующих этносов. Перемирие двух этносов обычно является недолгим, и после некоторого перерыва возобновляются военные действия.

Реальную этническую целостность мы можем определить как динамическую систему, включающую в себя не только людей, но и элементы ландшафта, культурную традицию и взаимосвязь с соседями. В этой системе движущей силой является пассионарная энергия. *Пассионарность* — это избыточная биохимическая энергия, которая подавляет в человеке инстинкт самосохранения и способствует совершению человеком сверхусилий. Гумилев разделяет людей на три основных типа по отношению к пассионарной принадлежности: пассионарии, гармоничные люди и субпассионарии. Гармоничные — это люди, пассионарность которых близка к нулю. Субпассионарии имеют отрицательную пассионарность, у них преобладает инстинкт самосохранения.

Способы измерения биохимической энергии в этой статье не рассматриваются. Предположим, что пассионарность каждого человека известна, тогда *пассионарной энергией* этноса будем называть сумму пассионарностей всех членов этноса. *Пассионарной напряженностью* называется величина, равная отношению пассионарной энергии к количеству членов этноса, то есть это средняя пассионарность члена этноса. *Плотностью пассионарной энергии* будем называть величину отношения пассионарной энергии к площади территории, которую занимает этнос, то есть это количество пассионарной энергии на единицу площади ландшафта.

Ландшафт, к которому приспосабливается этнос, определяет стереотип поведения его членов. На основе этих стереотипов человек живет и трудится, он привыкает к определенному ландшафту. Таким образом, состояние ландшафта определяет ареал распространения этноса. Члены этноса, зародившиеся в степном ландшафте, не могут жить в горной местности или в лесу. Но если это все-таки происходит, то они стараются перестроить ландшафт к тому, к которому они привыкли. Поэтому этносы, занимающие чуждые им ландшафты, обычно не составляют конкуренции этносам, для которых этот ландшафт является родственным. Происходит вытеснение одним этносом другого. Этносы делят между собой территории. Территория, занимаемая этносом, определяется наличием пассионарной энергии данного этноса в этом регионе, которая обуславливается присутствием в нем пассионариев.

Для создания модели выделяем четыре основных закона изменения пассионарной энергии:

- 1) *индукция*,
- 2) *утрата*,
- 3) *рассеивание*,
- 4) *перемещение*.

Пассионарность обладает важным свойством: она заразительна. Это значит, что люди гармоничные (а в еще большей степени — импульсивные), оказавшись в непосредственной близости от пассионариев, начинают вести себя так, как если бы они были пассионарны. Кроме того, пассионарность передается по наследству. Во время войн женщины ценят героев, идущих в бой, благодаря чему те, прежде чем погибнуть, успевают оставить потомство, далеко не всегда в законном браке. Дети вырастают и продолжают совершать поступки, подсказанные их конституцией, даже не зная своих отцов. Учитывая вышесказанное, можно сделать вывод, что увеличение пассионарной энергии пропорционально количеству пассионариев.

Утрата пассионарной энергии происходит при изменении ландшафта и вследствие ведения военных действий. Противостояние двух этносов возникает на границе и связано с желанием каждого этноса увеличить размеры занимаемых территорий. При столкновении происходит уменьшение пассионарной энергии в местах ведения военных действий. Объемы уменьшения энергии пропорциональны энергии этих этносов. Чем сильнее этносы, тем более жестокое противостояние и тем больше потери. Затраты энергии на изменение ландшафта характеризуются фазой этногенеза и направлены на переустройство ландшафта. В стадии пассионарного подъема и перегрева интенсивность воздействия на ландшафт максимальна, и поэтому затраты очень велики.

Этносы разделяются на персистентные и интенсивно размножающиеся. Первые характеризуются консервативным поведением, они вписываются в ландшафт и ограничены тем самым в своем размножении. Вторые расселяются за границы своего биоценоза и изменяют свой первичный биоценоз. Члены таких этносов подвержены постоянному перемещению с целью приобретения новых земель. Таким образом, пассионарная энергия расплывается по территории ландшафта. Растекание энергии этноса происходит во всех направлениях,

но неравномерно, так как в некоторые районы попасть легче, а в некоторые труднее, что может быть связано с различными коммуникационными сложностями, возникающими при перемещении.

При возникновении противостояний между соседними этносами каждый из них начинает перемещать свои силы в направлении враждебного этноса. Этими силами командуют пассионарии, то есть происходит целенаправленное перемещение пассионарной энергии к границе чуждого этноса. В отличие от рассеивания, которое происходит постоянно, целенаправленное перемещение производится в конкретные моменты времени.

