

УДК 575.857

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ РЕПРОДУКТИВНЫЕ СЛЕДСТВИЯ КОНФЛИКТА ПОЛОВ У ЧЕЛОВЕКА

© 2021 г. О. В. Семенова<sup>1,\*</sup>, член-корреспондент РАН М. Л. Бутовская<sup>1</sup>

Поступило 28.04.2021 г.

После доработки 06.05.2021 г.

Принято к публикации 11.05.2021 г.

В работе представлена обновленная математическая модель эволюционной динамики конфликта полов у человека, известная как “битва полов”, и ее прогнозируемые репродуктивные следствия. Авторы указывают на принципиальные особенности репродуктивного поведения человека, на множественные биосоциальные адаптации, а также на возросшие родительские инвестиции. В результате чего конфликт полов у нашего вида переходит на уникальный уровень, характерный для действия математических принципов игры “Дилемма заключенного”, в которой доминирует эволюционно стабильная стратегия “обмана” – обоюдного отказа от родительства, и нет места колебательной динамике в смене репродуктивных стратегий. Несмотря на фатальный прогноз такой эволюционной игры, генетический анализ исторических популяций указывает на широкое присутствие феномена кооперации полов, реализующейся через моногамную норму половых взаимоотношений, соблюдение которой по нашему предположению и обеспечивало репродуктивный успех этих обществ.

*Ключевые слова:* моногамия, теория игр, дилемма заключенного, конфликт полов, анизогамия, половые роли, демография, репродукция человека

**DOI:** 10.31857/S2686738921050267

У человека в результате рождения и воспитания совместного потомства оба родителя получают несомненный репродуктивный выигрыш. Однако в ситуации, предполагающей родительские вложения с двух сторон, между родителями почти неизбежно возникает конфликт интересов. Он связан с тем, что каждый из родителей в биологическом смысле слова выигрывает в большей степени, если его партнер проявит максимум родительского участия. Это снижает итоговую потребность в родительских инвестициях первого родителя и освобождает его от части (или всех) дальнейших инвестиций в данное потомство [1]. Родительский конфликт может быть разрешен в той или иной степени в пользу одного из полов. Во множестве таксонов мы наблюдаем различие в уровне родительского участия самцов и самок, что представляет суть и природу наблюдаемого диморфизма половых ролей в предоставлении родительской заботы.

В эволюционной биологии математические игровые модели уже несколько десятилетий при-

меняются при моделировании оптимальных репродуктивных решений каждого из полов у различных биологических видов и таксонов [2, 3]. Такая упрощенная модель игры часто строится на предположении, что в процессе размножения каждый агент (родитель) может принять два решения: либо заботиться о потомстве, либо отказаться от заботы.

Стандартное допущение эволюционной теории игр состоит в том, что взаимодействия игроков симметричны. Однако в реальности взаимодействия между игроками почти всегда асимметричны. Широко известный в зарубежной научной литературе пример имитации асимметричного конфликта – это “битва полов” Ричарда Докинза (Dawkins, 1976), где моделируются взаимодействия двух условных “популяций”: мужской и женской, чей взаимный конфликт связан с затратами на воспитание потомства. Р. Докинз представляет читателю матрицы гипотетических выплат на основе следующих расчетов: “...идеальное моногамное общество. В каждой паре мужчина и женщина получают одинаковую среднюю выплату. Они получают +15 баллов за каждого рожденного и воспитанного ребенка; они делят затраты на его воспитание (–20) баллов поровну ... Они оба платят некий штраф в (–3) балла за то, что тратят время на длительное ухаживание. Таким образом, средний выигрыш для каждого из них составляет

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Дружбы народов Институт этнологии и антропологии им. Н.Н. Миклухо-Маклая РАН, Москва, Россия

\*e-mail: m4248296@yandex.ru

**Таблица 1.** Система матричных выплат Р. Докинз (1976)

фокальный игрок – мужчина			
		Ж	
		Полигамная женщина	Избирательная женщина
М	“донжуан”	15	0
	заботливый отец	5	2

фокальный игрок – женщина			
		М	
		“донжуан”	заботливый отец
Ж	Полигамная женщина	-5	5
	Избирательная женщина	0	2

