

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ

К. А. Букин

канд. физ.-мат. наук, доцент департамента теоретической экономики Национального исследовательского университета — «Высшая школа экономики»

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ПРЕДПОЧТЕНИЙ

Предлагаемый краткий обзор должен позволить получить представление о достижениях микроэкономической теории в области эволюции предпочтений, познакомить с классификацией подходов и основополагающими работами, положившими начало исследованиям эволюции предпочтений. Особое внимание уделяется рассмотрению работ, посвященных динамике конкретных предпочтений, таких как межвременные предпочтения, отношение к риску и прочие. Для облегчения восприятия обзора, текст разбит на несколько разделов в соответствии со сложившимися подходами и выделением узловых работ в каждом из них.

1. Исследование динамики предпочтений с использованием косвенного эволюционного подхода

В классической теории рационального выбора индивидуальные предпочтения предполагаются фиксированными, не испытывающими изменений в результате взаимодействий с экономическими агентами. Современная микроэкономическая теория уже давно преодолела этот схематизм, характерный для начального периода становления экономических исследований.

Цель данной статьи состоит в том, чтобы охарактеризовать наиболее влиятельные направления в теории изменчивости предпочтений. Если судить по числу публикаций, то главное место следует отвести статьям, использующим в качестве основного инструмента моделирование и исследование, а также эволюционную теорию игр.

Число публикаций с использованием концепций динамических игр особенно возросло после выхода в свет работы (Guth, Yaari, 1992), в которой впервые было введено понятие «косвенного эволюционного подхода». Суть этого подхода состоит в следующем. Индивиды, характеризующиеся своими фенотипами и взаимодействующие посредством случайного формирования пар, участвуют в так называемых базовых играх. В этих играх фенотипы проявляются, поведение индивидов при взаимодействиях рационально. Применяя аппарат классической теории игр, можно предсказать исход таких социальных взаимодействий. Но сами игры являются, в свою очередь, частью эволюционного процесса, в ходе которого правила игры изменяются. Результаты игр в каждом из периодов влияют на этот эволюционный процесс, и теория эволюционных игр предоставляет необходимый арсенал средств для решения подобных задач. В работе (Guth, Kliemt, 1998) авторы так охарактеризовали модель эволюционного процесса, формирующего предпочтения: «Пусть индивиды, наделенные предпочтениями P , в ходе базовых игр преуспевают лучше тех, у кого предпочтения P^* . Эволюционный процесс приводит к тому, что доля индивидов с P растет, а с P^* , соответственно уменьшается. Вероятность P встречи в следующем раунде с индивидом типа P , нежели индивида типа P^* , растет».

В цитированной выше работе досконально разбирается динамическая игра двух индивидов под названием «игра доверия». Суть ее такова: игрок, начинающий игру

первым, должен решить, довериться ли ему второму игроку (выбрать ветвь дерева игры T), или не довериться (ветвь N). Выбор N означает сохранение статус-кво, при котором выигрыши игроков одинаковы и равны s^* . Если же первый игрок выбирает другую ветвь и доверяется, то в зависимости от действий второго игрока, исход игры для первого таков: второй игрок может вознаградить первого за доверие (ветвь R), и тогда оба получают $r^* > s^*$, или же второй может воспользоваться доверием в свою пользу (ветвь L), и тогда второй получает 1^* (максимальный выигрыш в этой игре), а второй получает 0 (минимальный выигрыш). Звездочка над единицей — специальное обозначение авторов, говорящее о том, что в дальнейшем описании игры предусмотрен выигрыш 1 .

Выигрыши в этой игре, безусловно, влияют на принятие решений игроками. Как отмечают авторы, связь между субъективной мотивацией при принятии решения с объективными параметрами игры (а такими являются выигрыши) может носить весьма скрытый характер. Чтобы обозначить такую зависимость, авторы вводят функцию, транслирующую объективные параметры игры (например, платежи) в мотивацию игроков. Но эта функция не является единственно ответственной за субъективные оценки игроков.

Авторы, наряду с предыдущим деревом игры, воспроизводят второй экземпляр дерева игры, в котором на этот раз фигурируют субъективные платежи, отличающиеся от объективных отсутствием звездочек ($1 > r > s > 0$), с одним лишь исключением, что субъективный выигрыш второго игрока может составить не единицу, а $1 + m$, где m — это параметр, влияющий на принятие решения, но не имеющий отношения к эволюционному процессу, иначе говоря, он не связан с приобретением благоприятных свойств в ходе эволюции. Например, если рассмотреть двух вторых игроков с одним и тем же объективным выигрышем 1^* , когда они оба воспользовались доверием первого игрока в свою пользу, их субъективные значения m могут отличаться. Эти различия могут привести к различному поведению вторых игроков.

Можно считать, что при различных значениях m мы видим игроков разного типа. Если $m \neq r - 1$, то при удалении доминируемых стратегий, оптимальным выбором второго игрока может оказаться (N, E), или же (T, R), в зависимости от соотношения между m и $r - 1$. Игроки получают как объективные, так и субъективные выигрыши. Вслед за этим авторы указанной статьи переходят к рассмотрению эволюционной модели.

Допустим, игроки выбираются случайным образом из бесконечного множества игроков. Пусть параметр m принимает только два значения \bar{m}, m , при этом $m < r - 1 < \bar{m}$. Доля индивидов в популяции с меньшим значением m равна p . В каждый период игры с вероятностью $1/2$ игроки назначаются первыми и вторыми, и затем возвращаются в популяцию, чтобы поучаствовать в игре в следующем раунде. Первые игроки знают, к какому типу принадлежат их партнеры по игре. Вторые игроки в зависимости от значения присущего им параметра m будут выбирать или сотрудничество, или же использовать доверие первого игрока в своих интересах. В условиях полной информации, когда тип второго игрока виден первому игроку, сотрудничество будет предлагаться лишь тому, кому можно доверять. При этом, склонные к сотрудничеству вторые игроки, будут получать преимущество перед другим типом, получая больший субъективный выигрыш $r > s$. Нетрудно показать, что каким бы не был случайный партнер индивида с параметром m , ожидаемый выигрыш такого игрока будет выше, чем игрока с \bar{m} . Можно не описывать эволюционный процесс в деталях, но в ходе эволюции доля p будет расти.

Для описания эволюционного процесса, авторы привлекают понятие «эволюционно устойчивых стратегий» (ESS). Устойчивость в локальном смысле означает, что случайное небольшое повышение в популяции неуспешного типа» (их еще называют мутантами) не влияет на долговременную динамику эволюции. Можно показать, что при полной информации, именно так и происходит: небольшое снижение величины $p = 1$ до $p = 1 - \delta$ не влияет на сходимость эволюционного процесса.

Иначе обстоит дело, если тип партнера по игре не виден, и всего лишь известно, что в популяции встречаются агенты двух типов. Как показывают авторы, игрокам второго хода можно доверять, только если их доля достаточно высока: $pr > s$. В условиях, когда первый игрок осознанно, или нет, выбирает доверие, в выигрыше оказываются игроки типа \bar{m} . Эволюционный процесс будет приводить к уменьшению p , но все-таки неравенство $pr > s$ будет сохраняться. Другое дело, если начальное распределение типов таково, что $pr < s$. Доверие в таких условиях не проявляется, и распределение двух типов игроков неизменно. Чтобы сделать модель более реалистичной, авторы допускают, что выбор доверия все же происходит с некоторой положительной вероятностью, можно считать, что это ошибки в выборе стратегии. Тогда эволюционный процесс в пределе даст $p = 0$. Более того, ошибки, пусть редкие, в выборе стратегии первым игроком, приводят к тому, что доля игроков типа m будет стремиться к нулю при любом начальном распределении.

Наиболее интересным для описания является пограничный вариант между полной информированностью и не информированностью. Авторы предлагают встроить в модель технологию (умозрительную), позволяющую с некоторой вероятностью определить тип агента, и это технология используется с издержками. Эволюционная устойчивость в этом случае может установиться для всех значений p в некотором интервале в окрестности точки s/r .

Тем самым авторам удалось построить модель, объясняющую формирование предпочтений на основе многочисленных взаимодействий агентов во времени. Более того, авторы поставили перед собой амбициозную цель: показать, что рациональное поведение является следствием адаптивности, проявляемой агентами в ходе эволюции.

Чтобы продемонстрировать свой замысел, авторы рассматривают на бесконечной временной оси два процесса — первый процесс эволюционный, протекающий медленно и сказывающийся на доле разных типов агентов; второй процесс бесконечно повторяется и протекает на конечном временном промежутке, он состоит в приспособлении поведения агентов к конкретному уровню m . Не вдаваясь в технические детали обсуждения, повторяющегося адаптивного процесса, заметим, что если агент достаточно часто играет в качестве второго игрока, то он может сделать вывод, что его принадлежность к \bar{m} типу означает, что ему выгодно выбирать решение, обозначаемое на дереве игры как E (использование чужого доверия), а принадлежность к типу m влечет за собой вознаграждение за доверие (это R). Кроме того ясно, что адаптация, описанная выше невозможно без выбора первым агентом опции доверия. Такой выбор неизбежно будет происходить достаточно часто, так как соотношение типов в популяции неизвестно. Авторы показывают, как процесс адаптации за один период позволяет вдвое сократить число выгодных вариантов выбора для вторых игроков. С другой стороны, как пишут авторы, «первые игроки смутно подозревают, что не всем партнерам по игре можно доверять». Понять, стоит доверять или нет, можно лишь пробуя, и делая выводы. Предлагается начать эволюционный процесс с серии пробных раундов игры. В ходе этих раундов экспериментально устанавливается, что стратегия (N, E)

лучше, чем (T, E) при $pr < s$, иначе говоря, происходит обучение. Аналогично, это обучение выявляет превосходство (T, E) над (N, E) при $pr > s$. Следовательно, доверять следует, если $pr > s$, и не доверять, если $pr < s$.