Таким образом, определены четыре основных процесса, обеспечивающих существование и распределение пассионарной энергии. Модель строится на основе описания этих процессов.

3. Построение математической модели

Будем рассматривать развитие этногенеза в некоторой области $G \in \mathbf{R}^2$. Пусть границей G будет гладкая кривая Γ . Плотность пассионарной энергии этноса определим непрерывной функцией $u(x, y, t) : G \times [0, T] \rightarrow \mathbf{R}^+$. Тогда пассионарная энергия всей области G будет равна

$$E(t) = \iint_G \alpha(x, y, t) u(x, y, t) dx dy,$$

где $\alpha(x, y, t)$ — некоторая функция, описывающая коэффициент, который будем называть *пассионароемкостью* ландшафта (предполагается, что $\alpha \geq 0$).

Процесс растекания пассионарной энергии можно описать выражением

$$R(t) = \oint_{\Gamma} \varepsilon(x, y, t) \frac{\partial u}{\partial n}(x, y, t) d\gamma,$$

здесь R — пассионарная энергия, втекающая (вытекающая, когда $R < 0$) в область G через ее границу Γ , $\varepsilon(x, y, t)$ — коэффициент, который будем называть *пассионаропроводимостью* ландшафта (предполагается, что $\varepsilon \geq 0$),

$$\frac{\partial u}{\partial n} = \frac{\partial u}{\partial x} \cos(x, n) + \frac{\partial u}{\partial y} \sin(x, n)$$

— производная по направлению внешней нормали n к участку кривой $d\gamma$. Выражение для $R(t)$ описывает процесс перетекания энергии из участков с большей плотностью в участки с меньшей плотностью энергии u . Это процесс растекания энергии из точки пассионарного толчка во всех направлениях. Происходит захват территорий и расширение ареала этноса. «Фаза подъема этногенеза всегда связана с экспансией, подобно тому как расширяется нагретый газ» [1, с.448]. Коэффициент ε описывает скорость растекания энергии. Поскольку ландшафт неоднороден, то и растекание происходит неравномерно в

разных направлениях. Этот коэффициент описывает транспортные возможности ландшафта. Где скорость перемещения по ландшафту выше, там значение функции ε больше. Например, скорость перемещения по степи значительно выше скорости перемещения в горных районах, что и должно быть отражено этой функцией.

Процесс целенаправленного переноса пассионарной энергии по ландшафту опишем выражением

$$P(t) = \oint_{\Gamma} -(\vec{a}, \vec{n})u(x, y, t)d\gamma,$$

где $P(t)$ — пассионарная энергия, втекающая в регион G в результате направленного перемещения энергии через границу Γ ; \vec{a} — вектор направления перемещения энергии; \vec{n} — внешняя нормаль к участку границы $d\gamma$. Процесс перемещения связан с ведением военных действий. Пассионарии не могут не участвовать в войнах. Поэтому когда происходят столкновения с соседними этносами, то пассионарии со всех концов начинают перемещаться к этому месту. В данной модели направление перемещения описывается вектором \vec{a} . А если предположить, что $\vec{a} = -\nabla\varphi(x, y, t)$, где $\varphi(x, y, t)$ — некоторая функция, то выражение для P примет вид:

$$P(t) = \oint_{\Gamma} \frac{\partial\varphi}{\partial n}(x, y, t)u(x, y, t)d\gamma.$$

Используя формулу Грина [3, с.179], перейдем от криволинейных интегралов по контуру Γ к двойным интегралам по области G :

$$R(t) = \iint_G (\varepsilon\Delta u + \nabla\varepsilon\nabla u)dxdy,$$

$$P(t) = \iint_G (u\Delta\varphi + \nabla u\nabla\varphi)dxdy,$$

$$\Delta u = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}, \quad \nabla u = \left(\frac{\partial u}{\partial x}, \frac{\partial u}{\partial y}\right).$$

Процесс индукции и утраты пассионарной энергии опишем выражением

$$T(t) = \iint_G \beta(x, y, t)u(x, y, t)dxdy,$$

где $\beta(x, y, t)$ — функция, отражающая интенсивность процесса индукции и утраты энергии на перестройку ландшафта. Можно описать эту функцию как разность двух функций $\beta(x, y, t) = \beta_r(t) - \beta_l(x, y)$, где $\beta_r \geq 0$ — описывает интенсивность индукции, $\beta_l \geq 0$ — описывает утраты на перестройку ландшафта. Функция β_l зависит от состояния ландшафта в точке $(x, y) \in G$, поскольку затраты на переустройство чуждого ландшафта гораздо больше, чем

родственного. А функция β_r меняется со временем. В период подъема она максимальна: пассионарии наиболее активны, и этнос целиком их поддерживает. Но проходит время, и ситуация меняется, этнос уже не нуждается в героях, и происходит гонение пассионариев, а значит функция β_r уменьшается.