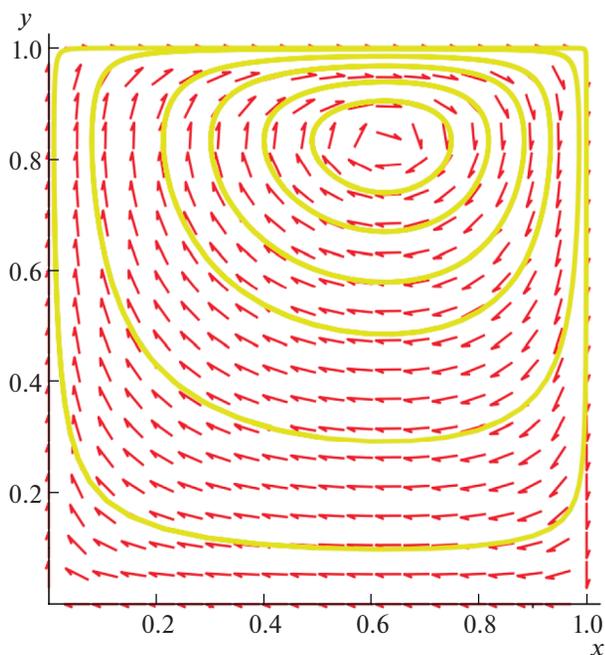
**Таблица 2.** Измененная система матричных выплат

фокальный игрок – мужчина			
		Ж	
		Обман	Кооперация
М	Обман	-15 0	0 +15
	Кооперация	5 -10	2

фокальный игрок – женщина			
		Ж	
		Обман	Кооперация
М	Обман	-5 0	5
	Кооперация	0 -5	2

+15 - 10 - 3 = +2.” [4 :151–153]. В результате полученные матрицы в терминах моногамии и полигамии для мужчин и женщин выглядят следующим образом (табл. 1; см. также Приложение 1):

Моделирование динамики данной асимметричной игры во времени может быть представлено колебательным процессом, аналогичным классическим уравнениям Лотки–Вольтерры “хищник–жертва”. Визуализация этой битвы полов, рассчитанная П. Шустером и К. Зигмундом (1981) [5] на основе предложенных Р. Докинзом матричных выплат, показана на рис. 1.



**Рис. 1.** Фазовый портрет динамических сил, отражающих “битву полов” согласно матрице выплат, предложенной Р. Докинзом, где мужчины реализуют стратегию  $X_1$  против женской игровой стратегии  $Y_1$ .

*Достоверность родства отца и ребенка – ключевой фактор в динамике конфликта полов*

Мы полагаем, что предложенная Р. Докинзом матрица выплат не учитывает важнейший фактор – фактор неопределенности отцовства в обществе с широким присутствием норм полигамных связей. Между тем с ростом женской полигамии возможные потери заботливого отца будут последовательно возрастать и негативно отражаться на условной системе матричных выплат мужчин. Принимая во внимание это обстоятельство, в нашей модели мы изменили этот параметр на отрицательное значение (-10), соответствующее половине стоимости родительских усилий по расчетам Р. Докинза (табл. 2).

Второе важное внесенное нами новшество в систему матричных выплат заключается в изменении суммы выигрыша от встречи полигамного мужчины с женщиной, не стремящейся к кооперации (к созданию семейной пары). В соответствии с нашими предсказаниями такая встреча с женщиной, не готовой к репродукции, как раз и будет иметь результирующий нулевой прирост приспособленности у обоих партнеров. Лишь встреча с готовой к материнству женщиной будет приводить к рождению ребенка, который воспитывается матерью без помощи биологического отца, если партнер окажется “обманщиком” (-5 баллов для нее и +15 для него). Мы также установим выплату для “чайлдфри” женщины, вступившей в связь с заботливым мужчиной, положительную (+5), допуская, что matrimoniaльные инвестиции партнера повышают ее будущий репродуктивный успех, даже в отсутствие рождений на данном этапе ее жизненного цикла (табл. 2).

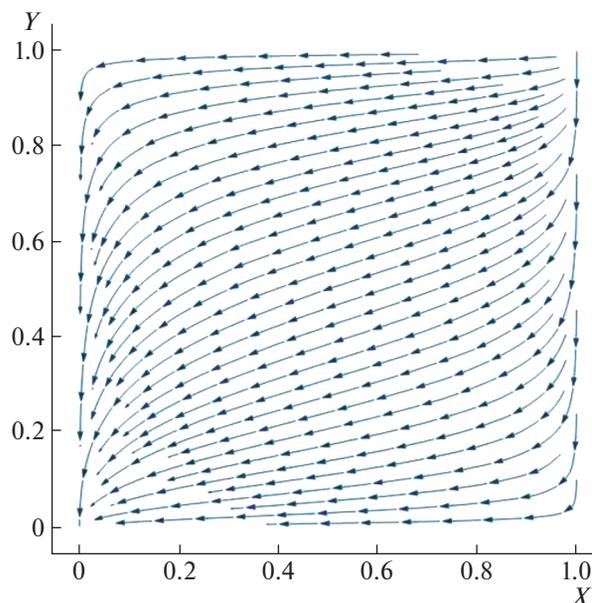
Мы рассчитали динамику полового конфликта при такой измененной форме матричных выплат (см. Приложение 2). Фазовый портрет популяционной динамики стратегий мужчин и женщин в такой популяции представлен на рис. 2.