Подытоживая результаты исследования, авторы отмечают, что их основное продвижение состоит в том, что процесс формирования предпочтений не задан вне рамок модели, а подчиняется эволюционному процессу, и стало быть, предпочтения эндогенны. К тому же, как полагают авторы, им удалось удачно соединить элемент обучения агентов с эволюционным подходом к формированию устойчивых предпочтений на бесконечном временном горизонте.

Продемонстрируем применение эволюционного подхода к формированию склонности агентов к кооперативному поведению на примере работы (Guttman, 2003). Как и в ранее рассмотренной работе (Guth, Kliem, 1998), автор прибегает к моделированию, используя косвенный эволюционный подход. В вводной части работы автор замечает, что эволюционные модели позволяют отказаться от экзогенности в описании предпочтений агентов. Используя такой подход, агенты считаются рациональными, и эволюционный механизм отбирает определенные типы агентов со временем. При этом, несмотря на игровой подход, агенты характеризуются не своими стратегиями, а своими предпочтениями. На основании предпочтений агенты максимизируют ожидаемые выигрыши. Автор полагает, что в отличие от классических моделей, опиравшихся на понятие репутации, чтобы объяснить неоппортунистическое поведение агентов, в ходе повторяющихся игр, агенты рационально считают своих партнеров по играм способными на кооперативное поведение.

В основе «атомистической» игры автор рассматривает традиционную дилемму заключенных, в которой агенты (продавец и покупатель) одновременно делают выбор между честным соблюдением сделки и нарушением договоренности. Игра продолжается конечное число периодов. Это игра с неполной информацией. Игрокам известны типы, которые им могут встретиться (всего два типа: оппортунисты и, за неимением подходящего русского слова, ресипрокаторы), а также известна история предыдущих игр. Пусть доля ресипрокаторов в популяции в период g равна r_g , тогда эволюция доли этого типа в популяции удовлетворяет динамическому уравнению $r_g - r_{g-1} = f(E\pi_R - E\pi_O) + \varepsilon_g$, в котором динамика популяции (выражение слева) определяется ожидаемым выигрышем в зависимости от выбора стратегии (оппортунист/ресипрокатор) и случайной добавки ε_g . Функция f монотонно возрастает и в нуле обращается в ноль. Автор начинает исследование динамики с упрощающего предположения, что доля ресипрокаторов r экзогенно задана. Результаты последовательных игр на протяжении T периодов рассматриваются для различных значений r . Мы отсылаем заинтересованного читателя к тексту (Guttman, 2003), в котором на с. 639 объединены результаты рассмотрения всех вариантов итогов игр в зависимости от r . В соответствии с приведенным выше уравнением, величина r меняется со временем, и, следовательно, поведение агентов будет меняться, и при достаточно большом T в эволюционном равновесии будет достаточно количество ресипрокаторов, и они будут побуждать оппортунистов сотрудничать на достаточно протяженных участках их игровых карьер.

В достижении эволюционного равновесия через конечное число периодов, как отмечает автор, заметно отличается его результаты от большинства аналогичных, в которых применяется эволюционно-игровой подход. Другим новым результатом является демонстрация устойчивости неявных соглашений даже при невысокой доле ресипрокаторов, но при достаточно длительной игре. В отличие

от аналогичных работ, в этой модели равновесное распределение типов агентов неоднородно, то есть ресипрокатеры соседствуют с оппортунистами. Автор отмечает, что в работах его предшественников неоднородность предельного распределения была следствием двух дополнительных предположений: полноты информации, когда типы игроков видны, и наличия возможности наказывать отклоняющихся игроков. Полнота информации была декларирована в основополагающей работе (Guth, Yaari, 1992), а позже, в работе (Guth, 1995) было показано, что даже, если типы игроков не видны, но вероятность угадывания типа выше нуля, то эволюционная устойчивость ресипрокатеров достижима. Правда, этот результат лишь верен в предположении, что обманутый игрок в дополнительном раунде игры наказывает обманщика, при этом издержки наказания не превышают возмещения ущерба от обмана. Это последнее правило игры, оказалось достаточным, чтобы отказаться от полноты информации. Возможность наказания в некоторых работах смягчалась возможностью переигровки ресипрокатером (он возвращается назад на один период, и следующим ходом не сотрудничает). Недостатком всех этих моделей, постулирующих возможность наказания обманщиков, состоит в неявном предположении существования институциональной возможности это делать. Чтобы избежать критику за эту дополнительную предпосылку модели, иногда наличие таких институтов заменяют на «обостренное стремление к справедливости» ресипрокатеров, делающей возможность такого поведения одной из отличительных характеристик предпочтений. Достоинством работы (Guttman, 2003) является отсутствие каких-либо подобных дополнительных предположений. Возможность справедливого наказания заложена в структуре игры, она, конечно, невозможна в заключительный период T . В работе (Guth, 1995) полнота информации заменяется на возможность угадывания типа партнера по игре, при этом допускается, что тип партнера «не считывается», но не определяется ошибочно. В работе (Guttman, 2003) предположение о правильном типе партнера возникает естественным образом, на основе получаемой в ходе динамической игры информации, и ее анализа на основе теоремы Байеса. При таком механизме идентификации возможность ошибки не исключена, что делает модель реалистичной. В своей статье (Guttman, 2003) дает краткий библиографический обзор работ 1980-х гг. по эволюционным играм, отмечая, что для этих ранних работ характерно описание допустимых стратегий, а не предпочтений агентов, другими словами, в этих работах игроки не являются агентами, оптимизирующими свой выбор в соответствии с предпочтениями. Автор отмечает, что его описание эволюционной игры наиболее точно соответствует взаимодействиям агентов в стабильных сообществах с ограниченным контингентом агентов, предполагающих многократные повторяющиеся взаимодействия одних и тех же игроков, и когда институциональная среда не предполагает механизмов наказания для оппортунистов.

Значительным продвижением в исследовании эволюции предпочтений в рамках косвенного эволюционного подхода стала работа (Heifetz, Shannon, Spiegel, 2007). Во введении авторы отмечают, что в рамках классического подхода, предполагающего максимизацию материального выигрыша рациональным агентом, невозможно объяснить многие случаи «нерационального» поведения, такие как альтруизм, или, наоборот, мстительность. Агенты зачастую демонстрируют завышенную самооценку, самоуверенность. Или, например, жертвуют своим достатком ради других. Целью авторов было показать, как отклонения от рациональности, описываемые максимизацией субъективных функций полезности, отличающихся от функций, дающих в ходе максимизации материальный выигрыш,

устойчивы, и не исчезают в ходе многократного взаимодействия агентов между собой. Одномерная параметризация предпочтений вводится в модель авторов в начале игры экзогенно, и чем больше этот параметр τ отличается от нуля, тем более нерациональным видится поведение агента. Эти отклонения от рациональности сказываются на поведении агента (непосредственный эффект), но и учитываются партнерами по игре (косвенный эффект). Интересно, что непосредственный эффект рассматривается авторами как незначительный, но из этого не вытекает, что косвенный эффект тоже мал. В ходе эволюции агенты решают задачи по максимизации субъективных функций полезности, но их реальные материальные выигрыши определяются их объективными функциями.

