

ГИПОТЕЗА ГЕИ И ПРОБЛЕМЫ ЕЁ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Л.А. Володченкова

к.б.н., доцент, e-mail: volodchenkova2007@yandex.ru

А.К. Гуц

д.ф.-м.н., профессор, e-mail: guts@omsu.ru

Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, Омск, Россия

Аннотация. Рассматривается простейшая математическая модель гипотезы Геи – гипотезы «живой» Земли. Обсуждаются математические трудности на пути использования предложенной модели.

Ключевые слова: гипотеза Геи, математическая модель, равновесие Нэша, метафизика.

Введение

В середине 1960-х гг. гипотезу Геи (она названа так в честь греческой богини Земли), о которой говорят, что она предполагает, что планета Земля – это *живой организм*, предложили американский микробиолог Линн Маргулис и британский химик, биофизик и медик Джеймс Лавлок.

Лавлок писал:

«Земля является саморегулирующейся системой, способной удерживать комфортный климат и химический состав для организмов, населяющих её».

«Гея – сложная, целостная система, которая охватывает земную биосферу, атмосферу, океаны и почву. В своей совокупности она образует кибернетическую систему, которая стремится к тому, чтобы на нашей планете установились оптимальные физические и химические условия».

Когда математик говорит об оптимальных условиях, то имеет в виду реализацию ситуации, которая каким-то образом устраивает все участвующие стороны. В случае Геи такими сторонами являются, как указано в цитате из Лавлока, биосфера, атмосфера, океаны и почва. Однако, вспоминая Вернадского, следует добавить сюда и людей с их технологиями и стремлениями преобразовать природу.

Если направить свои усилия на создание математической модели Геи, то очевидно, что математическая формулировка, принимаемая при этом условии оптимальности, зависит от используемого математического аппарата.

В данной статье модель Геи – это система обыкновенных дифференциальных уравнений с множеством различных изменяющихся параметров (факторов) $p = (p_1, \dots, p_{D_1})$, которые в какой-то мере являются заинтересованными сторонами – игроками разыгрываемой картины эволюции Геи. Естественно в случае нашей модели воспользоваться теорией дифференциальных игр и имеющимися в ней критериями оптимальности, одним из которых является *критерий Нэша*, позволяющий говорить при его выполнении о наступлении *равновесия Нэша*.

Критерий Нэша строится на учёте интересов всех участвующих в игре сторон, всех игроков. Напротив, критерий Штакельберга отдаёт предпочтение одной доминирующей стороне, под которой можно понимать Homo Sapiens – людей, от которых сам Лавлок не ждёт ничего хорошего и поэтому неоднократно предупреждал о том, что Гея начнёт избавляться от этого игрока, меняя биосферу Земли.

Чтобы смоделировать замысел о «саморегулируемости» организма Геи, мы обращаемся к математическому понятию оптимального управления Нэша, при котором выбор параметров p управления происходит с учётом текущего состояния x организма Геи. Такое управление называется *позиционным управлением* и обозначается часто как $p(x)$. Часто говорят при этом о выборе игроками *марковской стратегии*.

1. Математическая модель Геи

Математическая модель Геи – это совокупность уравнений, описывающих биосферу регионов [1], этносфер и социосфер [2], которые мы приводим ниже. Полностью модель представлена в книге [2].

Ниже мы приводим все эти дифференциальные уравнения без разъяснения входящих в правую часть членов (их описанию и посвящена книга [2]). Они нам необходимы для того, чтобы читатель в следующем параграфе наиболее полным образом представил весь масштаб проблем моделирования Геи.

1.1. Биомасса океана

Биомасса океана складывается из биомассы фитопланктона, nekтона и детрита.

Продукция биомассы фитопланктона Φ , $m/\kappa m^2$:

$$\frac{d\Phi}{dt} = R_\Phi - M_\Phi - T_\Phi - \Sigma_\Phi. \quad (1)$$

Продукция биомассы nekтона r , $m/\kappa m^2$:

$$\frac{dr}{dt} = R_r - M_r - T_r - \Sigma_r. \quad (2)$$

Продукция биомассы детрита D , $m/\kappa m^2$:

$$\frac{dD}{dt} = M_\Phi - M_r + H_r - (k_{D_2}\nu_D + k_{D_3}(1 - \nu_D)) D. \quad (3)$$

1.2. Биомасса суши

Биомасса суши распределена по регионам. Ниже мы метим каждый регион индексом $i = 1, \dots, N$, где N – количество регионов.