Полученные расчеты указывают на доминирование поведенческой модели отказа от сотрудничества обоими полами в вопросе заботы о потомстве (Приложение 2). Такая игровая матрица может быть реализована на примере математической игры “Дилемма заключенного” с наличием асимметрии между полами. Игровые условия “Дилеммы заключенного” предполагают, что в популяции всегда присутствует высокая вероятность относительного проигрыша в терминах приспособленности для заботливых родителей обоих полов. Женщины, изначально ориентированные на материнство, в такой игровой модели подвержены высоким рискам остаться матерями-одиночками. Суммарные потери игроков женского пола с такой стратегией довольно велики, это определяет наличие преимуществ у их соперниц, предпочитающих стратегию отложенной репродукции, избирательности и накопления ресурсов в том числе и за счет ухаживаний партнер(а)ов. С течением эволюционного времени более выгодная стратегия отсроченной репродукции или отказа от репродукции становится доминирующей для всех женщин данной популяции. Для мужчин же в обществе с определенным пороговым значением полигамии присутствует высокий риск воспитания генетически неродного потомства. В таком обществе склонные к заботе о семье и детях мужчины из поколения в поколение будут иметь выше траты; при этом они будут оставлять меньше потомства, нежели их полигамные соперники, что в результате приведет к тому, что полигамные мужчины станут абсолютным численным большинством в популяции.

Ведя себя по отдельности рационально, на общепопуляционном уровне все вместе участники приходят к нерациональному решению: если оба партнера предадут, они получают в сумме меньший выигрыш (меньше потомства), чем если бы сотрудничали.

*Дилемма заключенного применительно к репродукции человека*

Парадоксальный на первый взгляд выбор игроков обоих полов отказа от репродукции и заботы о детях может быть связан с особенностями жизненного цикла и эволюцией нашего вида. Если забота о потомстве представляется очень длительным, высокочатратным и сопряженным с риском для жизни процессом, а каждый последующий репродуктивный акт, напротив, не имеет никаких серьезных ограничений (не привязан к сезонности, не ограничен укороченным жизненным циклом, не сопряжен с серьезными сложностями или опасностью поиска и привлечения нового партнера), то в этом случае у видов с развитой бипарентальной заботой родитель раз за разом оказывается перед дилеммой: предоставить



**Рис. 2.** Фазовый портрет динамических сил “битвы полов” согласно усовершенствованной матрице выплат, где мужчины реализуют стратегию  $X_{1,2}$  (1 = заботиться или 2 = бросить потомство) против женской игровой стратегии  $Y_{1,2}$  (1 = стать матерью или 2 = отказаться от материнства)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Предполагается, что координаты любой точки  $(x; y)$  внутри фазового портрета соответствуют по абсциссе доле мужчин, реализующих стратегию заботы о потомстве, а значение на оси ординат соответствует доле женщин, реализующих стратегию материнства. Стрелками показана прогнозируемая фазовая траектория эволюционных изменений этих долей с течением времени. Согласно проведенным расчетам, эти доли стремятся к нулю.

родительскую заботу данному потомству или попытаться создать новую надежную пару с другим партнером и повторить репродуктивный цикл. В результате родитель неминуемо попадает в заданные рамки математической игры “Дилемма заключенного”. При условии распределения матричных выигрышей в данной игровой модели максимальный индивидуальный проигрыш возникает именно в случае отказа от родительства и от заботы об общем ребенке партнером, а не в случае гибели этого конкретного потомства.

Нетрудно заметить, что для человека с его особенностями жизненного цикла характерна игровая ситуация дилеммы заключенного. Действительно, ресурсные и временные затраты на воспитание каждого ребенка колоссальны. В младенчестве ребенок полностью зависим от заботы взрослого воспитателя (родителя). Предполагается, что в эволюционном прошлом большую часть времени ребенок проводил на материнских руках, буквально физически налагая ограничения на ряд ее пространственных действий и функций [6, 7]. Пролонгированный период детства представляет собой



Рис. 3. Советский плакат. Издательство МОСЗДРАВ-ОТДЕЛА, Кузнецкий мост, 6, 1925 г.

