

УДК 336.77.067.32, 336.77.067.22, 330.113.2

Старобогатов Ростислав Олегович,

кандидат физико-математических наук, доцент,

Санкт-Петербургский государственный инженерно-экономический
университет;

e-mail: rstarobogatov@gmail.com

Квантовые стратегии предотвращения финансово-экономических кризисов

Аннотация. Последний финансово – экономический кризис продемонстрировал долгосрочные дисфункциональные последствия агрессивного поведения экономических агентов на финансовых рынках. Тем не менее, эволюционная теория игр предсказывает, что при условии стратегической зависимости определённый уровень агрессивного поведения остаётся в пределах данной популяции экономических агентов. Однако хотелось бы изменить «правила игры» таким образом, чтобы предотвратить распространение любого агрессивного поведения и, тем самым, опасность обвала рынка. Путём расширения при помощи квантового подхода известной в литературе эволюционной игры «соколы-голуби», можно показать, что в зависимости от степени запутанности могут возникнуть стабильные эволюционные стратегии, которые не предусматриваются классической эволюционной теорией игр, и в которых общее экономическое население использует неагрессивную квантовую стратегию.

Ключевые слова: финансы, рынок, квант, эволюция, стабильность, стратегии, теория игр, экономика, кредит, риск, запутанность.

Starobogatov Rostislav Olegovich,

docent of chair «the ecology management»,

Saint Petersburg State University of Engineering and Economics;

e-mail: rstarobogatov@gmail.com

Экономические изменения часто сравнивают с биологическим эволюционным процессом [2, 3, 6]. В частности благодаря применению эволюционной теории игр, происхождение которой лежит в области биологии [15, 16], эволюционные концепции используются в экономической и организационной теории. Одной из основных тем в данном эволюционном исследовании является выявление оптимальности агрессивного поведения по сравнению с неагрессивным или согласованным поведением ([1]). В экономическом контексте понятие агрессивного поведения может пониматься как рассчитанное на краткий срок увеличение исключительно индивидуальной полезности, в то время как согласованное поведение включает в себя ориентированное на более долгий срок увеличение как индивидуальной, так и групповой полезности. Возможное положительное влияние вышеупомянутого агрессивного поведения на экономическое благосостояние обсуждается с первых дней существования экономики [14]: идея заключается в том, что если каждый индивид будет стремиться максимизировать собственную полезность, не заботясь о полезности других, то общее благосостояние так же будет максимальным. Одним из инструментов для анализа долгосрочных последствий этого предположения является эволюционная теория игр. По аналогии с классической теорией игр она применяет концепцию стратегической зависимости агентов в экономическом контексте. В такой ситуации ожидаемая полезность одного агента зависит от решений, принимаемых другими агентами. Эволюционная теория игр обеспечивает равновесие, при котором соотношение агрессивных и неагрессивных агентов является стабильным и зависит от ожидаемой прибыли или потери полезности, вызванной решениями агентов. Например, если ожидаемые потери для двух встречных агентов, ведущих себя агрессивно, высоки, то большинство членов экономического населения, но не все из них, будет вести себя неагрессивно и сотрудничать ([11]). Тем не менее, даже в ситуациях, в которых ожидаются серьёзные потери при встрече двух агрессивных агентов, экономическое население всегда будет содержать определённый уровень агрессивных агентов. В экономической действительности именно этот аспект можно наблюдать на примере недавнего финансового кризиса: каждый участник финансовых операций знал, что наличие крайне рискованных финансовых продуктов может привести к увеличению риска всего портфеля рынка и тем самым увеличить вероятность биржевого краха в результате огромных потерь. Тем не менее, некоторые участники продолжали продажу и покупку этих продуктов, чтобы максимизировать собственную краткосрочную выгоду в результате высоких премий с продаж и начисления процентов на капитал. Очевидно, что эти