Продукции биомассы лесной растительности L_i , $m/\kappa m^2$:

$$\frac{dL_i}{dt} = R_{L_i} - M_{L_i} - T_{L_i} - \Sigma_{L_i}. \quad (4)$$

Продукции биомассы травяной растительности Y_i , $m/\kappa m^2$:

$$\frac{dY_i}{dt} = R_{Y_i} - M_{Y_i} - T_{Y_i} - \Sigma_{Y_i}. \quad (5)$$

Продукция биомассы сельскохозяйственной растительности X_i , $m/\kappa m^2$:

$$\frac{dX_i}{dt} = R_{X_i} - M_{X_i} - T_{X_i} - \Sigma_{X_i} - \Pi_{X_i}. \quad (6)$$

Продукция биомассы животных F_i , $m/\kappa m^2$:

$$\frac{dF_i}{dt} = R_{F_i} - M_{F_i} - H_{F_i} - T_{F_i} - \Sigma_{F_i} - \Pi_{F_i}. \quad (7)$$

Динамика биомассы гумуса (почва) Q_i , $m/\kappa m^2$:

$$\begin{aligned} \frac{dQ_i}{dt} = & k_{QF_i}M_{F_i} + k_{QG_i}M_{G_i} + k_{QX_i}M_{X_i} + k_{QL_i}M_{L_i} + k_{QY_i}M_{Y_i} + \\ & + k_{QH_i}H_{H_i} + k_{QF_i}H_{F_i} - R_{MQ_i}. \end{aligned} \quad (8)$$

Динамика добычи полезных ископаемых в i -м регионе M_i , $m/\kappa m^2$:

$$\frac{dM_i}{dt} = -R_{MG_i}G_i + \frac{U_{MG_i}V_i}{G_{MG_i}}. \quad (9)$$

Динамика капитала V_i , усл. ед.:

$$\frac{dV_i}{dt} = V_{MG_i}G_i - \frac{V_i}{T_{VG_i}}. \quad (10)$$

Динамика сельскохозяйственных инвестиций v_i , %/100:

$$\frac{dv_i}{dt} = (U_{vG_i}v_{FG_i}v_{qG_i} - v_i)/T_{v_i}. \quad (11)$$

Динамика промышленного загрязнения окружающей среды Z_i , $m/\kappa m^2$:

$$\frac{dZ_i}{dt} = Z_{kVG_i} - Z_{TV_i}. \quad (12)$$

Рост населения i -го региона G_i , чел./ κm^2 :

$$\frac{dG_i}{dt} = R_{G_i} - H_{GH_i} - M_{G_i} - T_{G_i}. \quad (13)$$

1.3. Атмосфера

Концентрация кислорода O , в %, по объёму в атмосфере:

$$\begin{aligned} \frac{dO}{dt} = \frac{100}{\sigma} \{ & k_O R_\Phi \sigma_0 + \sum_{j=1}^m [(k_{XO_j} R_{X_j} - \nu_{XO_j} T_{X_j}) \sigma_{X_j} + \\ & + (k_{LO_j} R_{L_j} - \nu_{LO_j} T_{L_j}) \sigma_{L_j} + (k_{YO_j} R_{Y_j} - \nu_{YO_j} T_{Y_j}) \sigma_{Y_j} - \\ & - (b_{GO_j} G_j + \nu_{F_j} T_{F_j} + \nu_{G_j} T_{G_j} + \mu_{O_j} R_{MQ_j}) \sigma_j \}. \end{aligned} \quad (14)$$

Концентрация углекислого газа C_1 , $m/\kappa m^2$, по объёму в атмосфере, а также продукция биомассы углерода в верхнем перемешанном слое C_2 , $m/\kappa m^2$, и в глубинных слоях C_3 , $m/\kappa m^2$, океана:

$$\begin{aligned} \frac{dC_1}{dt} = \frac{100}{\sigma} \sum_{j=1}^m [& (\psi_{XC_j} T_{X_j} - \theta_{XC_j} R_{X_j}) \sigma_{X_j} + \\ & + (\psi_{LC_j} T_{L_j} - \theta_{LC_j} R_{L_j}) \sigma_{L_j} + \\ & + (\psi_{YC_j} T_{Y_j} - \theta_{YC_j} R_{Y_j}) \sigma_{Y_j} + \\ & + (b_{GC_j} G_j + \mu_{C_j} R_{MQ_j}) \sigma_j] - \\ & - \lambda_1 C_1 + \frac{100}{P_A} \lambda_2 C_2 \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \frac{dC_2}{dt} = \lambda_1 \frac{P_A}{100} C_1 + \lambda_4 C_3 - \\ - \lambda_2 C_2 - \lambda_3 C_2 + k_{D2} \nu_D D - k_{\Phi C} R_\Phi, \end{aligned} \quad (16)$$

$$\frac{dC_3}{dt} = \lambda_3 C_2 - \lambda_4 C_3 + k_{D3} (1 - \nu_D) D. \quad (17)$$