важную составляющую комплексной эволюционной перестройки жизненных циклов человека, которая сопряжена с увеличением размеров мозга, прямохождением и рождением недоразвитых с точки зрения созревания младенцев [8]. Весь долгий период детства, а также подросткового взросления, ребенок остается зависим от взрослого в ресурсных (экономических) вопросах и нуждается в длительном освоении жизненно важных навыков.

#### *Отказ женщины от репродукции в условиях эскалации конфликта полов*

Вероятность отказа от заботы о потомстве мужчинами, а также пониженный показатель уровня мужской заботы о детях в эволюционной биологии принято связывать с меньшей уверенностью отца в генетическом родстве с ребенком. Однако мы полагаем, что фиксируемые акты отказа от родительства не всегда могут на теоретическом уровне соотноситься только лишь с проблематикой достоверности родства, так как сам факт рождения ребенка женщиной является неоспоримым доказательством родства между ними, а случаи женского отказа от материнства присутствуют.

На практике отказ женщины от материнства может быть осуществлен как превентивно с использованием разнообразных техник контрацепции, так и на раннем этапе онтогенеза ребенка. В современном постиндустриальном обществе такой негативный репродуктивный ответ воплощается через пренатальное прекращение беременности — аборт. В исторических обществах антропологами были зафиксированы распространенные случаи отказа от заботы о младенце — оставление его без помощи (рис. 3), а также экс-

тремальные случаи намеренного умерщвления младенца — инфантицид [9].

#### *Базовые условия репродукции человека*

Человек разумный, *Homo sapiens*, в своем эволюционном развитии приобрел значительную независимость от действия природных сил за счет направленной трансформации окружающей его действительности. Размножение его перестало зависеть от сезонных колебаний, интервалы между родами у женщины стали укорочены в сравнении с большими человекообразными обезьянами; произошло увеличение продолжительности жизни, а возросшая социальность через совместную заботу о потомстве обеспечила определенные гарантии его выживаемости. Снижение давления средового и временного факторов, а также фактора смертности на черты жизненного цикла человека естественным образом высвободило потенциал для роста половой избирательности, которая, как известно, ведет к увеличению интервалов между репродуктивными событиями, к осознанной репродукции, или даже к осознанному отказу от нее. Теория предсказывает, что в условиях панмиксии, когда партнеры объединяются в пары случайно, независимо от стратегий, стратегия отказа от заботы будет являться наиболее рациональной как для мужчин, так и для женщин в случае эскалации конфликта полов, сопровождающегося взаимным отказом от сотрудничества [10].

Однако по данным историко-генетических реконструкций в подавляющем большинстве исследованных исторических обществ репродуктивное сотрудничество повсеместно присутствовало и предположительно реализовывалось через общественное принятие строгих моральных и нравственных брачных норм. Так, в Бельгии и Голландии генетический анализ родства ныне живущих дальних и близких родственников по отцовской линии, имеющих общие фамильные корни, иногда обнаруживаемые в прошлом на глубине до 500 лет, указывает на крайне низкий (~1–2%) процент рождений детей, зачатых вне легитимного брака, что подтверждается и данными, полученными в других преимущественно европейских популяциях [11–13]. Мы полагаем, что такая норма полового поведения определяла в этих обществах расстановку матричных выплат в конфликте полов таким образом, что это позволяло не просто закрепить плодотворному репродуктивному сотрудничеству полов, но сделать моногамию довлеющей моделью взаимоотношений между мужчинами и женщинами.

Между тем в большинстве историко-генетических исследований не анализируются тупиковые линии или мертвые популяции и их уровень внебрачных зачатий, так как в указанных работах

принимают участие добровольцы – современные (выжившие) потомки успешных биологических стратегий прошлого. Учитывая присутствие широкой вариации в половых нормах, фиксируемых антропологами в современных обществах [14], исторический анализ генетического родства у вымерших фамильных линий (обществ) с привлечением археологического материала представляется многообещающим методом. Такой анализ позволит в дальнейшем сравнить на эмпирическом уровне репродуктивно успешные и тупиковые линии по критерию репродуктивного сотрудничества полов для дальнейшего обсуждения теоретических положений, изложенных авторами в данной статье.