Теперь рассмотрим конфликты, возникающие при столкновении нескольких этносов. Возьмем количество этносов равное k . Плотность пассионарной энергии i -го этноса описывается функцией $u_i(x, y, t)$, $i = 1, 2, \dots, k$. Утрату пассионарной энергии в военных конфликтах опишем выражением

$$K_i(t) = \iint_G - \left(\sum_{j=1}^k \gamma_{ij} u_j(x, y, t) \right) u_i(x, y, t) dx dy,$$

здесь u_j — пассионарная энергия враждебного этноса; γ_{ij} — коэффициент потерь в войнах между i -м и j -м этносами. Член $\gamma_{ij} u_i u_j$ встречается дважды: в уравнениях для u_i и для u_j . Если u_i значительно больше u_j , то потери окажут большее влияние на j -й этнос и произойдет вытеснение i -м этносом j -ого. Это означает, что i -й этнос одержал победу и произошел передел территорий в пользу победителя. В выражении для $K_i(t)$ имеется член $\gamma_{ii} u_i^2$, который описывает гражданскую войну, возникающую внутри этноса. Этот член оказывает значительное влияние когда u_i достаточно велико, когда количество пассионариев в этносе настолько велико, что они начинают истреблять друг друга.

Перейдем к выводу уравнения изменения пассионарной энергии этноса. Будем исходить из предположения, что выполняется закон сохранения энергии. Изменение объема энергии i -го этноса ΔE_i с момента времени t_1 до t_2 равен сумме всех изменений (втеканий и вытеканий) энергии за этот промежуток времени:

$$\Delta E_i = E_i(t_2) - E_i(t_1) = \int_{t_1}^{t_2} \left[R_i(t) + P_i(t) + T_i(t) + K_i(t) \right] dt.$$

Здесь и далее $E_i(t)$, $R_i(t)$, $P_i(t)$, $T_i(t)$ описываются теми же выражениями, что и $E(t)$, $R(t)$, $P(t)$, $T(t)$, с заменой функции $u(x, y, t)$ на функцию $u_i(x, y, t)$.

Подставляем выражения для описанных функций и получаем

$$\begin{aligned} \iint_G \alpha_i u_i|_{t=t_2} - \alpha_i u_i|_{t=t_1} dx dy = \int_{t_1}^{t_2} \iint_G \left[\varepsilon_i \Delta u_i + \nabla \varepsilon_i \nabla u_i + \right. \\ \left. + u_i \Delta \varphi_i + \nabla u_i \nabla \varphi_i + \beta_i u_i - \left(\sum_{j=1}^k \gamma_{ij} u_j \right) u_i \right] dx dy dt, \quad i = 1, 2, \dots, k. \end{aligned}$$

Эта система интегральных уравнений описывает модель территориального распределения пассионарной энергии и взаимодействия этносов. Далее мы перейдем к дифференциальным уравнениям. Для этого применим теорему о среднем [3, с.134], предполагая, что все условия, накладываемые на функции, выполняются:

$$\left[\alpha_i u_i \Big|_{(x_1, y_1, t_2)} - \alpha_i u_i \Big|_{(x_1, y_1, t_1)} \right] \Delta G = \left[\varepsilon_i \Delta u_i + \nabla \varepsilon_i \nabla u_i + u_i \Delta \varphi_i + \nabla u_i \nabla \varphi_i + \right. \\ \left. + \beta_i u_i - \left(\sum_{j=1}^k \gamma_{ij} u_j \right) u_i \right] \Big|_{(x_2, y_2, t_3)} \Delta G \Delta t,$$

где $(x_1, y_1) \in G$, $(x_2, y_2) \in G$, $t_3 \in [t_1, t_2]$, $\Delta t = t_2 - t_1$, $\Delta G = \iint_G dx dy$ — площадь области G .

Фиксируем некоторую точку $M(x, y)$ внутри G и стягиваем G в эту точку, а Δt устремим к нулю. После сокращения на $\Delta G \Delta t$ и указанного предельного перехода получаем

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} = \frac{1}{\alpha_i} \left[\varepsilon_i \Delta u_i + (\nabla \varepsilon_i + \nabla \varphi_i) \nabla u_i + \left(\Delta \varphi_i + \beta_i - \sum_{j=1}^k \gamma_{ij} u_j - \frac{\partial \alpha_i}{\partial t} \right) u_i \right].$$

Получилась система дифференциальных уравнений параболического типа. Для получения единственного решения этой системы необходимо задать начальные и краевые условия. Начальное распределение плотности пассионарной энергии зададим некоторой функцией $\psi_i(x, y)$

$$u_i(x, y, 0) = \psi_i(x, y).$$

Эта функция может выглядеть как дельта-функция. В этом случае она будет выражать тот факт, что причиной появления этноса является пассионарный толчок. Можно также использовать сумму дельта-функций, если толчок произошел сразу в нескольких точках.