Рассматриваемая статья содержит как глубокий математический анализ результатов игр агентов разных типов, так и разбор конкретных ситуаций. Прежде чем остановиться на их изложении более подробно, обсудим конструкцию динамического процесса, в ходе которого изменяются предпочтения. Динамика определяется дифференциальным уравнением, решением которого является функция распределения типов агентов. Уравнение учитывает объективные предпочтения агентов, и авторы показывают, что эволюция способствует росту доли более успешных агентов за счет снижения доли менее успешных, это можно объяснить как большим числом наследников успешных индивидов, так и тем, что более успешные чаще вступают в игру, а менее успешные пропускают раунды. Авторы, применительно к своей задаче Коши для дифференциального уравнения доказывают теорему существования и единственности, из которой следует, что вне зависимости от начального распределения, доминирующие стратегии в пределе исчезают, что приводит к формированию предельных распределений предпочтений типа дельта-функции. Касательно приложений, прежде всего авторы разбирают явление самоуверенности и сверх оптимизма. Пример начинается с моделирования объективных платежных функций двух взаимодействующих агентов. Выбирая подходящим образом знаки коэффициентов этих квадратичных функций, можно моделировать действия агентов как взаимодополняющие или взаимозаменяющие. Хотя платежные функции симметричны, но агенты разных типов дают различные субъективные оценки своих действий. Оптимисты переоценивают результат своих действий, пессимисты недооценивают, и лишь реалисты (те, у которых параметр $\tau = 0$), оценивают свои действия адекватно. Имея одинаковые объективные функции полезности, за счет присущего им субъективного взгляда на успешность своих действий, агенты максимизируют субъективные функции полезности. В однопериодной игре находится единственное равновесие Нэша. Пусть игра продолжается бесконечно долго. Тогда стационарное предельное значение распределения типов агентов в соответствии с параметром τ будет иметь вид дельта-функции $\delta(\tau - \tau^*)$ при некотором $\tau^* > 0$. Другими словами, на бесконечно временном горизонте успешными окажутся оптимисты. Этот результат авторы объясняют тем, что оптимисты играют более агрессивно, чем пессимисты или реалисты, и выбирают большие значения своих действий, нежели им предписывает их объективная функция полезности. В случае, когда их действия стратегически замещают друг друга, действия оптимистов вынуждают партнеров играть слабее своих возможностей. Наоборот, при действиях агентов, когда они дополняют, то их партнеры играют аналогично в агрессивном стиле. Из анализа видно, что в любом случае у оптимистов стратегическое преимущество в игре. Интересно, что успешными являются не любые оптимисты, а умеренные оптимисты, как вытекает из формулы для равновесного решения в однопериодной игре. Этот модельный пример позволяет пролить свет на психологический феномен устойчивости заблуждений.

Под ним понимают отрицание очевидных фактов, свидетельствующих об ошибочности представлений, как и подгонка фактов под существующую версию взглядов. Дело в том, что индивиды, не пересматривающие свои взгляды в соответствии с теоремой Байеса, оказываются в стратегическом выигрыше над реалистами, воспринимающими факты, или над пессимистами, видящими реальность в негативном ключе. Аналогичный результат вполне применим к анализу поведения трейдеров на финансовых рынках. В выигрыше оказывается оптимистичный трейдер, завышающий ликвидность актива. Вторым интересным приложением разработанной авторами теории эволюции предпочтений является анализ альтруизма, или напротив, мизантропии. Осуществляя моделирование субъективной функции полезности с использованием, как и в предыдущем примере параметра t , авторы получают предельное распределение, состоящее из дельта-функции с носителем в точке, соответствующей умеренному альтруизму, если в игре участвуют лишь агенты, оказывающие положительное влияние друг на друга. Напротив, в случае отрицательных экстерналий в предельном распределении агентов сохраняются лишь умеренные мизантропы. Кроме того, в работе анализируется случай неполной информации, когда типы агентов не видны.

Значимый вклад в разработку косвенного эволюционного подхода внесли авторы работы (Dekel, Ely, Yilankaya, 2007). В отличие от статьи, рассмотренной ранее, здесь сделан акцент на изучение эффектов, порожденных неполнотой информации в играх. Другим важным отличием этой работы является анализ устойчивости предельных распределений предпочтений. Кроме того, в работе (Dekel, Ely, Yilankaya, 2007) проясняется связь между эффективными равновесиями и их устойчивостью. Основным результатом работы состоит в том, что неэффективное равновесие не обладает устойчивостью.

Авторы используют три ключевых слова на протяжении своей работы: *мутации*, означающие что в играх появляются игроки с новыми, неучтенными ранее предпочтениями, *оптимизация*, которая понимается в традиционном смысле, *естественный отбор*, означающий репликацию успешных предпочтений.

Для типичного распределения предпочтений могут найтись множественные варианты поведения игроков, приводящие к байесовскому равновесию. Среди этих равновесий авторы находят устойчивые, то есть не изменяющиеся под влиянием мутаций. Неустойчивость означает, что даже малые мутации приводят к отклонению от достигнутого равновесия, как правило, за счет более успешных предпочтений.

Как и в традиционном косвенном эволюционном подходе, агенты обладают как объективными платежными функциями, так и субъективными предпочтениями. Работа содержит раздел, содержащий полную классификацию игр 2×2 , рассматриваемых в нормальной форме. В зависимости от вариантов стратегий обоих игроков всего существует пять типов (эквивалентных классов) предпочтений. Например, класс, обозначаемый *AA* описывает предпочтения, когда стратегия *A* строго доминирует стратегию *B*, и всякий игрок с такими предпочтениями будет выбирать *A*, а не *B*, в равновесии. Для этих игр получены результаты, связывающие эффективность и устойчивость равновесий. Подытоживая, авторы отмечают, что их статья содержит как подтверждение известных ранее результатов, так и получение новых, которые в основном относятся к случаю частичной наблюдаемости предпочтений. Они отмечают, что было бы интересно рассмотреть случай, когда в ходе эволюции наблюдаемость предпочтений возрастала, а не оставалась неизменной.

Работа (Herold, 2012) посвящена эволюции предпочтений индивидов, которые стремятся вознаграждать за хорошее к ним отношение, и наказывать за плохое,

свойство, которое называется английским словом *reciprocity*. Автор задается следующими вопросами: как предпочтения благодарности и наказания выживают в ходе эволюции, когда в обществе преобладают эгоистичные индивиды, и есть ли различие в характере эволюции этих предпочтений? Автор отмечает, что в экспериментах индивиды готовы вознаграждать за кооперативное поведение и наказывать за некооперативное, даже, если игра происходит в один период и такое поведение не является максимизирующим выигрыш. Автор рассматривает группы индивидов (называемых «стогами сена»), случайно выбираемых из бесконечной популяции. Игроки взаимодействуют внутри групп, и модифицируют свое поведение в соответствии с теми предпочтениями, которыми обладают члены группы. Автор рассматривает несколько вариантов ответов второго игрока на: 1) сотрудничество первого игрока, это поведение влечет издержки, но игрок готов сотрудничать, если это повышает выигрыш партнера, 2) иначе первый игрок не сотрудничает.

В классических играх, отмечает автор, второй игрок будет отказываться сотрудничать, потому что это затратно. Однако, в исследуемой модели «стога сена» кооперативное поведение второго игрока не только возможно, но и сохраняется в ходе эволюции. Все дело в том, как пишет автор, что первые игроки подстраивают свое поведение с учетом состава группы. Эгоистичные игроки внутри групп по-прежнему получают несколько больший выигрыш, чем склонные к вознаграждению/наказанию агенты, но это не совсем так, если сравнивать успешность игроков разных групп. Дело в том, что группы формируются исходя из преобладающих предпочтений. Группа, где сравнительно мало эгоистов и, большинство игроков склонно к сотрудничеству, показывает весьма неплохие результаты.

Автор отмечает, что ему удалось получить новые, и неожиданные результаты благодаря двум модификациям модели «стога сена»: в ходе эволюции первые игроки адаптируют свое поведение, исходя из состава группы, и затраты на кооперативное поведение снижаются в ходе бесконечно повторяющихся игр. Модель предсказывает, каким будет состав группы в предельном случае в зависимости от первоначальной композиции: если группа состоит из вознаграждающих и эгоистов (их автор называет материалистами), то в пределе будет равновесие со смешанным составом группы, Если группа состоит из наказывающих и материалистов, то в пределе возникают мономорфные группы (то есть, составленные из индивидов одного типа) — либо только наказывающие, либо только материалисты. Наконец, если в группе представлены все три типа агентов, то предельное распределение будет зависеть от уровня издержек вознаграждения или наказания, и в случае малых издержек мы получаем мономорфную группу наказывающих, а в случае больших издержек возможны два равновесия: когда группа мономорфна и состоит из наказывающих, или же группа смешанная, но состоящая из материалистов и вознаграждающих. Важным выводом работы является ослабление требования к наблюдаемости предпочтений. Как показывает автор, этого удалось добиться, наложив условие на поведение вторых игроков: они должны адаптировать свое поведение, исходя из наличия вознаграждающих игроков в группе.

Как и в ранее рассмотренных работах, автор применяет косвенный эволюционный подход: поведение игроков задается субъективными предпочтениями, выигрыши определяются платежными функциями, значения которых показывают приспособляемость агента (в оригинале *fitness*). Наибольший интерес вызывает поведение игроков второго хода, так как игрокам первого хода, как показывает автор, в ходе эволюции наиболее выгодно придерживаться материалистических предпочтений, при которых максимизируется платежная функция.

Как происходит случайное образование пар? Оно происходит в два этапа: сначала из бесконечного множества агентов формируются группы с четным числом агентов, затем они разбиваются на пары внутри каждой из групп, и начинают игру. Игра продолжается в том же составе, пока группа не будет распущена. Ясно, что состав группы при случайном формировании групп соответствует распределению типов в исходной популяции. Характер игры для любой пары агентов соответствует игре с неполной информацией, в которой существует совершенное байесовское равновесие. Хотя предпочтения игроков не наблюдаемы, но им известны вероятности встречи с игроками одного из трех типов. В начале исследования упрощающим является предположение автора, что веры (субъективные оценки) игроков совпадают с истинным распределением типов агентов. Затем автор смягчает это условие, и заменяет его на возможность корректировки своих оценок в ходе повторяющихся игр. Группа сохраняет свой состав на протяжении T периодов, это число достаточно велико, чтобы произошло знакомство агентов с типами агентов групп. На каждом этапе игры разбиение на пары агентов из группы происходит случайным образом. По завершении T периодов игроки возвращаются в исходную популяцию, и разбиение на группы происходит вновь. Эволюционный процесс приводит к изменению распределения типов агентов, следующее разбиение на группы это учитывает. Эволюционный процесс описывается системой дифференциальных уравнений, так как это делал Вейбулл в монографии (Weibull, 1995). В правых частях уравнений системы, монотонно возрастающие функции, определяющие динамику распределения типов, они учитывают, насколько успешными с точки зрения приспособляемости оказались стратегии игроков, по завершении каждого из раундов игр. На протяжении исследования автор отмечает, что эволюционные изменения происходят по завершении времени существования группы, новый раунд с новыми группами уже учитывает изменения в распределении предпочтений.