лица следовали агрессивной стратегии. Однако, такое поведение, в результате которого может возникнуть финансовый кризис, может привести к серьёзным проблемам для всего экономического населения. Таким образом, возникает вопрос, есть ли возможность изменить правила игры так, чтобы защитить население от этих серьёзных проблем, препятствуя возникновению агрессивного поведения. Ответ классической теории эволюционных игр должен быть уточнен с учетом квантовых стратегий. Обсуждение квантовых игр началось с работ [4, 9]. Анализ игры с подбрасыванием монетки показал, что игрок, выбравший квантовую стратегию, будет всегда побеждать, а на «дилемме заключённого» удалось продемонстрировать, что игроки могли избежать этой дилеммы, если запутанность волновой функции заключённых была выше определённого уровня. Позже было опубликовано ещё несколько статей о квантовых играх и применено сочетание подходов как квантовых, так и эволюционных игр [5, 7, 10]. Исследуют и практические применения этого типа игр [18,19]. Результаты показывают, что в зависимости от запутанности могут возникнуть эволюционно стабильные стратегии (ЭСС), которые не предусматриваются классической эволюционной теорией игр: анализ показывает существование новой, эволюционно стабильной стратегии, в которой общее экономическое население использует неагрессивную стратегию. В данном контексте запутанность интерпретируется как объективное влияние социально-экономических факторов, в то время как применение квантовой стратегии показывает, в какой степени производители учитывают эти факторы, принимая решения. Такая интерпретация позволяет выяснить последствия и показывает связь нашего исследования с другими теоретическими анализами игр, которые так же подчёркивают важность социально-экономических условий для результатов игр. Финансовые кризисы в целом и в особенности последний из них берут своё начало в высоко спекулятивном поведении участников рынка. В нашем анализе мы концентрируем наше внимание на конкретной группе участников рынка, которая сыграла важную роль в последнем кризисе: создатели и продавцы инвестиционных бумаг с различными степенями риска. Роль их заключалась в следующем: кризис особенно проявился на рынке жилья в США. Исходя из идеи непрерывного роста цен на недвижимость, кредиты предоставлялись заёмщикам, которые на самом деле не могли позволить себе покупку дома. Но в виду растущих цен на жильё, предоставлять кредиты таким людям казалось рациональным, так как они были подкреплены дорожающей недвижимостью. Тем не менее, эти кредиты не остались в ипотечном кредитовании, а были включены в портфели вместе с кредитами клиентов более высокой платежеспособности. Эти портфели

затем были проданы в другие банки в качестве инвестиционных продуктов. Идея этих продуктов заключается в распределении рисков среди банков. Более того, документы повышенного риска обещают более высокую доходность, что делает их привлекательными для спекулятивных целей. Банки-покупатели часто разделяют кредиты и вновь объединяют их с другими, чтобы продать вновь получившиеся портфели. Эти процессы повторялись несколько раз. Пока, наконец, кредитные риски не были распространены по всему миру. Однако, после того как цены на жильё стали падать, эти кредиты в портфелях, став проблемными, начали приносить убытки. Но, так как кредиты были перестрахованы по всему миру, стало неясно, где риски максимальны и какой банк следующим пострадает от финансового беспорядка. В результате банки перестали предоставлять друг другу кредиты, чтобы предотвратить их невыплату. Этот кризис доверия привёл к серьёзным экономическим проблемам, так как не только у банков, но и у других фирм возникли проблемы с получением кредитов для продолжения их бизнеса. Таким образом, одним из важнейших оснований для кризиса был вышеупомянутый спекулятивный инвестиционный продукт. Описанные портфели имели значительную степень сложности. В сочетании с непрерывным распределением рисков между инвесторами, начало кризиса было лишь вопросом времени. Однако, не смотря на то, что это можно было предвидеть, действия с этими инвестиционными продуктами продолжались. Этот сценарий может быть перенесён на модель, пригодную для эволюционной теории игр, следующим образом: в соответствии с классической моделью игры «Соколы-Голуби» необходимо рассматривать два типа агентов. Голуби следуют неагрессивной стратегии. В контексте финансовой ситуации это инвестиционные банкиры, которые строят инвестиционные продукты достаточно низкого уровня риска и умеренной ожидаемой доходности. Эти продукты приводят к умеренному проценту для продавца, но не имеют долгосрочного негативного влияния на риск рынка в целом. Кроме того, продавая свои продукты инвесторам, голуби осуществляют продажу на своих условиях и не пытаются заключить сделку всеми средствами, например, обещая нереальную прибыль или скрывая серьёзный риск инвестиционного продукта. В отличие от этого, соколы следуют агрессивной стратегии. Они представляют собой тех инвестиционных банкиров, которые специализируются на весьма рискованной продукции с высокой ожидаемой доходностью. Такие банкиры ведут себя агрессивно, чтобы продавать свою продукцию, что может в конечном итоге привести к появлению инвестиционных конструкций, содержащих дестабилизирующий потенциал для финансовых рынков. Оба