Замутнённость атмосферы B , $m/\kappa m^2$:

$$\frac{dB}{dt} = B_n + \rho \frac{dT}{dt} - \frac{B}{T_B} + \sum_{j=1}^m (N_{Bj} Z_j + N_{Aj} b_{GC_j} G_j)^{1/4}. \quad (18)$$

1.4. Круговорот воды

Вода измеряется величиной столба, m , над единицей площади. Введём обозначения:

W_i – количество воды (на суше) в i -м регионе;

W_0 – количество воды в океане (= средней глубине, что составляет по современным данным от 3653 до 3705 m);

W_A – вода в атмосфере;

$$W_A = W_{0A} + \sum_{i=1}^m W_{iA},$$

где W_{0A} – вода в атмосфере над поверхностью океана; W_{iA} – вода в атмосфере над поверхностью i -го региона.

Имеем уравнения:

$$\begin{aligned} \frac{dW_{iA}}{dt} &= W_{iPA} + W_{iFA} + W_{iSA} - W_{iA0} - \\ &- W_{iAS} - \sum_{j=1}^m W_{iAj}, \end{aligned} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} \frac{dW_{iS}}{dt} &= \frac{\sigma_0}{\sigma_i} W_{0Ai} + \sum_{j=1}^m \frac{\sigma_j}{\sigma_i} W_{jAi} + \sum_{j \neq i} \left(\frac{\sigma_j}{\sigma_i} W_{jSi} - W_{iSj} \right) + \\ &+ W_{iAS} + W_{iHGS} - W_{iSA} - W_{Si0} - W_{iSH} - \\ &- W_{iSF} - W_{iSP} - W_{iSG}, \end{aligned} \quad (20)$$

$$\begin{aligned} \frac{dW_0}{dt} &= W_{0A0} + \sum_{j=1}^m \frac{\sigma_j}{\sigma_0} (W_{jA0} + W_{jS0} + W_{jF0} + W_{jH0} + \\ &+ W_{jSG0} + W_{jHG0}) - W_{0A}, \end{aligned} \quad (21)$$

$$\frac{dW_{iH}}{dt} = W_{iSH} - W_{iH0} - W_{iHG}, \quad (22)$$

$$\frac{dW_{iF}}{dt} = W_{iSF} - W_{iF0} - W_{iFA}, \quad (23)$$

$$\frac{dW_{iP}}{dt} = W_{iSP} - W_{iPA} = \beta_{iX} \frac{dX_i}{dt} + \beta_{iY} \frac{dY_i}{dt} + \beta_{iL} \frac{dL_i}{dt}. \quad (24)$$

1.5. Эволюция этносов

Под этносом мы понимаем совокупность людей, имеющих одинаковый стереотип поведения и отличающих «своих» от «чужих» (Л. Гумилев).

Каждый этнос $j = 1, \dots, E$ рассматривается как «система», состоящая из подсистем: пассионарии, субпассионарии, гармоничные люди, организация, наука и техника, культура и искусство, ландшафт, – которым сопоставлен соответственно уровень пассионарной энергии $P_j, S_j, H_j, Or_j, T_j, Cu_j, Ln_j$.

Уровень пассионарности P_i подсистемы пассионариев:

$$\begin{aligned} \frac{dP_i}{dt} &= P_{\Pi i} + P_{P_i}^{(+)} + P_{H_i} + P_{S_i}^{(+)} - \\ &- P_{Or,i} - P_{W_i} - P_{E_i} - P_{P_i} - P_{S_i}^{(-)} - P_{Ln,i}. \end{aligned} \quad (25)$$

Уровень пассионарности подсистемы субпассионариев:

$$\frac{dS_i}{dt} = S_{\Pi i} - S_{P_i} - S_{W_i}. \quad (26)$$

Уровень пассионарности подсистемы гармоничных людей:

$$\frac{dH_i}{dt} = H_{\Pi i} + H_{TCu,i} - H_{Pi} - H_{Wi} - H_{Or,i} - H_{Ln,i}. \quad (27)$$