В заключение обзора этой статьи, хотим отметить, что автор считает основным достижением своей работы исследование культурной эволюции, которая, по мнению многих антропологов послужила драйвером, формировавшим предпочтения индивидов. Человеческая способность адаптироваться и учиться, довольно точно описана в рамках косвенного эволюционного подхода, при котором эволюция не определяет конкретное поведение, а формирует необходимые предпочтения, которые затем определяют поведение игроков. Вознаграждение и наказание несет издержки для агентов, но с эволюционной точки зрения, благоприятно влияет на вероятность кооперативного поведения в группе. Как отмечает автор, его динамическая модель описывает трейд-офф между текущими издержками кооперации, и выигрышами в будущем, связанными с ростом численности индивидов, склонных к сотрудничеству. Результаты работы согласуются с экспериментальными наблюдениями. Кроме того, модель может подсказать эффективную политику в отношении институционального воздействия на поведение агентов. Предположим, что люди положительно относятся к такого рода воздействию, но им мешает инерция привычного поведения. Данная работа может стимулировать смену поведения, обеспечивая вознаграждение, но лишь до того момента, когда доля поддерживающих новые нормы становится достаточно большой. Затем политика должна смениться с вознаграждения на наказание нарушителей. Такая политика сберегает ресурсы.

Завершая часть обзора, посвященную применению косвенного эволюционного подхода к исследованию изменчивости предпочтений, остановимся на работе (Leininger, 2009). В этой статье изучается рентоориентированное поведение агентов.

Для читателей, интересующихся этой проблематикой, статья Ляйнингера ценна тем, что в ней он просто и ясно формулирует основные понятия эволюционной теории игр, например, понятие эволюционно устойчивых стратегий и многие другие, и объясняет их на примере участия игроков в состязаниях за овладением ресурсом. Для изучения же эволюционной динамики, им рассмотрена игра двух индивидов, случайно выбранных из большой популяции. В ходе игры они выбирают стратегии в соответствии со своими предпочтениями. Цели, которые ставят перед собою игроки в краткосрочном периоде, необязательно приводят к эволюционному успеху. Предпочтения, порождающие успешные стратегии, распространяются среди индивидов, и это сказывается на успешности стратегий. Эволюционный процесс в итоге приводит к устойчивым предпочтениям. Автора интересует, каким будет предельное поведение агентов, когда предпочтения стабилизировались. Рассмотрена эволюционная игра двух лиц в рамках эволюционного процесса: типы агентов и их действия эволюционируют порознь. Приспособляемость игрока определяется его поведением, но не типом. Хотя процесс эволюции явно не задан, ее направление можно проследить в однопериодной игре по изменению долей разных типов агентов. Автор делит типы в соответствии с материалистическими или же кооперативными наклонностями, которые свою очередь делятся на вознаграждающих и мстительных. Главным результатом, полученным автором в ходе моделирования эволюционной игры, стал следующий: при случайном выборе игроков из бесконечной популяции результатом эволюционной игры будет такое же устойчивое равновесие, что и при прямом (не косвенном) эволюционном подходе (то есть учитывающий лишь материальные выигрыши в ходе игры). Интересно, что в случае конечной популяции результат аналогичен, что противоречит результатам, полученным ранее некоторыми экономистами, например, (Dekel, Ely, Yilankaya, 2007). Ляйнингер объясняет это тем, что в его базовой игре (состязание двух игроков за ресурс) множество предпочтений, доступное мутантам, ограничено.

2. Работа Т. С. Бергстрема (1995) по эволюции предпочтений

Теодор Бергстром один из наиболее известных ученых-экономистов, занимавшихся изучением эволюции предпочтений, в частности исследованием формирования альтруизма. Постараемся сжато изложить основные результаты его работы (Bergstrom, 1995), работы, привлекшей внимание экономистов к проблематике эволюции предпочтений, и задавший стандарт рассмотрения задач с использованием аппарата эволюционной теории игр.

Новизна работы в сочетании двух дополняющих подходов: исследования экономики семьи, предлагающее эволюционное объяснение феномену альтруизма между близкими родственниками, а также дарвиновского подхода к эволюции организмов, учитывающем наследственность на генетическом уровне в стиле классических работ Грегора Менделя.

В работе рассматриваются взаимодействия между родственниками, участвующими в парных играх. Выбор стратегий происходит неосознанно, действия агентов определяются генетически. Более точно: чем больше выигрыш агента при взаимодействии с родственниками, тем выше вероятность, что данный агент даст больше потомства. Его потомки копируют поведение родителей, в соответствии с законами наследования признаков. Игры между родственниками рассматриваются при выборе пар из огромной популяции агентов. Индивид, не нашедший себе пару, погибает, а нашедший производит *n* потомков. Организмы,

подобные нам, людям, диплоидны, то есть имеют по паре генов. Популяция, состоящая из гомозиготов, называется мономорфной, и в работе в основном рассматривается устойчивое мономорфное равновесие. По законам Менделя с вероятностью $1/2$ ген, определяющий поведение индивида, будет определять поведение его ребенка.

Бергстром начинает рассмотрение с варианта асексуальной репродукции. Он показывает, что выигрышная стратегия, передающаяся от родителей к потомкам, успешна в том смысле, что появление мутации на фоне мономорфной популяции с набором генов aa , дающей выигрыш родителю, при передаче по наследству этой мутации, снижает выигрыш потомков, и чем дальше по семейному дереву, тем сильнее. Стало быть, в перспективе мутации безопасны. Такое поведение соответствует кантонианскому нравственному «золотому правилу». Но в популяции, где для производства нужны разнополые особи, равновесное поведение не является совершенно кооперативным. И вот почему: при таком размножении эффект появления мутаций уже не исчезает сам по себе со временем. Пользуясь языком эволюционной биологии, появление у детей мутирующего гена A может привести к его закреплению, хотя бы в первом поколении. Бергстром сформулировал необходимое условие, при котором эта мутация не закрепляется в популяции, и назвал это правило «полукантонианским»: «Относитесь к своему ребенку так, как бы вы хотели, чтобы с вероятностью $1/2$ он бы относился к вам». Бергстром показывает, что, когда ген A редок, практически все генотипы AA возникают, если оба родителя смешанного типа Aa . Поэтому необходимым условием, чтобы мономорфная популяция успешно противостояла нашествию мутантов, является условие более низкого репродуктивного показателя для смешанных типов по сравнению с генотипом aa .

Бергстром первым из экономистов привлек внимание к методологии эволюционного биолога У. Гамильтона (Hamilton, 1964). В этой работе Гамильтон определил базовый принцип эволюции, состоящий во включенной приспособляемости (*inclusive fitness*). Этот параметр определялся как взвешенное среднее, на основе вероятностей выживаемости родителя и наследника, где вес второго слагаемого был равен степени родства ($1/2$ для ребенка). Автор показывает, что набор стратегий, позволяющий противостоять мутациям, критически зависит от того, к какому из типов относятся действия родственников — к типу дополняющих (комплементарных) или замещающих. Формальное определение таково: пусть x , y — стратегии из некоторого множества S , платежная функция $\Pi(x, y)$ обладает симметричной дополнительностью, если $\Pi(x, x) + \Pi(y, y) \geq \Pi(x, y) + \Pi(y, x)$. В случае противоположного неравенства платежная функция обладает свойством симметричной замещаемости. Хотя далеко не все платежные функции относятся к одному из этих типов, Бергстром показывает, что если рассматривать популярные примеры игр, то, как правило, платежные функции демонстрируют подобные свойства, и тем самым при взаимодействии родственников эволюционный исход игры будет предопределен. В качестве простого примера Бергстром рассмотрел игру двух лиц под названием «охота на оленя». Название заимствовано из работы французского энциклопедиста Ж. Ж. Руссо. В этой игре используются два равновесия Нэша, какое из них будет реализовано, сказать невозможно. Но, так как платежные функции обладают симметричной дополнительностью, то при достаточно высоком выигрыше в одном из равновесий проблема координации разрешается в пользу именно этого равновесия, и в эволюционном смысле такая мономорфная популяция способна противостоять мутациям. Аналогичный результат получен и для

дилеммы заключенных. Статья содержит также результаты по равновесиям в смешанных стратегиях. Интерес представляют и дополнительные направления, затронутые в работе. Так получилось, что Бергстромом были заявлены в этой статье те темы для исследований, к которым он успешно обратился в последующие годы. Речь идет о культурной эволюции, экономике семьи, и, наконец, о смене парадигмы исследования, переключении с исследования эволюции стратегий на эволюцию предпочтений, что и было сделано в косвенном эволюционном подходе.