### Приложение 1

Ричард Докинз в своей знаменитой работе “Эгоистичный ген” (первая публикация 1976 г.) так описывает цикличность “битвы полов” и определяет суммы матричных выплат для мужчин и женщин: “Теперь предположим, что одна полигамная женщин входит в моногамную популяцию... Средний балл за одного рожденного и выращенного ребенка для нее составляет  $+15 - 10 = +5$ . Она на 3 единицы успешнее, чем ее скромные соперницы. Поэтому ее полигамные гены начинают распространяться... Но теперь, если в популяции появляется мужчина-донжуан, он начинает преуспевать среди своих моногамных соперников. В популяции, где все женщины легки на подъем, добыча для мужчины-донжуана действительно богата. Он получает  $+15$  баллов, если ребенок успешно растет и развивается, и не оплачивает ни одну из двух указанных затрат. ...Каждая из его несчастных жен остается наедине с ребенком, оплачивая всю стоимость родительской платы  $-20$ , хотя она ничего и не теряет в процессе уходаживания. Чистый выигрыш для неизбирательной женщины, когда она сталкивается с мужчиной-донжуаном, равен  $+15 - 20 = -5$ ; выигрыш же для самого донжуана равен  $+15$ . Если полигамные мужчины будут столь успешны, что станут количественно доминировать среди мужской части населения, то полигамные женщины окажутся в отчаянном положении. У любой же избирательной дамы появится уверенное преимущество. Если застенчивая женщина встречается с мужчиной-донжуаном, то... ни тот, ни другой ничего не выигрывают, так как ребенок не рождается. Это приводит в итоге к нулевому результату для обеих сторон... Ноль может показаться не очень высокой платой, но это лучше, чем стандартный выигрыш для полигамной женщины минус 5 баллов.... Итак, гены женской избирательности снова начинают распространяться в популяции; это завершает гипотетический цикл, в результате которого количество избирательных женщин

увеличивается настолько, что они вновь количественно преобладают.

Теперь мужчины-донжуаны, которым было так просто с легкими на подъем партнершами, начинают чувствовать себя не у дел. Одна за другой женщины настаивают на долгом и трудном уходеживании... Чистый выигрыш для мужчины-донжуана, когда все женщины избирательны, равен нулю. Теперь, если появляется один верный отец, он единственный, с кем будут строить отношения избирательные женщины. Его чистая прибыль составляет  $+2$ , что лучше, чем результаты ловеласов. Итак, гены моногамии начинают увеличиваться в популяции, и мы проходим полный цикл”. (перевод автора, см. Dawkins, 1978:163–164).

### Приложение 2

Расчет динамики измененной “битвы полов” был проведен в соответствии с математическими расчетами, предложенными в 1981 г. П. Шустером и К. Зигмундом [5]. Измененные же нами матричные выплаты для мужчин и женщин описываются двумя обновленными матрицами:

$$\text{In}[1] := A = \begin{pmatrix} 2 & -10 \\ 15 & 0 \end{pmatrix}; \quad (1)$$

$$B = \begin{pmatrix} 2 & -5 \\ 5 & 0 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Таким образом, в популяции нами заданы значения выигрышей в матрицах для мужчин (A) и женщин (B), где  $a_{ij}$  соответствует выигрышу для мужчины, использующего стратегию  $X_i$  против женской игровой стратегии  $Y_j$ ; а  $b_{ij}$  – выплаты для женщины со стратегией  $Y_i$ , играющей против мужской игровой стратегии  $X_j$ .

Пусть  $x_i$  будет доля мужчин, играющих в стратегию  $X_i$ , а  $y_i$  – доля женщин, играющих в стратегию  $Y_i$ , для  $i = 1, 2$ . Очевидно, что  $x_1 + x_2 = 1$  и  $y_1 + y_2 = 1$ . Мы фокусируемся на двух переменных, скажем  $x_1$  и  $y_1$ , которые мы обозначаем через  $x$  и  $y$ .

$$\begin{aligned} \text{In}[3] := x_1 &= x; \\ x_2 &= 1 - x; \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{In}[5] := y_1 &= y; \\ y_2 &= 1 - y. \end{aligned} \quad (4)$$

Скорость увеличения доли мужчин  $\frac{dx_1(t)}{dt}$ , использующих стратегию  $X_1$  (в нашем примере эта стратегия – моногамный партнер и верный отец), составляет разницу между выигрышем для такой стратегии ( $a_{1,1} * y_1 + a_{1,2} * y_2$ ) и средним выигрышем для мужчин в популяции ( $a_{1,1} * x_1 * y_1 + a_{1,2} * x_1 * y_2 + a_{2,1} * x_2 * y_1 + a_{2,2} * x_2 * y_2$ ). Аналогичный аргу-

мент применим и к моногамным женщинам, использующим стратегию  $Y_1 \frac{dy_1(t)}{dt}$ .