Краевые условия поставим так, чтобы не происходило перетекание энергии за пределы области G

$$\frac{\partial u_i}{\partial n}(x, y, t) = 0, \quad (x, y) \in \Gamma, \quad t \geq 0.$$

4. Компьютерный эксперимент

С приведенной моделью был проведен компьютерный эксперимент. Рассматривалось рождение и взаимодействие трех этносов на территории Присредиземноморья. Эта территория включала всю Европу, Восточную Азию и часть Северной Африки. Распределение ландшафтов было взято с современной карты природных зон этого региона (рис. 1). Исследуемые этносы: западный, славянский и мусульманский.

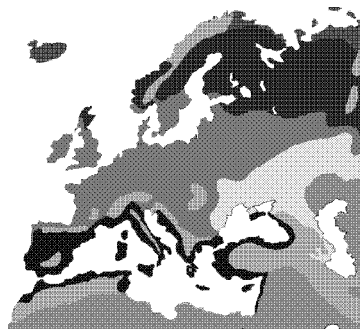


Рис.1

Человек обладает высокой степенью адаптации, он распространился на всей суше планеты. В каждом биоценозе человек занимает твердое положение, а заселяя новый регион, меняет не анатомию или физиологию своего организма, а стереотип поведения. Но ведь это значит, что он создает новый этнос! Следовательно, ландшафт является определяющим фактором распространения этноса. В связи с этим была введена система приоритетов выбора этносом определенного ландшафта. Западный этнос предпочитает лесной ландшафт, мусульманский — горный и широколиственных лесов Средиземноморья, а славянский — степной. Система приоритетов описывается функциями $\beta_i(x, y)$, не изменяющимися во времени

$$\beta_i(x, y) = \begin{cases} 0.9, & \text{если } (x, y) \text{ в родственном ландшафте,} \\ 0.1 \dots 0.6, & \text{если } (x, y) \text{ в других ландшафтах,} \\ -0.5, & \text{если } (x, y) \text{ в море.} \end{cases}$$

Функции пассионаропроводимости выбираются одинаковыми для всех этносов $\varepsilon_i(x, y, t) = \varepsilon(x, y)$, значения которой согласованы с ландшафтом. Ее максимальное значение равно $8 \cdot 10^{-6}$ в степных районах, а минимальное $0.3 \cdot 10^{-6}$ в море. Эти значения обусловлены скоростью перемещения по ландшафту.

Функции пассионароемкости не рассматриваются в данной модели и выбираются равными единице: $\alpha_i(x, y, t) = 1$.

Из истории известно, что часто жестокие войны ведутся между близкими родственниками. Вместе с тем они имеют коренное различие с войнами на уровне больших систем. В последнем случае противник рассматривается как нечто инородное, мешающее и подлежащее устранению. Но личные эмоции (гнев, ненависть, зависть и т.п.) не становятся мотивом проявляемой жестокости. Чем дальше отстоят системы друг от друга, тем хладнокровнее ведется взаимоистребление, превращаясь в подобие опасной охоты. И наоборот, борьба внутри системы имеет целью не истребление противника, а победу над ним. Поскольку противник также составляет часть системы, то без него система не может существовать. Поэтому коэффициенты потерь в войнах с другими суперэтносами принимают гораздо большие значения, чем в междуусобных войнах:

$$\gamma_{ij} = \begin{cases} 100, & \text{если } i \neq j, \\ 0.1, & \text{если } i = j. \end{cases}$$

Эксперименты проводятся с помощью программного продукта *Terri*, разработанного автором. Каждый эксперимент представляет собой нахождение решения системы дифференциальных уравнений при случайно заданных начальных данных. Начальные данные — это начальное распределение плотности пассионарной энергии. В эксперименте начальное распределение задается дельта-функцией (пассионарный толчок), координаты пика которой выбираются случайным образом, но в пределах родственного для данного этноса ландшафта. Причем рождение этносов (пассионарный толчок) происходит в разные моменты времени. Разность времен в появлении этносов также выбирается случайным образом в пределах от 1 до 400 лет. Расчет решения производится до момента времени 1000 лет с момента рождения первого этноса. За этот период времени этносы проходят начальные стадии развития этногенеза: стадию подъема и перегрева. Дальнейшие стадии этногенеза в данной модели не рассматриваются, поскольку на них включаются другие механизмы развития. Именно стадия зарождения этноса является объектом исследования в данной работе.