Что касается культурной эволюции, то автор видит возможность переноса полученных им результатов по семейному альтруизму на копирование полезных и успешных качеств при взаимодействии индивидов, не связанных родством. Если родитель относится к ребенку с надлежащим вниманием, то это отношение будет воспроизводиться уже в следующем поколении. Что касается экономики семьи, то автор считает, что можно промоделировать известный конфликт родителей с их взрослыми детьми, относящийся к воспитанию внуков.

К сожалению, ограниченность объема статьи не позволяет нам даже кратко изложить работы Бергстрема по данной проблематике, написанные после 1995 г.

3. Работы Й. Вейбулла по динамике предпочтений и близкие к ним

Перейдем к анализу нескольких статей, одним из авторов которых является Й. Вейбулл. Начнем с работы (Lehmann, Alger, Weibull, 2015). Прежде всего, она интересна тем, что выполнена на стыке наук: экономики, теории игр и эволюционной биологии. Работа призвана ответить на следующий вопрос: верно ли, что организмы ведут себя так, как будто они максимизируют некоторую целевую функцию?

Авторы полагают, что их работа отличается от известных подходов, принятых в биологии и экономике, во многих отношениях. Во-первых, зачастую биологи-теоретики, изучающие эволюцию организмов, полагают, что достижение организмом поставленной цели не испытывает влияния со стороны других организмов. Это, конечно, является сильным упрощением. Во-вторых, в работах, посвященных воздействию мутантов на популяцию, биологами выбирается одиночный период, в то время как в многопериодных моделях можно рассматривать воздействие мутантов на генетическое разнообразие популяции. В-третьих, биологами не прояснен вопрос, эта «как бы» максимизация происходит ли на уровне отдельных организмов или на уровне групп?

Само математическое моделирование эволюции авторами, в силу своей сложной конструкции и использования некоторых стохастических моделей (например, с привлечением репродуктивного процесса Морана), нам придется опустить и ограничиться вербальным изложением.

Как отмечают авторы, они не являются первопроходцами в исследовании успешности эволюции инвазивных видов (или мутантов), внедряющихся в мономорфную популяцию. Важно отметить, что эволюция изучается на коротком временном демографическом (так в тексте) промежутке, динамическим инструментом описания которого является разностное уравнение первого порядка. Модель может быть расширена на конечное число периодов. Индивиды взаимодействуют друг с другом, следуя поведенческим правилам из некоторого списка правил. Изучению подлежат группы индивидов, живущие на «островах» (*patches*), которые не изолированы, и миграции с острова на другие острова возможны. Поведенческое правило для индивида задается при рождении и определяется типом агента. Этим объясняется интерес к изучению изменчивости популяции

под влиянием мутаций и инвазивных видов. В поисках целевой функции, называемой приспособляемостью (*fitness*) индивида, авторы остановились на такой биологической характеристике, как ожидаемое число отпрысков. Но авторов занимает не индивидуальная приспособляемость, а групповая, оцениваемая взвешенной суммой индивидуальных функций. Важным понятием становится сопротивляемость «нашествию» (*uninvadability*), эта сопротивляемость тем выше, чем выше значение групповой функции, вычисляемой по уроженцам острова по сравнению со значением аналогичной функции, вычисляемой по мутантам и их отпрыскам.

Авторы напрямую связывают успешность эволюции конкретного типа организмов в смысле максимизации целевой функции с их сопротивляемостью нашествию. Но, как оказалось, такая связь не существует. Ими приведен контрпример, показывающий, что, с одной стороны, максимизация, приводящая к равновесию Нэша, может происходить при успешной мутации, и наоборот, наличие успешной инвазивности не исключает существование равновесия Нэша.

Авторы также находят некоторые достаточные условия, гарантирующие связь между максимизацией целевой функцией вида и сопротивляемостью мутациям. Так что в итоге авторы констатируют: связь стабильности фенотипа и максимизации некоторой функцией приспособляемости совсем не так очевидна, как это представлялось в работах эволюционных биологов.

Следующая работа, обратившая на себя внимание многих специалистов в области социальных эволюционных процессов, это работа (Alger, Weibull, 2013). В работе рассматривается вопрос об эволюционном закреплении в поведении индивидов альтруистического отношения к окружающим, а также морального поведения. Давно было замечено, что альтруистический подход распространяется на ближайших родственников рассматриваемого индивида, но альтруизм по отношению к совершенно посторонним людям тоже наблюдаем. В качестве объясняющей гипотезы была высказана гипотеза об ассортативном выборе партнеров по взаимодействию. Под ассортативностью выбора в биологии понимается подбор партнеров на основе близкого сходства (положительная ассортативность). Возможен, хотя и редко наблюдаем, феномен отрицательной ассортативности.

В этой работе авторы следуют косвенному эволюционному подходу. Предпосылки исследования ограничены допущением о частном характере информации о предпочтениях агентов и предположением о том, что формирование пар происходит в условиях ассортативности.

Основным результатом работы, по мнению авторов, является следующий. Естественный процесс эволюции выявляет однопараметрическое семейство моральных предпочтений, это семейство является выпуклой комбинацией эгоизма (агент максимизирует свой выигрыш) и морали (делаю, что считаю правильным). Авторы ввели в оборот название таких индивидов — «человек моральный». Коэффициент в выпуклой комбинации при предпочтении морали называется степенью морали. Если же у некоторого индивида этот коэффициент равен нулю, то такой индивид называется «человек экономический», и наконец, при коэффициенте, равным единице, индивид — это «человек кантрианский». Эволюция выбирает ту степень морали, которая соответствует индексу ассортативности при формировании пар. «Человек моральный», как оказывается, наиболее оснащен против нашествия мутантов, редкие мутанты, укоренившиеся в среде моральных индивидов, могут рассчитывать лишь на проигрыш резидента.

Как диктует косвенный эволюционный подход, агенты в этой работе выбирают стратегии взаимодействия на основе субъективных функций полезности, и платежных функций, которые, вообще говоря, совпадают лишь у человека экономического. Всего в модели взаимодействуют индивиды двух типов: когда один из типов преобладает, то говорят, что он резидентный, второй же тип присущ мутантам, при этом доля мутантов всегда предполагается малой. Формирование пар случайно, экзогенно, и может быть ассортативным. Равновесие в игре двух агентов рассматривается по Байесу—Нэшу. Под эволюционной устойчивостью понимается успешное противостояние мутантам, когда мутанты не могут получить больший выигрыш, чем резиденты. Авторы определяют «индекс ассортативности» процесса формирования пар, находящийся в диапазоне между нулем и единицей. Этот индекс может быть включен в формулу для выпуклой комбинации на основе двух платежных функций, одна из которых определяет благополучие самого агента, а другая отвечает за благополучие партнера. Функция полезности, полученная таким образом, определяет «человека гамилтонского», названного в честь биолога Уильяма Гамильтона, который стал известен тем, что ввел в 1964 г. в научный обиход понятие инклюзивного приспособления (*inclusive fitness*), одной из метрик эволюционного успеха особи.

Главным результатом авторов является доказательство эволюционной устойчивости человека гамилтонского. Этот тип индивида противостоит любым мутациям, не копирующим стратегии человека гамилтонского. Другим важным результатом является доказательство эволюционной неустойчивости любого другого типа отличного от гамилтонского. Этот результат вытекает из возможности мутантам имитировать стратегии гамилтонских особей, играя против резидентов.

Второй результат объявляет человека экономического эволюционно устойчивым, если индекс ассортативности равен нулю. Такой же результат был получен ранее в работе (Dekel, Ely, Yilankaya, 2007).

В отличие от классического подхода по эволюции предпочтений, авторы делают вынужденную ставку на эволюцию стратегий из-за специального (ассортативного) механизма формирования пар. Значительное место в работе занимают конкретные примеры по нахождению устойчиво эволюционных равновесий в конечных играх. Например, рассматривается матричная игра 2×2 двух моральных индивидов. Примерами ассортативного мэтчинга являются: взаимодействие индивидов, находящихся в родстве, людей, близких по образованию, воспитанию, профессии, языку, культуре, религии, взглядам, месту рождения или проживания. В качестве приложения полученных результатов, авторы оценивают индекс ассортативности, исходя из конкретных механизмов формирования групп. Они не остаются в стороне от анализа идентичности, понятия, введенного в обиход микроэкономистов Дж. Акерлофом. Авторами рассмотрены: модель помощи, модель ультиматума при сделке, бесконечно повторяющиеся игры. Также они объясняют, чем их понятие морального человека отличается от альтруизма. В заключение работы авторы формулируют свой вывод о том, что в реальных ситуациях чистый эгоизм будет проигрывать поведению, основанному на смеси эгоизма и морали.