$$\text{In}[7] := f[x_, y_] = x_1(A[[1,1]] * y_1 + A[[1,2]] * y_2 - (A[[1,1]] * x_1 * y_1 + A[[1,2]] * x_1 * y_2 + A[[2,1]] * x_2 * y_1 + A[[2,2]] * x_2 * y_2));$$

$$\text{In}[8] := f[x, y]$$

$$\text{Out}[8] = x(-10(1 - y) + 10x(1 - y) + 2y - 15(1 - x)y - 2xy) \quad (5)$$

$$\text{In}[9] := \text{Factor}[f[x, y]]$$

$$\text{Out}[9] = (-1 + x)x(10 + 3y) \quad (6)$$

$$\text{In}[10] := g[x_, y_] = y_1(B[[1,1]] * x_1 + B[[1,2]] * x_2 - (B[[1,1]] * x_1 * y_1 + B[[1,2]] * x_2 * y_1 + B[[2,1]] * x_1 * y_2 + B[[2,2]] * x_2 * y_2));$$

$$\text{In}[11] := g[x, y]$$

$$\text{Out}[11] = y(-5(1 - x) + 2x - 5x(1 - y) + 5(1 - x)y - 2xy) \quad (7)$$

$$\text{In}[12] := \text{Factor}[g[x, y]]$$

$$\text{Out}[12] = -(-5 + 2x)(-1 + y)y. \quad (8)$$

Для системы дифференциальных уравнений  $\frac{d}{dt}x(t) = f(x, y)$ ,  $\frac{d}{dt}y(t) = g(x, y)$  стационарные точки получаем, решая уравнения  $f(x, y) = 0$  и  $g(x, y) = 0$ .

$$\text{In}[13] := \text{Solve}[\{f[x, y] = 0, g[x, y] = 0\}, \{x, y\}]$$

$$\text{Out}[13] = \left\{ \left\{ x \rightarrow \frac{5}{2}, y \rightarrow -\frac{10}{3} \right\}, \{x \rightarrow 0, y \rightarrow 0\}, \{x \rightarrow 1, y \rightarrow 0\}, \{x \rightarrow 0, y \rightarrow 1\}, \{x \rightarrow 1, y \rightarrow 1\} \right\} \quad (9)$$

Построим матрицу Якоби в стационарной точке для анализа устойчивости:

$$\text{In}[14] := \text{JM}[x_, y_] = \left( \begin{array}{cc} D[f[x, y], x] & D[f[x, y], y] \\ D[g[x, y], x] & D[g[x, y], y] \end{array} \right) / \text{FullSimplify};$$

$$\text{In}[15] := \text{JMp} = \text{JM}\left[\frac{5}{2}, -\frac{10}{3}\right]$$

$$\text{Out}[15] = \left\{ \left\{ 0, \frac{45}{4} \right\}, \left\{ -\frac{260}{9}, 0 \right\} \right\}$$

$$\text{In}[16] := \text{MatrixForm}[\text{JMp}]$$

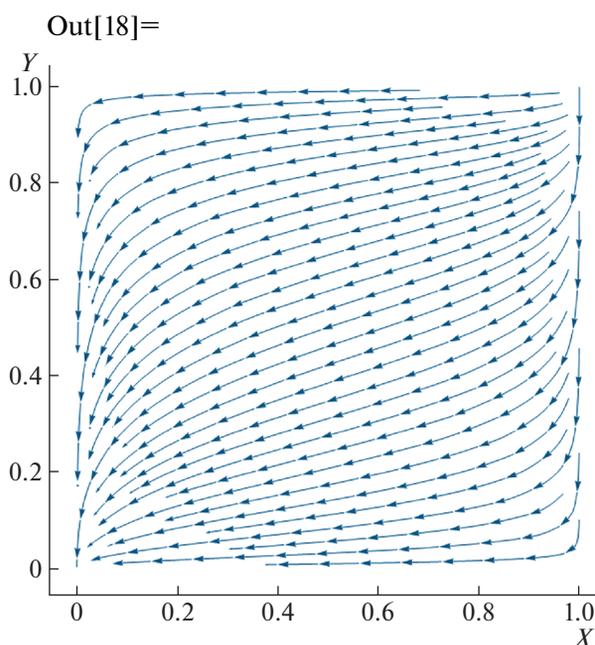
$$\text{Out}[16] // \text{MatrixForm} = \begin{pmatrix} 0 & \frac{45}{4} \\ -\frac{260}{9} & 0 \end{pmatrix} \quad (10)$$

$$\text{In}[17] := \text{Eigenvalues}[\text{JMp}]$$

$$\text{Out}[17] = \{5i\sqrt{13}, -5i\sqrt{13}\} \quad (11)$$

В силу мнимых собственных значений локальной линейной системы ее устойчивость неопределенна. Рассмотрим поле направлений.