Пример последовательных кадров, отражающих стадии развития этносов, приведены на рис. 2.

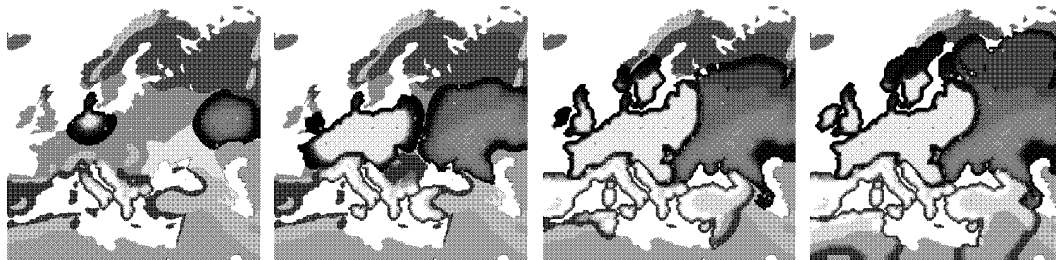


Рис.2

Проводится серия таких экспериментов (около 400), и в каждом эксперименте фиксируются значения выделенных точек. Выделенные точки для удобства восприятия выбираются по географическому расположению современных городов. Значения могут быть 0, 1, 2, или 3, которые означают: 0 — город не принадлежит ни одному этносу, а остальные — номер этноса, занявшего этот город. Собранная статистическая информация обрабатывается, и высчитываются вероятностные характеристики. На основе этих данных делается вывод, какие города принадлежат заданному этносу с наибольшей вероятностью. Вычисленная корреляционная матрица определяет этническую принадлежность различных городов на географической карте.

5. Заключение

Серия проводимых экспериментов, по сути дела, означает проигрывание различных вариантов истории. А статистические характеристики дают возможность найти наиболее вероятные из них. Компьютерная модель позволяет нам проверять, какие исторические гипотезы относительно произошедших событий являются наиболее вероятными с точки зрения этнологии.

Долгие наблюдения за моделью позволили сделать вывод о том, что постоянно возникающие границы между этносами почти всегда проходят по одним и тем же линиям. Этой линией часто являются естественные преграды, такие как горы или проливы. Примером являются Пиренеи, Альпы, Карпаты и Кавказ, а также проливы Гибралтар и Босфор. Но бывают и такие линии которые протягиваются по однородному ландшафту. Такие границы обычно подвижны и перемещаются по ландшафту. Например, граница между западным и славянским этносом, которая тянется с севера от Балтийского моря на юг до Средиземного, постоянно перемещается то на запад, то на восток.

Проведенный компьютерный эксперимент не исчерпывает всех возможностей построенной математической модели. Функции, входящие в состав модели, могут быть описаны различными способами. Для построения более точной компьютерной модели, необходимо тщательнее подойти к описанию функций, ввести закон нарастания энтропии — растраты энергии начального пассионарного толчка, предусмотреть смену фаз этногенеза и процессы переустройства ландшафта. Также необходимо ввести в модель следующие элементы: организация, наука и техника, культура и искусство, которые пока не участвовали в построении модели.

Метод построения моделей, приведенный в данной статье, является иллюстрацией нового подхода в построении социальных моделей. Рассматривая распределение пассионарной энергии на некоторой территории, получаем модель, которая реально описывает взаимодействие этносов. Вводя эволюционные функции, получаем процесс смены периодов в развитии этносов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гумилев Л.Н. *Этногенез и биосфера Земли*. М.: Танаис ДИ-ДИК, 1994. 554 с.
2. Тихонов А.Н., Самарский А.А. *Уравнения математической физики*. М.: Наука, 1977.
3. Фихтенгольц Г.М. *Курс дифференциального и интегрального исчисления*. М.: Наука, 1970. Т.3.
4. Гуц А.К. *Глобальная этносоциология*. Омск: Омск. гос. ун-т, 1997. 212 с.
5. Гуц А.К., Коробицын В.В. *Компьютерное моделирование этногенетических процессов* // Рукопись деп. в ВИНТИ 24.09.97. N 2903-В97. Омск: Омск. гос. ун-т, 1997. 23 с.
6. Коробицын В.В., Гуц А.К. *Программное обеспечение МЕР для моделирования эволюционных и социальных процессов* // Вестник Омского университета. 1999. N 2. С.23–25.