Нельзя обойти вниманием работу тех же авторов, но вышедшую несколько ранее (Alger, Weibull, 2010). В работе рассматривается взаимодействие родственных агентов, демонстрирующее материальную поддержку тем, кто в этом нуждается. Авторы моделируют родственный альтруизм, рассматривая двух рискофобов, определяющих свои усилия. Затем агенты определяют доли богатства, которыми они готовы поделиться с партнером по игре. Пусть оба родственника одинаковы в своем желании помочь друг другу (равная мера альтруизма). Означает ли это,

что они становятся фри-райдерами? Авторы считают, что эффект фри-райдерства присутствует, но его доля зависит от уровня взаимного альтруизма в отношениях: при максимально возможном уровне альтруизма наиболее полно проявляется эффект положительных экстерналий, и совокупное благосостояние достигает максимального значения. В своем исследовании альтруистического поведения авторы опираются на «правило У. Гамильтона», гласящее, что в парном взаимодействии альтруизм возникает всякий раз, когда выигрыш партнера, помноженный на коэффициент родственной близости, превышает затраты на помощь. Для близких родственников этот коэффициент составляет одну вторую. Авторы отмечают, что их привлекла эта тематика после появления в 2003 г. работы Т. Бергстрема (Bergstrom, 2003). Под влиянием его работы авторы сформулировали понятие «локальной эволюционной устойчивости альтруизма». Это понятие помогло исследовать эффект появления в популяции, состоящей из родственников «мутантов», то есть чужеродных индивидов. Численные эксперименты показывают, что степень альтруизма зависит от многих условий, в частности, от характера институциональной среды. При прочих равных условиях уровень альтруизма среди родственников неизбежно снижается, если игра происходит в неблагоприятных экономических условиях. Авторы делают на основе своей модели интересный вывод: меньшая степень родственного альтруизма, наблюдавшаяся в эпоху индустриальной революции в северной Европе по сравнению с югом континента, может быть объяснена неблагоприятным экономическим климатом севера, но меньший альтруизм привел к развитию индивидуализма, способствовавшего будущему экономическому процветанию севера.

4. Адаптивность предпочтений как альтернатива эволюционным изменениям

Завершив рассмотрение основных работ, использующих косвенный эволюционный подход, проведем обзор некоторых работ, не находящихся в мейнстриме эволюционных исследований, но тем не менее заметных и обладающих высоким индексом цитирования. Речь, прежде всего, о работе (von Weizsacker, 2014). Автор вводит понятие адаптивных и индуцированных предпочтений. В своем анализе он не использует теоретико-игровой подход, потому что предпочтения изменяются не под воздействием коммуникации агентов, а в ходе постоянно повторяющихся актов покупки и потребления благ агентом. Адаптивные предпочтения говорят о консерватизме покупателя: если товар x у предпочитается товару y , в то время, когда мы привыкли потреблять x , то мы тем более будем предпочитать x , если мы перешли на потребление y . Далее автор вводит понятие улучшающей последовательности потребительских корзин, не противоречащих аксиоме транзитивности (так называемый *улучшающий путь*). Это понятие позволяет обосновать эволюционное изменение предпочтений. При изменчивости предпочтений меры государства, направленные на повышение благосостояния индивидов, могут столкнуться с невозможностью определения оптимальной политики. Теорема о существовании предельной функции спроса в ходе адаптации позволяет говорить о пределе предпочтений, которые, как оказывается, удовлетворяют аксиоме выявленных предпочтений. Автор приводит множество примеров, заимствованных из реальной жизни и иллюстрирующих адаптивность предпочтений.

Критика рассмотренной выше работы содержится в статье (Allos-Ferrer, 2014). Ее автор, с одной стороны, отмечает несомненное достоинство работы Вайцзекера в использовании классического арсенала для анализа институциональной

политики в условиях меняющихся предпочтений, с другой стороны, вопреки утверждению, что выбор влияет на предпочтения, критик отмечает: «Принуждение ребенка играть на скрипке не обязательно привьет любовь к классической музыке». Другим спорным моментом является предположение, что сходимость предпочтений при фиксированных ценах должна наблюдаться в большом диапазоне цен. Требование глобальной сходимости является очень сильным условием. Теория адаптивных предпочтений, в частности, не может объяснить формирование устойчивых привычек, а также и аддиктивного поведения.

5. Эволюционная динамика некоторых предпочтений

В заключительной части обзора рассмотрим эволюцию конкретных предпочтений. Например, предпочтений, определяющих политические взгляды агентов. Речь идет о работе (Fershtman, Neifetz, 2006). Авторы моделируют политическую нестабильность, проявляющуюся в изменении результатов голосования на выборах или политических мнений, посредством изменения политических предпочтений. В работе рассматривается противостояние двух политических доктрин, причем в первом раунде игры голоса отдаются лишь одному из кандидатов. Во втором раунде, из-за неудачной политики победителя, предпочтения избирателей меняются настолько, что на следующих выборах побеждает другой кандидат. Авторы выясняют условия, при которых эта цикличность выбора все время воспроизводится. Во второй рассмотренной модели политики ведут себя гибко, подстраиваясь под желания избирателей (разновидность популизма). В этом случае динамика предпочтений выглядит иначе. Пусть избранный политик проводит политику в интересах большинства населения, но не исключено, что политические пристрастия могут измениться. В результате подстраивания под предпочтения большинства политика изменяется. Такую политику называют политикой зигзага. Наконец, возможен вариант успешного политического руководства, когда политическая фигура, возможно, пришедшая к власти лишь с небольшим перевесом голосов, постепенно склоняет на свою сторону большинство избирателей (смена предпочтений) и успешно подходит к следующему избирательному циклу.

Смена политических предпочтений определяется по результатам голосований за политические партии (их всего две), а смена предпочтений происходит в результате предвыборной борьбы, когда публично обсуждаются вопросы финансирования инфраструктуры и субсидий.

В рамках обзора по динамике предпочтений нельзя не рассмотреть имеющиеся исследования по изменению межвременных предпочтений, например вызванных старением индивида. Этому исследованию посвящена статья (Lemoine, 2018). Автор отмечает, что эффекту ускорения течения времени со старением индивида посвящено много работ как психологов, так и экономистов. Справедливости ради стоит отметить, что в основном экономисты изучали так называемое «гиперболическое дисконтирование», наличие которого приводило к наблюдаемой в поведении индивидов динамической несостоятельности. Автор указанной статьи в моделировании процессов субъективного восприятия течения времени опирался на наблюдения психологов. Известно, что люди с возрастом становятся терпеливее. Кроме того, автор делит индивидов на два типа: наивных и сложных. Первые полагают, что время идет с одинаковым темпом, несмотря на весь накопленный ими опыт. Сложные же признают, что со старением их ощущение бега времени таково, что время ускоряется. Временные предпочтения сложных индивидов, как показывает автор, состоятельны лишь, если они дисконтируются

экспоненциально. Предпочтения наивных индивидов состоятельны, если они дисконтируются гиперболически или же совсем не дисконтируются.

Эти наблюдения, как отмечает автор, важны для применения в теории «жизненного цикла». Можно получить отличающиеся результаты исследований, если фиксировать время наблюдений или же проводить лонгитюдное исследование. Например, версия о динамической несостоятельности поведения индивида во времени может оказаться неверной, если исследовать склонность к сбережению на протяженном временном интервале. Кроме того, обычные кривые, характеризующие потребление агента во времени, имеющие вид горба, трактуются исходя, в частности, из соображений оценки потребителем риска преждевременной смерти. Ускорение течения времени со старением, как предполагает автор, может дать альтернативное объяснение эмпирическим наблюдениям потребления на протяжении жизни индивида.

Результаты автора основаны на моделировании субъективного восприятия течения времени. Предположим, возраст индивида составляет s лет и он решает задачу по дисконтированию будущего дохода, получаемого в момент t , при этом его восприятие отрезка $t - s$ описывается функцией $\tau(t, s)$. Тогда на основе наблю-

дений психологов, мы можем предложить закон изменения $\tau(t, s)$ в виде $\frac{\partial \tau}{\partial t} = \frac{k}{s^\alpha}$, где $k, \alpha > 0$. При интегрировании правой части формулы по t , начиная с момента s , получаем $\tau(t, s) = \frac{k}{s^\alpha}(t - s)$. Нетрудно видеть, что с возрастом (ростом s) время

ускоряется, при этом этот эффект сильнее заметен в молодости, в зрелом возрасте он не так выразителен. Эта субъективная оценка скорости течения времени влечет за собой несколько следствий. Агент становится более терпеливым с возрастом, если доход, получаемый в момент $s + n$, дисконтируется слабее с ростом s . Второе следствие относится к понятию динамической состоятельности временных предпочтений агента. Принято говорить, что агент динамически состоятелен, если дисконтирование им будущих событий (например, доходов), происходит с фактором, не зависящим от времени наблюдения s . Автор доказывает, что субъективное убыстрение времени не влечет за собой динамической несостоятельности, и наконец, наблюдение психологов о том, что сжатие тем сильнее, чем удаленнее событие, которое мы хотим оценить сегодня, тоже подтверждается в рамках модели Лемойна.

Итоги исследования, продемонстрированные в работе (Lemoine, 2018), таковы: сложные индивиды, то есть те, которые понимают, что их субъективное восприятие времени меняется с возрастом, дисконтируют будущие события экспоненциально, и они динамически состоятельны. Наивные агенты, использующие гиперболическое дисконтирование, тоже динамически состоятельны. Автор предупреждает, что по итогам экспериментальных исследований, проведенных одномоментно, можно сделать неверный вывод о присутствии данному индивиду гиперболическом дисконтировании, в то время как подобный вывод оправдан лишь в лонгитюдных исследованиях.