типа агентов «сражаются» за круг нейтральных к риску инвесторов. В целях упрощения мы предполагаем, что за одного инвестора всегда сражаются только два агента. Оба агента могут быть голубями, соколами, либо один из агентов - голубь, а другой – сокол. Если голубь и сокол сражаются за инвестора, то сокол победит, так как он может предложить продукт с более высокой ожидаемой прибылью. Если встречаются два голубя, инвестор разделит вложение в равной степени, так как предполагается, что оба предлагают ему равные условия. Если встречаются два сокола, то произойдёт то же самое, так как опять же агенты предлагают одинаковый инвестиционный продукт. Тем не менее, выигрыши игроков различаются во всех трёх случаях и состоят из двух частей. Первой частью является процент с продажи. Он зависит от ожидаемой прибыли с продажи инвестиционного продукта. В первом случае голубь ничего не получит, так как не смог продать продукт, в то время как «сокол» получает высокий процент p_h . Во втором случае оба «голубя» получают половину невысокого процента p_m , так как объём инвестиций делится между ними двумя. В последнем случае соколы получают половину высокого процента, так как опять же инвестиции разделены между ними поровну. Вторая часть включает себя скидку, которая является результатом борьбы двух игроков за одного инвестора. В первом случае встречаются агрессивный и неагрессивный банкиры. Никакой борьбы не состоится, так как неагрессивный банкир остаётся со своими условиями, а инвестор предпочитает продукт с более высокой ожидаемой доходностью. Таким образом, агрессивный банкир не имеет никаких оснований начинать борьбу, так как он может продать свой продукт. Во втором случае борьба так же не будет наблюдаться, потому что банкиры остаются со своими условиями и инвестор просто делит сумму вложения. Следовательно, в этих случаях скидок не будет. Однако, при встрече двух агрессивных банкиров, каждый из них попытается получить всю сумму инвестиций и начнёт борьбу за это. С одной стороны это может привести к снижению отпускных цен. С другой стороны это приведет к возникновению продуктов, которые предлагают ещё более высокую ожидаемую прибыль, но несут очень высокие, частично скрытые риски. Эти эффекты суммируются в скидку. Таким образом, оба агрессивных банкира получают половину высокого процента, из которого вычитается эта скидка. Размер скидки является показателем агрессивности соколов и в то же время показателем опасности продукта из-за возможной встречи двух соколов, которая может привести к краху, обусловленному скрытыми рисками. В классической эволюционной игре для описания временной эволюции повторяющейся версии игры был разработан репликатор динамики[12]. Определяемый системой

дифференциальных уравнений, он описывает, направление временной эволюции популяции. Каждый компонент описывает эволюцию во времени части различных игроков некоторого типа во всём населении. Под игроком определенного типа понимается игрок, использующий определенную стратегию. Вектор популяции должен удовлетворять нормальным условиям единичного вектора. Динамика популяции будет описываться системой дифференциальных уравнений первого порядка известной как репликатор динамики и включающей функции, описывающие степень приспособленности различных типов населения. Для формального описания ограничиваются только двумя стратегиями, что упрощает уравнения. Основным результатом моделирования инвестиционного рынка игрой «соколы-голуби» является то, что в области малых рисков экономическая стратегия населения будет устойчивой, если оно состоит на 86% из «соколов» и 14% «голубей», что соответствует ситуации, при которой риск будущего краха всего инвестиционного рынка будет достаточно низким[17]. В такой ситуации теория предсказывает, что относительное число инвестиционных банкиров, продающих высоко рискованные продукты (стратегия соколов), достаточно велико (86%) и низка доля продавцов, предлагающих продукты с умеренной прибылью и довольно низким риском (14%). Рынок инвестиций имеет средний риск краха, если стабильная доля соколов (инвестиционных банкиров, продающих высоко рискованный продукт) снизится до 56%. Агрессивное поведение приведёт к нестабильности рынка, на котором, очевидно, случится обвал. Игроки такого высоко рискованного рынка выбирают главным образом нерискованную стратегию голубя 34%, но, тем не менее, значительная часть инвестиционных банкиров продают продукты высокой степени риска. В целом, результаты анализа, основанные на эволюционной теории игр, предполагают, что в зависимости от факторов дестабилизации уровень агрессивности агентов изменяется, но даже в случае высокого риска на рынках агрессивное поведение полностью не исчезает. Это именно то, что можно было наблюдать перед финансовым кризисом: несмотря на то, что было очевидно, что риск дестабилизации на рынке инвестиций в течение последних нескольких лет повышался, часть агрессивных агентов не изменила своего поведения. Однако, вместо того, чтобы, в конце концов, прийти в стабильное состояние, рынок рухнул и практически все агрессивные агенты исчезли. Это можно было предотвратить, если бы любое агрессивное поведение было полностью сдержано. В данной статье будет показано, что теоретические разработки квантовой игры «Соколы-Голуби» могут привести к новому результату. На основе подмножества квантовых стратегий голубя будет