Динамика подсистемы «Организация»:

$$\begin{aligned} \frac{dOr_i}{dt} = & Or_{Pi} + Or_{Hi}^{(+)} + Or_{WPi} + Or_{WH,i} + Or_{WOr,i}^{(+)} + Or_{Ln,i} - \\ & - Or_{WOi}^{(-)} - Or_{Hi}^{(-)} - Or_{Ti}^1 - Or_{Cu,i}^1 - Or_{Ti}^2 - Or_{Cu,i}^2. \end{aligned} \quad (28)$$

Динамика уровня пассионарности подсистемы науки и техники:

$$\frac{dT_i}{dt} = T_{Pi} + T_{Or,i}^{(+)} - T_{Or,i}^{(-)} - T_{Hi}, \quad (29)$$

Динамика уровня пассионарности подсистемы культуры и искусства:

$$\frac{dCu_i}{dt} = Cu_{Pi} + Cu_{Cu,i} + Cu_{Or,i}^{(+)} + Cu_{Ln,i} - Cu_{Or,i}^{(-)} - Cu_{Hi}, \quad (30)$$

Динамика уровня пассионарности подсистемы «Ландшафт»:

$$\frac{dLn_i}{dt} = L_{Pi} + L_{Hi} - L_{Or,i} - L_{Cu,i}. \quad (31)$$

1.6. Эволюция обществ

Общества, или нации для простоты понимания, описываем в рамках теории социальных систем Парсонса. Каждое общество $s = 1, \dots, S$ – это система, состоящая из взаимодействующих подсистем – подсистемы институциональных этнических образцов, социетального сообщества, экономической системы, политической системы – с соответствующими числовыми уровнями: K_s , λ_s , e_s , g_s , единицы измерения которых особо устанавливаются.

Динамика уровня органической солидарности по Дюркгейму K_s описывается уравнением

$$\frac{dK_s}{dt} = K_{\pi s} + K_{Or,s} + K_{gs} + K_{Fs} + K_{Xs} - K_{Gi} - K_{Kj0} - K_{\lambda s}. \quad (32)$$

Уровень механической солидарности по Дюркгейму λ_i :

$$\frac{d\lambda_s}{dt} = \lambda_{Or,s} + \lambda_{gs} + \lambda_{Cu,s} - \lambda_{Ps} - \lambda_{HSs} - \lambda_{Hs}, \quad (33)$$

Уровень адаптации к окружающей природной среде:

$$\frac{de_s}{dt} = e_{Ks} + e_{\mu s} + e_{Vs} + e_{vs} + e_{Ts} + e_{gs}^{(\pm)} + e_{Ks}^{(\pm)}. \quad (34)$$

Уровень обеспечения достижения общих целей:

$$\frac{dg_s}{dt} = g_{PHs} + g_{es} + g_{Ps} + g_{K\lambda s} - g_{Ks} - g_{\lambda s} - g_{es}^{(-)}. \quad (35)$$

2. Проблемы нахождения оптимальных условий

Итак, мы имеем систему уравнений (1)–(35), где еще необходимо определиться с содержанием понятия региона и их количеством N ; количеством этносов (этносфер) и количеством обществ (наций или государств) на Земле. При этом мы упростим задачу моделирования, группируя этносы, относящиеся к одному государству. Дело в том, что количество этносов рядом исследователей определяется как число 5000! В справочниках же их указывается не менее 800. Государств же намного меньше, в ООН их 193. А вот если под регионом понимать биогеоценозы, то их десятки или сотни тысяч.

Пусть регионов столько же, сколько государств – 193. У нас 35 уравнений. Их них 26 индексируются государствами. Следовательно, имеем дело с системой из $D = 26 \times 193 + 9 = 5027$ дифференциальных уравнений (к ним надо ещё добавить члены, учитывающие взаимодействия между государствами (этносоми), которые представим условно как, например,

$$\frac{dx_k}{dt} = f_k(x_1, \dots, x_D, p_1, \dots, p_{D_1}), \quad k = 1, \dots, D, \quad (36)$$

где D – количество переменных, описывающих регионы-этносы-общества, а D_1 – количество управляющих параметров (факторов).