Природу человеческого нетерпения исследуют авторы работы (Levine, Modica, Weinschelbaum, Zurita, 2015). Авторы используют аппарат теории игр, чтобы показать, как такое свойство человеческого характера сформировалось на протяжении эволюции человека. Ими выбрана игра двух агентов, называемая «фермер—шериф». Важно, что игроки разных типов дисконтируют выигрыши с различающимися дисконт-факторами. В этой игре континуум игроков состоит из фермеров и шерифов, их доли в популяции известны. В каждом раунде игры происходит случайное

формирование пар и агентов этих групп. Кроме того, фермеры, оставшиеся без партнера по игре, на протяжении первого из двух периодов инвестируют и потребляют, а во втором периоде производят, используя сделанную инвестицию. Шерифы вне игры потребляют единицу запасов. Каждая игра двух лиц продолжается три периода: в первом периоде шериф узнает дисконт-фактор фермера, инвестирует, потребляет и формирует запрос к фермеру на часть урожая (налог), в этом же периоде фермер видит запрос шерифа, принимает решение, сколько он ему заплатит, инвестирует и потребляет. Во втором периоде игры фермер производит и выплачивает налог, все, что осталось, он потребляет. В третьем периоде, если налог уплачен в требуемом объеме, ничего не происходит, если же шериф видит недоплату, то он штрафует фермера.

Шериф наблюдает дисконт-фактор фермера еще в периоде своего инвестирования. Авторы отмечают, что в ходе эволюции нетерпение фермера оценивается шерифом достоверно. Не нужно считать, что эволюционно будут в выигрыше наиболее нетерпеливые фермеры. Дело в том, что сильное нетерпение приводит к повышенному потреблению и снижению выпуска. Игра напоминает модель хищник–жертва, но шериф забирает часть урожая, не зависящую от выпуска фермера, хищнический характер шерифа проявляется за счет штрафования. Фермер должен решить, соглашаться ли ему или нет на требование шерифа. Если фермер не соглашается, то он будет оштрафован. Шерифу, наоборот, быть терпеливым выгодно — терпение приводит к повышенному размеру штрафа. Эволюционно шерифы становятся терпеливее. Так как наказание отложено, то нетерпеливый фермер готов отказать шерифу, и если шериф это заранее знает, то он уменьшит размер штрафа. Как отмечают авторы, игра напоминает ситуацию, когда одна из сторон обладает возможностью наказывать другую, то эта сторона постарается использовать по максимуму свои возможности, не обращая внимания на потерю эффективности.

Эволюционный успех выражается в росте доли агентов данного типа. Динамическое уравнение, определяющее эту долю, вполне традиционно для таких задач, оно известно в литературе под названием «*репликаторная динамика*». Изменение доли в единицу времени пропорционально этой доле и разности между текущим значением приспособляемости и некоторым средним значением приспособляемости (*fitness*). Под приспособляемостью понимается выигрыш агента за все три периода игры с учетом дисконтирования. Сами же предпочтения агентов входят в модель лишь в качестве дисконт-факторов.

Подытожим основные результаты рассмотренной работы. Во-первых, в ней показано, что в ходе эволюции шерифы становятся более терпеливыми, другими словами, производная выигрыша шерифа по его дисконт-фактору положительна. Это приводит к стационарному состоянию, в котором дисконт-фактор шерифов равен единице. Что же касается фермеров, то в стационарном состоянии их дисконт-факторы сгруппированы вокруг некоторого предельного значения $\delta < 1$. Авторы определяют шерифов как рентоприобретателей. В отличие от шерифов, фермеры получают свой излишек за счет производства. Смысл исследования состоит в том, чтобы показать: хотя менее терпеливые фермеры меньше инвестируют в производство, и казалось бы, менее успешны в долгосрочном периоде, но они меньше опасаются наказания со стороны шерифов, тем самым эволюция и нетерпение фермеров вполне совместимы, и положительной стороной этой эволюции является снижение инвестирования шерифов в наказание. Терпеливые же фермеры слишком опасаются возмездия со стороны шерифов. Анализ эффективности наблюдаемых стационарных состояний показывает, что предельная доля

фермеров слишком высока, и если бы соотношение фермеров/шерифов было более сбалансированным, то совокупный излишек в равновесии был бы больше.

Другой основополагающей работой, прослеживающей эволюционное происхождение временных предпочтений, является (Robson, Szentes, Iantchev, 2012). В статье исследуется возникновение межвременных предпочтений в ходе биологической эволюции индивидов. В отличие от ранней работы одного из авторов (Робсона), в которой дисконтирование определяется сочетанием двух показателей — рождаемости и смертности, в этой статье делается упор на трансферты от родителей к детям. Такой подход позволяет определить функцию полезности взрослого индивида посредством суммирования дисконтированных значений трансфертов наследникам. Более точно: рассматривая для простоты асексуальное размножение, сопровождающееся простейшей схемой передачи богатства от единственного родителя только что родившемуся ребенку, при этом вероятность выживания возрастает в соответствии с переданным богатством. Тем самым вероятности выживания как родителей, так и детей являются эндогенными. Вектор, описывающий численности взрослых особей разного возраста в момент t , удовлетворяет системе разностных уравнений, фигурирующей в биологии, и содержащей так называемую матрицу Лесли. Характеристическое уравнение на основе матрицы Лесли, правая часть которого подвергнута максимизации при фиксированном собственном значении, определяет в ходе решения задачу динамического программирования по максимизации роста популяции. На основе этого показателя рассчитывается предельная норма межвременного замещения между соседними (по времени) уровнями богатства.

Анализ полученных выражений позволяет сделать вывод: молодые родители более нетерпеливы, чем пожилые. Возраст наибольшей продуктивности, позволяющий делать трансферты детям, как вытекает из формул, приводит к высокому уровню нетерпения. Авторы приводят пример из истории человечества, когда охотники-собиратели были наиболее успешны в возрастном диапазоне 15–45 лет. Индивиды старше проигрывали молодым как с точки зрения продуктивности, так и с точки зрения воспроизводства, и, соответственно, их норма межвременных предпочтений снижалась.

Эволюции рискофобии посвящена работа (Zhang, Brennan, Lo, 2014). В этой работе авторы, используя модель бинарного выбора, показывают, что на формирование риск-нейтральности, или рискофобии влияет тип репродуктивного риска: в случае систематического (то есть некоррелированного между агентами данной популяции) формируется риск-нейтральность; если репродуктивный риск идиосинкратический (коррелированный между особями), то формируется рискофобия. Анализируется численность потомства, иными словами, плодовитость. Численность потомства зависит от выбора поведения родителя (в модели нет понятия пола, индивиды подобно бактериям воспроизводятся асексуально). Бинарность означает, что возможны два противоположных выбора. При первом выборе потомство формируется согласно вероятностному распределению одинаково для всех индивидов и для всех периодов, что обуславливает (моделирует) систематический риск. При втором выборе плодовитость определяется специфично для индивида данного типа и для данного периода (моделирование идиосинкратического риска). На самом же деле выбор родителя является выпуклой комбинацией этих двух выборов. Авторы полагают, что потомство в каждом периоде делает выбор, совпадающий с выбором родителей. В стационарном состоянии авторы могут воссоздать функцию полезности индивида данного типа. Если индивид на протяжении всех поколений имеет дело только с систематическим

риском, то его элементарная функция полезности является логарифмической. Если же, напротив, на протяжении поколений индивид и его потомки сталкиваются только с идиосинкратическим риском, то функция полезности линейна. В промежуточных случаях функцию полезности невозможно отнести к одному из этих двух типов. Стохастические свойства окружающей среды формируют тип агента. Авторы полагают, что им удалось описать эволюцию предпочтений, отвечающих за отношение к риску, используя всего лишь примитивную модель. Они высказывают предположение, что их результаты могут быть применимы к финансовой экономике и управлению. По сравнению с широко используемой моделью САРМ, предполагающей неизменность предпочтений, модель авторов — динамическая и допускает изменчивость отношения к риску в зависимости от среды. Тем самым серьезные финансовые шоки могут привести к большей рискофобии со временем. С институциональной точки зрения их исследование показывает важность использования инструментов, таких как страхование, совершенствование рынков капитала, чтобы снизить риски для агентов. Но опасна другая крайность, когда государственное зарегулирование рынков приводит к росту систематического риска.

Кратко рассмотрим еще две работы. Прежде всего, это работа А. Робсона (Robson, 2002), в которой в рамках модели «принципал–агент» рассматривается воздействие окружающей среды на формирование предпочтений людей на большом временном горизонте, насчитывающем тысячи лет. На конкретных примерах из эволюционной биологии автор показывает, как переход от примитивных сообществ охотников и собирателей к земледельческим племенам влияет на временные предпочтения индивидов, а также на их отношение к риску.