показано, что если стратегия всех инвестиционных банкиров находится выше определённого значения, то возможно появление новой эволюционно стабильной квантовой стратегии, ведущей к возникновению множества банкиров, предлагающих исключительно неагрессивные инвестиционные продукты. По сравнению с игрой, в которой присутствует классическое равновесие по Нэшу со смешанной стратегией, новая эволюционно стабильная квантовая стратегия увеличивает выигрыш, если степень запутанности выше определённого значения. Основное различие между классической и квантовой теорией игр состоит в том, что корреляции между индивидуальными квантовыми стратегиями игроков разрешены, если две квантовые стратегии являются сцепленными. Построение квантовой игры начинается с выбора начального состояния и определения возможной запутанности системы двух игроков. Далее ищут возможные квантовые решения (стратегии) игроков различных типов. После того, как оба игрока выбрали свою индивидуальную квантовую стратегию, вводится оператор расцепления (распутывания) для подготовки измерения состояния игроков. Операторы запутывания и распутывания зависят от дополнительного параметра, который измеряет степень запутанности системы. Ожидаемый выигрыш в квантовой версии общей игры двух игроков зависит от матрицы выигрышей и совместной вероятности наблюдать четыре измеряемых величины, являющихся результатами игры. Здесь следует отметить, что квантовое состояние запутанности двух игроков вовсе не означает, что запутались сами игроки (или их мысли). Процесс квантовой декогеренции запрещает такие макроскопические запутанные системы, созданные из микроскопических квантовых частиц [8, 13]. Тем не менее, размышления людей, описанные как квантовые стратегии, могут быть связаны в абстрактном пространстве. Хотя никаких измеримых соответствий между выбранными игроками стратегиями нет, мнимые части их стратегических волновых функций могут взаимодействовать, если их индивидуальные состояния запутаны. В рамках инвестиционного финансового рынка это квантовое явление может рассматриваться как совместный психологический контракт между инвестиционными банкирами, чтобы они привели в соответствие свои стратегии в результате воздействия социально-экономических факторов. Такое приведение в соответствие теперь формулируется как появление сильно запутанной стратегии, заставляющей игроков действовать коллективно. Удобный выбор параметров позволяет всё стратегическое пространство разделить на четыре области. Это полностью классическая область, полностью квантовая область и две квантово-классических области. Вначале анализируют область значений параметров,