Если теперь мы пожелаем установить эпоху *стационарного равновесия* $[T_1, T_2]$, когда переменные x_k почти неизменны, т. е.

$$\frac{dx_k}{dt}(t) = 0, \quad t \in [T_1, T_2], \quad k = 1, \dots, D,$$

то необходимо найти решение системы

$$f_k(x_1, \dots, x_D, p_1, \dots, p_{D_1}) = 0, \quad k = 1, \dots, D, \quad (37)$$

из 5027 алгебраических уравнений с параметрами. Мы не представляем, как это можно сделать при современном уровне развития искусственного интеллекта. Именно искусственного, ибо вряд ли это под силу людям. Хотя в истории науки были примеры решения сотнями и тысячами математиков важнейших государственных заданий, связанных с вооружениями.

Если же мы будем рассматривать систему уравнений (36) как дифференциальную игру [3], вводя для параметров p_j выигрышные функции $J_m(p_1, \dots, p_{D_1})$ и отыскивая равновесие Нэша, то нам необходимо найти оптимальные условия – набор параметров $(p_1^*, \dots, p_{D_1}^*)$ таких, что выполняются $D = 5027$ неравенств

$$J_m(p_1^*, \dots, p_{j-1}^*, p_j^*, p_{j+1}^*, \dots, p_{D_1}^*) \leq J_m(p_1^*, \dots, p_{j-1}^*, p_j, p_{j+1}^*, \dots, p_{D_1}^*), \quad \forall p_j \forall m = 1, \dots, D.$$

Математики доказали множество теорем, дающих алгоритмы нахождения *оптимального управления* (равновесия) *Нэша*. В частности, такие теоремы, направленные на поиск оптимального позиционного управления, даны в [3]. Однако наличие огромного количества переменных и параметров x_m и p_j является препятствием на пути решения желанной задачи.

Как видим, нужна принципиально иная организация науки и иные методы решения дифференциальных уравнений или игр со сверхбольшим числом переменных и параметров на базе искусственного интеллекта, чем то, что нам известно на сегодняшний день.

Но и это ещё не всё. Думается, что моделирование Геи требует пересмотра всего нашего мировоззрения, наших взглядов на структуру Вселенной и на место в ней человека.

3. Метафизика гипотезы Геи

Гипотеза Геи, или Земли как живого организма, который, функционируя, оптимизирует условия проживания на нашей планете и поддерживает некоторое равновесие, встречает внутренний протест. Почему?

Попробуем подойти к этому со стороны метафизики, со стороны возможной смены научной парадигмы и мировоззрения [4].

Со школьной скамьи мы знаем, что Земля – это неодушевлённая сущность; планета не есть живое существо. Но если мы к живому относимся подчас с бешеной жестокостью, то трудно поверить, что воспитанием или посредством особых «методических подходов», убедив людей, что планета «живая», можно добиться «бережного отношения к Земле как к "живому" существу».

Рядом с рациональным восприятием Земли, как неодушевлённой сущности, существует мифологема об одушевлённой планете, на поверхности которой обитают люди. Вместе с теорией эволюции эта мифологема ведёт к утверждению, что люди суть дети, созданные Землёй, ею выращенные и ведущие себя по отношению к своей матери всё более вздорно, неразумно и недальновидно. Естественно, раз планета живое существо, то она должно реагировать на раздражения, являющиеся совокупными «подростковыми» действиями людей. Такая реакция красочно описана, например, в повести братьев Стругацких «За миллиард лет до конца света».

Как осознание неправильности существующего хищнического поведения людей по отношению к природе, к Земле, у нас и возникает представление о необходимости формирования бережного отношения к Земле как к «живому» существу. Возникает иллюзия, что если будем относиться «бережно», то исчезнет то, что нам не нравится и чего мы боимся: ураганы, извержения вулканов, наводнения, гигантские пожары, жара или холод. На рациональном уровне, когда отрицается одушевлённость планеты, среди рационалистов распространена практически та же иллюзия: если будем поступать рационально, т. е. по-научному, то естественно избежим природных катастроф.

Как мы знаем, нам не удаётся понять, откуда взялись люди, как появилось сознание. Создание людей «живой» планетой кажется нам наивным. Не говоря уже о том, что если допустить «живую» Землю, то придётся дополнительно разбираться с не менее трудным вопросом, таким как «откуда взялась живая планета».

Трудных нерешаемых вопросов в современной науке накопилось слишком много. Так может причина в том, что современная наука идёт по ложному

пути рационализма: Большой Взрыв \Rightarrow водород \Rightarrow звезды и планеты \Rightarrow живое вещество на планетах \Rightarrow люди.