$$\text{In}[18] := \text{StreamPlot}[\{f[x, y], g[x, y]\}, \{x, 0, 1\}, \{y, 0, 1\}]$$



Из траекторий в фазовой плоскости не удается определить тип стационарной точки. Заметим, что система  $\frac{d}{dx}y(x) = \frac{g(x, y)}{f(x, y)}$  может быть проинтегрирована.

$$\text{In}[19] := \int \frac{10 + 3y}{(-1 + y)y} dy = \int \frac{(5 - 2x)}{(-1 + x)x} dx$$

$$\text{Out}[19] = 13 \log[1 - y] - 10 \log[y] = 3 \log[1 - x] - 5 \log[x]. \quad (12)$$

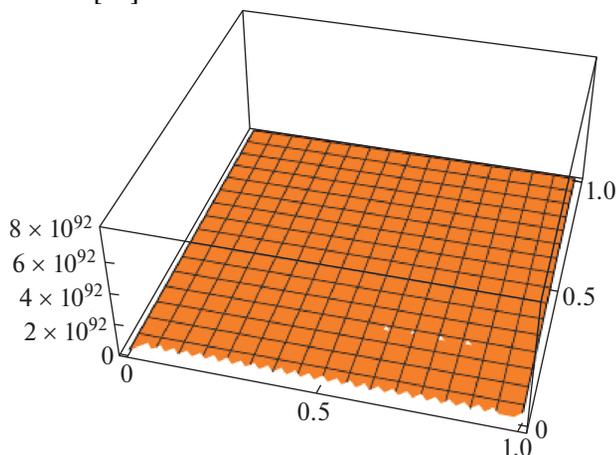
На основе полученного результата построим функцию  $V(x, y)$

$$\text{In}[20] := V[x_, y_] = (1 - y)^{13} y^{-10} (1 - x)^{-3} x^5$$

$$\text{Out}[20] = \frac{x^5(1 - y)^{13}}{(1 - x)^3 y^{10}} \quad (13)$$

$$\text{In}[21] := \text{Plot3D}[V[x, y], \{x, 0, 1\}, \{y, 0, 1\}, \text{PlotRange} \rightarrow \text{All}]$$

Out[21] =



Проверим, что производная по времени от функции  $V(x, y)$  равна нулю:

$$\begin{aligned} \text{In[22]} &:= \text{Vdot}[x\_ , y\_ ] = \\ &= D[V[x, y], x] * f[x, y] + D[V[x, y], y] * g[x, y] \end{aligned}$$

$$\text{Out[22]} = x \left( \frac{5x^4(1-y)^{13}}{(1-x)^3 y^{10}} + \frac{3x^5(1-y)^{13}}{(1-x)^4 y^{10}} \right) \times \quad (14)$$

$$\times (-10(1-y) + 10x(1-y) + 2y - 15(1-x)y - 2xy) +$$

$$+ \left( -\frac{10x^5(1-y)^{13}}{(1-x)^3 y^{11}} - \frac{13x^5(1-y)^{12}}{(1-x)^3 y^{10}} \right) \times$$

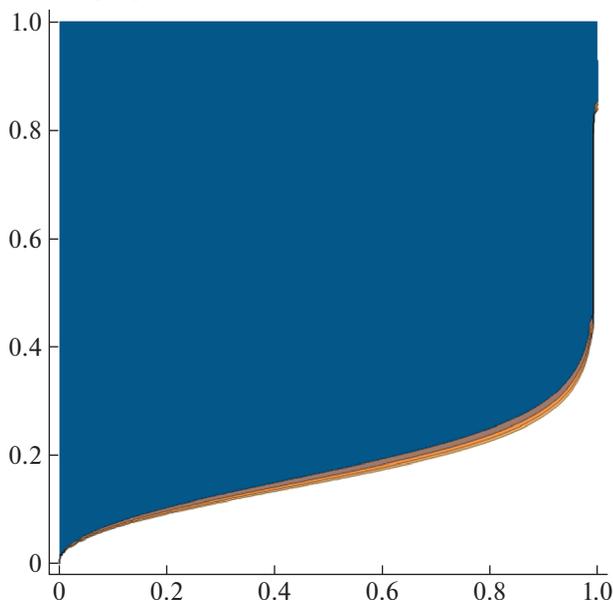
$$\times y(-5(1-x) + 2x - 5x(1-y) + 5(1-x)y - 2xy)$$

$$\text{In[23]} := \text{Simplify}[\text{Vdot}[x, y]]$$

$$\text{Out[23]} = 0 \quad (15)$$

$$\text{In[24]} := \text{ContourPlot}[V[x, y], \{x, 0, 1\}, \{y, 0, 1\}]$$

Out[24] =



## ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-313-90010 (ОБС), и в соответствии с планом научно-исследовательских работ Института этнологии и антропологии РАН (МЛБ).

## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность А.Д. Пузикову за помощь в реализации представленных в статье математических вычислений в программной среде Wolfram Mathematica.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Lessells K.M.* The evolutionary outcome of sexual conflict // *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2006. P. 301–317.
2. *Maynard J.* The “Battle of the Sexes”: A Genetic Model with Limit Cycle Behavior // 1987. V. 32. P. 1–14.
3. *Vasin A.A.* Human Reproduction and Utility Functions: An Evolutionary Approach // *Psychology, Rationality and Economic Behaviour*. 2005. P. 106–124.
4. *Dawkins R.* The Selfish Gene // Oxford University Press. 1978. P. 220.
5. *Schuster P., Sigmund K.* Coyness, philandering and stable strategies // *Animal Behaviour*. 1981. V. 1. № 29. P. 186–192.
6. *Hrdy S.B.* Mothers and others // Harvard University Press. 2009. P. 422.
7. *Бутовская М.Л.* Антропология пола // Фрязино. 2013. С. 360.
8. *Bogin B.* Evolutionary hypotheses for human childhood // *American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists*. 1997. P. 63–89.
9. *Hrdy S.B., Hausfater G.* Comparative and evolutionary perspectives on infanticide: introduction and overview // *Infanticide: Comparative and Evolutionary Perspectives*. 1984. P. xiii–xxxv.
10. *Kokko H., Jennions M.D.* The relationship between sexual selection and sexual conflict // *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*. 2014. V. 6. №. 9. P. a017517.
11. *Boattini A., Sarno S., Pedrini P., et al.* Traces of medieval migrations in a socially stratified population from Northern Italy. Evidence from uniparental markers and deep-rooted pedigrees // *Heredity*. 2015. V. 114. № 2. P. 155–162.
12. *Larmuseau M.H., van den Berg P., Claerhout S., et al.* A historical-genetic reconstruction of human extra-pair paternity // *Current Biology*. 2019. V. 23. № 29. P. 4102–4107.
13. *Wolf M., Musch J., Enczmann J., et al.* Estimating the prevalence of nonpaternity in Germany // *Human Nature*. 2012. V. 23. № 2. P. 208–217.
14. *Scelza B.A., Prall S.P., Swinford N., et al.* High rate of extrapair paternity in a human population demonstrates diversity in human reproductive strategies // *Science advances*. 2020. V. 6. № 8. P. 6195.

## THEORETICAL REPRODUCTIVE OUTCOMES OF THE SEXUAL CONFLICT OVER PARENTAL CARE IN HUMANS

**O. V. Semenova<sup>a,#</sup> and Corresponding Member of the RAS M. L. Butovskaya<sup>a</sup>**

<sup>a</sup> *The Institution of the Russian Academy of Sciences N.N. Miklouho-Maklay Institute of Ethnology and Anthropology,  
Moscow, Russian Federation*

<sup>#</sup>*e-mail: m4248296@yandex.ru*

In this paper, the authors presented an updated mathematical model of the evolutionary dynamics of the sexual dispute over care (the “battle of sexes”) and its simulated reproductive outcomes. The authors highlighted a whole range of life-history traits unique to our species, such as prolonged childhood, growth in parental care, etc. Based on these biosocial premises, a sexual conflict between men and women shifts into the mathematical realm of the “Prisoner’s Dilemma” game. The evolutionarily stable strategy of mutual rejection of parenthood would be the dominant of this PD strategy for both parents, and a predicted in previous models’ oscillation dynamic would not be expected. Despite the fatal theoretical prediction of the human reproduction’s PD evolutionary game, the newish genetic data of the EPP rates in the historical populations reveals the prevalence of cooperation between both sexes, predominantly utilizing the monogamous form of sexuality. Authors suppose that this sexual norm could potentially ensure reproductive success in the studied societies in the past.

*Keywords:* monogamy, game theory, prisoner’s dilemma, sexual conflict, demography, human reproduction, parental care, battle of sexes