В работе (Poulsen, Poulsen, 2006) эволюция предпочтений происходит под воздействием институтов. Эффект воздействия создается прежде всего системой вознаграждений материального и морального характера. Если среди предпочтений есть такие, усиление которых институтами благотворно для индивидов, то эти предпочтения закрепляются, другие отмирают. Этот процесс происходит во времени и передается из поколения в поколение. Авторы рассматривают игровую модель на основе «дилеммы заключенных» и получают предельное распределение предпочтений. Условно разделяя типы поведения индивидов на материалистов, альтруистов и ресипрокаторов (последние ведут себя согласно библейскому «око за око...»), авторы показывают, как под воздействием институтов происходит эволюционное вытеснение одних типов и закрепление других.

Нами рассмотрены лишь некоторые из работ по эволюции предпочтений, но это неслучайный подбор публикаций. Хочется верить, что представленный обзор позволит составить впечатление о данной проблематике современной микроэкономической теории.

Источники

Alger I., Weibull J. Kinship, Incentives, and Evolution // *American Economic Review*. 2010. Vol. 100. № 4. P. 1725–1758.

Alger I., Weibull W. M. Homo Moralis — Preference Evolution Under Incomplete Information and Assortive Matching // *Econometrica*. 2013. Vol. 81. № 6. P. 2269–2302.

Alos-Ferrer C. Comment. Adaptive Preferences and Institutional Stability // *Journal of Institutional and Theoretical Economics*. 2014. Vol. 170. Iss. 1. P. 37–42.

Bergstrom N. C. On the Evolution of Altruistic Ethical Rules for Siblings // *American Economic Review*. 1995. Vol. 85. Iss. 1. P. 58–81.

Bergstrom T. C. The Algebra of Assortative Encounters and the Evolution of Cooperation // *International Game Theory*. 2003. Vol. 5. Iss. 3. P. 1–18.

- Dekel E., Ely J. C., Yilankaya O. Evolution of Preferences // *The Review of Economic Studies*. Vol. 74. Iss. 3. P. 685–704.
- Fershtman C., Heifetz A. Read My Lips, Watch for Leaps: Preference Equilibrium and Political Instability // *The Economic Journal*. 2006. Vol. 116. P. 246–265.
- Guth W. Incomplete Information about Reciprocal Incentives: an Evolutionary Approach to Explaining Cooperative Behavior // *International Journal of Game Theory*. 1995. Vol. 24. P. 323–344.
- Guth W., Kliemt H. The Indirect Evolutionary Approach: Bridging the Gap between Rationality and Adaptation // *Rationality and Society*. 1998. Vol. 10. Iss. 3. P. 377–399.
- Guth W., Yaari M. Explaining Reciprocal Behavior in Simple Strategic Games: An Evolutionary Approach // In *Explaining Process and Change: Approaches in Evolutionary Economics*. 1992. P. 23–34.
- Guttman J. M. Repeated Interaction and the Evolution of Preferences for Reciprocity // *The Economic Journal*. 2003. Vol. 113. P. 631–656.
- Hamilton W. D. The Genetic Evolution of Social Behavior // *Journal of Theoretical Biology*. Vol. 7. Iss. 1. P. 1–52.
- Heifetz A., Shannon C., Spiegel Y. The Dynamic Evolution of Preferences // *Economic Theory*. 2007. 32. P. 251–286.
- Herold F. Carrot or Stick? The Evolution of Reciprocal Preferences in a Haystack Model // *American Economic Review*. 2012. Vol. 102. Iss. 2. P. 914–940.
- Lehmann L., Alger I., Weibull J. Does Evolution Lead to Maximizing Behavior? // *Evolution*. 2015. Vol. 69. Iss. 7. P. 1858–1873.
- Leininger W. Evolutionary Stable Preferences in Contests // *Public Choice*. 2009. Vol. 140. P. 341–356.
- Lemoine D. Age-induced Acceleration of Time: Implications for Intertemporal Choice // *Journal of Economic Behavior and Organization*. 2018. Vol. 153. P. 143–152.
- Levine D. K., Modica S., Zurita F. Evolution of Impatience: The Example of the Farmer–Sheriff Game // *American Economic Journal: Microeconomics*. 2015. Vol. 7. Iss. 3. P. 295–317.
- Poulsen A., Poulsen O. Endogenous Preferences and Social-Dilemma Institutions // *Journal of Institutional and Theoretical Economics*. 2006. Vol. 162. Iss. 4. P. 627–660.
- Robson A. J. Evolution and Human Nature // *The Journal of Economic Perspectives*. 2002. Vol. 16. Iss. 2. P. 89–106.
- Robson A. J., Szentes B., Iantchev E. The Evolutionary Basis of Time Preference: Intergenerational Transfers and Sex // *American Economic Journal: Microeconomics*. 2012. Vol. 4. Iss. 4. P. 172–201.
- Von Weizsäcker C. C. Adaptive Preferences and Institutional Stability // *Journal of Institutional and Theoretical Economics*. 2014. Vol. 170. Iss. 1. P. 27–36.
- Weibull J. W. *Evolutionary Game Theory*. Cambridge, 1995.
- Zhang R., Brennan T. J., Lo A. W. The Origin of risk Aversion // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2014. Vol. 111. Iss. 50. P. 17777–17782.

References

- Alger I., Weibull J. Kinship, Incentives, and Evolution. *American Economic Review*, 2010, vol. 100. № 4, pp. 1725–1758.
- Alger I., Weibull W. M. Homo Moralís — Preference Evolution Under Incomplete Information and Assortive Matching. *Econometrica*, 2013, vol. 81. N 6, pp. 2269–2302.
- Alos-Ferrer C. Comment. Adaptive Preferences and Institutional Stability. *Journal of Institutional and Theoretical Economics*, 2014, vol. 170, iss. 1, pp. 37–42.
- Bergstrom N. C. On the Evolution of Altruistic Ethical Rules for Siblings. *American Economic Review*, 1995, vol. 85, iss. 1, pp. 58–81.
- Bergstrom T. C. The Algebra of Assortative Encounters and the Evolution of Cooperation. *International Game Theory*, 2003, vol. 5, iss. 3, pp. 1–18.
- Dekel E., Ely J. C., Yilankaya O. Evolution of Preferences. *The Review of Economic Studies*, vol. 74, iss. 3, pp. 685–704.
- Fershtman C., Heifetz A. Read My Lips, Watch for Leaps: Preference Equilibrium and Political Instability. *The Economic Journal*, 2006, vol. 116, pp. 246–265.
- Guth W. Incomplete Information about Reciprocal Incentives: an Evolutionary Approach to Explaining Cooperative Behavior. *International Journal of Game Theory*, 1995, vol. 24, pp. 323–344.
- Guth W. Kliemt H. The Indirect Evolutionary Approach: Bridging the Gap between Rationality and Adaptation. *Rationality and Society*, 1998, vol. 10, iss. 3, pp. 377–399.
- Guth W. Yaari M. Explaining Reciprocal Behavior in Simple Strategic Games: An Evolutionary Approach. In *Explaining Process and Change: Approaches in Evolutionary Economics*, 1992, pp. 23–34.

- Guttman J. M. Repeated Interaction and the Evolution of Preferences for Reciprocity. *The Economic Journal*, 2003, vol. 113, pp. 631–656.
- Hamilton W. D. The Genetic Evolution of Social Behavior. *Journal of Theoretical Biology*, vol. 7, iss. 1, pp. 1–52.
- Heifetz A., Shannon C., Spiegel Y. The Dynamic Evolution of Preferences. *Economic Theory*, 2007. 32, pp. 251–286.
- Herold F. Carrot or Stick? The Evolution of Reciprocal Preferences in a Haystack Model. *American Economic Review*, 2012, vol. 102, iss. 2, pp. 914–940.
- Lehmann L. Alger I. Weibull J. Does Evolution Lead to Maximizing Behavior? *Evolution*, 2015, vol. 69, iss. 7, pp. 1858–1873.
- Leininger W. Evolutionary Stable Preferences in Contests. *Public Choice*, 2009, vol. 140, pp. 341–356.
- Lemoine D. Age-induced Acceleration of Time: Implications for Intertemporal Choice. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 2018, vol. 153, pp. 143–152.
- Levine D. K., Modica S. Zurita F. Evolution of Impatience: The Example of the Farmer–Sheriff Game. *American Economic Journal: Microeconomics*, 2015, vol. 7, iss. 3, pp. 295–317.
- Poulsen A. Poulsen O. Endogenous Preferences and Social–Dilemma Institutions. *Journal of Institutional and Theoretical Economics*, 2006, vol. 162, iss. 4, pp. 627–660.
- Robson A. J. Evolution and Human Nature. *The Journal of Economic Perspectives*, 2002, vol. 16, iss. 2, pp. 89–106.
- Robson A. J., Szentes B., Iantchev E. The Evolutionary Basis of Time Preference: Intergenerational Transfers and Sex. *American Economic Journal: Microeconomics*, 2012, vol. 4, iss. 4, pp. 172–201.
- Von Weizsacker C. C. Adaptive Preferences and Institutional Stability. *Journal of Institutional and Theoretical Economics*, 2014, vol. 170, iss. 1, pp. 27–36.
- Weibull J. W. *Evolutionary Game Theory*. Cambridge, 1995.
- Zhang R., Brennan T. J., Lo A. W. The origin of risk aversion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2014, vol. 111, iss. 50, pp. 17777–17782.