И ради комфортного существования допустимо потребительское отношение к Природе. Тем более, современная наука говорит об отчужденности людей от места своего рождения: возникнут проблемы с проживанием на Земле – заменим планету. Сколько не говори человеку, что плохо ходить по газонам и устраивать костры в лесу, он топчет траву и сжигает леса.

Думается, стоит исследовать иной путь: Ничто \Rightarrow сознание \Rightarrow люди+Земля \Rightarrow звезды \Rightarrow планеты \Rightarrow галактики \Rightarrow ... \Rightarrow всё, что надо людям для комфортной жизни.

Осознание себя во тьме – процесс скучный, и как результат загораются во тьме звезды. Иначе говоря, люди сами творят Вселенную. Поэтому и Земля есть их создание, и поэтому она, Гея, заботится о своих творцах, обеспечивает им оптимальные условия существования. Сказанное похоже на какой-то коллективный солипсизм или абсолютный идеализм.

Наука отвергла подобный путь в XIX в. Наука материалистична. В XX в., как нам всем казалось, данный отказ продемонстрировал свою эффективность.

Да, выбранный путь дал нам современную техническую цивилизацию. Но оказался беспомощным в вопросе о происхождения сознания. Но иной путь говорит, что окружающий Мир создаём мы сами актом непустого мышления [5]. Если мы сами, своими мыслями, творим Землю, космос, Вселенную, то стоит задуматься о своих мыслях и поступках и о мыслях и поступках других людей. Все вещи возникают из Ничего точно так же, как по теореме Банаха из чёрного квадрата шаг за шагом в ходе итераций сжимающих отображений возникает прекрасный портрет девушки, известный в Интернете как *lena.bmp*. Сжимающие отображения суть непустое мышление. Оно определяет устойчивый образ наличных вещей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крапивин В.Ф., Свирижев Ю.М., Тарко А.М. Математическое моделирование глобальных биосферных процессов. М. : Наука, 1982.
2. Гуц А.К., Паутова Л.А. Глобальная этносоциология. Изд. 2, доп. М. : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2019. 248 с.
3. Lewis F.L., Vrabie D.L., Syrmos V.L. Optimal Control. John Wiley & Sons, Inc., 2012.
4. Володченкова Л.А., Гуц А.К. «Живая» и «неживая» Земля // Информационные технологии в экологии: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России (г. Нижневартовск, 23 ноября 2017) / отв. ред. Т.Б. Казиахмедов. Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2018. С. 202–203.
5. Гуц А.К. Метафизика теоретической истории // Метафизика. 2015. № 4. С. 9–30.

GAIA HYPOTHESIS AND PROBLEMS OF ITS MATHEMATICAL MODELING**L.A. Volodchenkova**

PhD. (Biology), Associate Professor, e-mail: volodchenkova2007@yandex.ru

A.K. Guts

Dr.Sc. (Phys.-Math.), Professor, e-mail: guts@omsu.ru

Dostoevsky Omsk State University, Omsk, Russia

Abstract. The simplest mathematical the model of the Gaia hypothesis – the hypothesis of the "living" Earth. Mathematical difficulties in the way of using the proposed models are discussed.

Keywords: Gaia hypothesis, mathematical model, Nash equilibrium, metaphysics.

REFERENCES

1. Krapivin V.F., Svirizhev Yu.M., and Tarko A.M. *Matematicheskoe modelirovanie global'nykh biosfernykh protsessov*, Moscow, Nauka, 1982. (in Russian)
2. Guts A.K. and Pautova L.A. *Global'naya etnosotsiologiya. Izd. 2, dop.*, Moscow, Knizhnyi dom "LIBROKOM", 2019, 248 p. (in Russian)
3. Lewis F.L., Vrabie D.L., and Syrmos V.L. *Optimal Control*. John Wiley & Sons, Inc., 2012.
4. Volodchenkova L.A. and Guts A.K. "Zhivaya" i "nezhivaya" Zemlya, *Informatsionnye tekhnologii v ekologii: materialy Vserossiiskoi nauchno-praktiche-skoi konferentsii, posvyashchennoi Godu ekologii v Rossii (g. Nizhnevartovsk, 23 noyabrya 2017)*, otv. red. T.B. Kaziakhmedov, Nizhnevartovsk, Izd-vo Nizhnevart. gos. un-ta, 2018, 203 p, pp. 202-203. (in Russian)
5. Guts A.K. *Metafizika teoreticheskoi istorii. Metafizika*, 2015, no.4, pp. 9–30. (in Russian)

Дата поступления в редакцию: 20.03.2022