при которых возможные квантовые стратегии могут пониматься как квантовые стратегии голубя. Анализ результатов игры с набором параметров высокого риска чётко показывает, что незапутанные квантовые игры описываются классической версией игры «Соколы-Голуби» с высоким риском. В случае, когда оба игрока решают применить квантовую стратегию, их выигрыш равен выигрышу в случае, в котором оба игрока выбирают классическую стратегию голубя. Общая классическая область стабильных стратегий остается прежней с увеличением запутанности, тогда как структура существующей эволюционно стабильной стратегии превращается в новую квантовую с наибольшим выигрышем. Оценки показывают, что полностью сцепленные квантовые игроки, скорее всего, асимптотически сойдутся в новой, доминирующей по выигрышу квантовой эволюционно стабильной стратегии, так как выигрыш новой квантовой эволюционно стабильной стратегии выше, чем выигрыш соответствующей классической эволюционно стабильной стратегии. Так как наблюдаемое измерение выбора стратегии является набором стратегий, где оба игрока играют стратегию голубя, полностью сцепленные квантовые игроки закончат в суммарном населении со стратегией голубя. В предыдущем подразделе множество возможных стратегий принадлежало подмножеству квантовых стратегий голубя, а результаты, представленные в этом пункте, были рассчитаны с использованием подмножества квантовых стратегий сокола. Незапутанные квантовые стратегии просто описывают классические версии игр с низким и высоким риском. Для случая, когда оба игрока решают использовать квантовую стратегию, их выигрыш является самым низким в игре, так же как и в случае, когда оба игрока выбирают стратегию сокола. Если оба игрока выберут квантовую стратегию в максимально запутанной игре высокого риска, их выигрыш будет невозможно низок, что, очевидно, характеризует стратегии сокола. Подчеркнём, что с одной стороны в квантовой версии игры «Соколы-Голуби» с высокой запутанностью появляется новая эволюционно стабильная стратегия. С другой стороны результаты показывают, что если оба игрока используют квантовую стратегию сокола и увеличивают квантовый показатель стратегии, то после преодоления некоторой критической области их выигрыш неожиданно резко уменьшается, что приводит к дестабилизации рынка. В рамках подмножества квантовых стратегий голубя существуют два симметричных равновесия Нэша, а значит две потенциально эволюционно стабильных стратегии (ЭСС). В рамках подмножества квантовых стратегий сокола существует только одно симметричное равновесие Нэша и классическая ЭСС. Три остальных случая представляют чистые несимметричные равновесия Нэша. Классическое

равновесие Нэша со смешанной стратегией, остаётся в силе с эволюционно стабильной стратегией независимо от степени запутанности.

Оптимальность квантовой эволюционной стабильной стратегии.

Какая из эволюционно стабильных стратегий будет в конечном итоге выбрана экономическим населением, очевидно, будет зависеть от начальных условий и лежащей в основе квантовой динамики. Последний финансово-экономический кризис показал дисфункциональные долгосрочные последствия агрессивного поведения на финансовых рынках. Исходя из этого наблюдения, рассмотрение результатов эволюционной теории игр утверждающих, что при условии стратегической зависимости определённый уровень агрессивного поведения остаётся в рамках данной популяции экономических агентов порождает вопрос: возможно ли предотвратить возможность возникновения любого агрессивного поведения и тем самым опасность падения рынка. Чтобы ответить на этот вопрос можно расширить известную эволюционную игру «соколы-голуби» с помощью квантового подхода и проанализировать три возможных сценария. Результаты исследований приводят к выводу, что в зависимости от степени запутанности экономических агентов могут возникнуть эволюционно стабильные стратегии, которые не предусматриваются классической эволюционной теорией игр и в которых общее экономическое население использует неагрессивные квантовые стратегии. Таким образом, полученные результаты могут помочь предотвратить будущий возможный крах рынка.

Список литературы

1. Axelrod R. The complexity of cooperation: Agent-based models of conflict and cooperation. Princeton: The Princeton University Press, 1997.
2. K. Dopfer. Evolutionary economics: program and scope. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001.
3. Dosi G., Nelson R. R. An introduction to evolutionary theories in economics// Journal of Evolutionary Economics. 1994. V. 4, № 2. P. 153–172.
4. <http://arxiv.org/abs/quant-ph/9806088> дата обращения 18.10.11
5. <http://arxiv.org/abs/quant-ph/0510238v7> дата обращения 20.10.11
6. Hodgson G. M. Economics and Evolution: Bringing Life back into Economics. Ann Arbor: The University of Michigan Press, 1993.

7. <http://arxiv.org/abs/quant-ph/0106135v2> дата обращения 21.10.11
8. Joos E. Decoherence and the Appearance of a Classical World in Quantum Theory. Berlin: Springer, 2003.
9. <http://arxiv.org/abs/quant-ph/9804010> дата обращения 22.10.11
10. <http://arxiv.org/abs/quant-ph/0108075v2> дата обращения 24.10.11
11. M. J. Osborne and A. Rubinstein. A course in game theory. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1994.
12. Васин А.А., Морозов В.В. Теория игр и модели математической экономики. М.: Макс пресс, 2005.
13. <http://arxiv.org/abs/quant-ph/0312059v4> дата обращения 12.11.11
14. Smith A. An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations. Oxford: Oxford University Press, 1993.
15. Smith J. M. Game theory and the evolution of fighting// On Evolution. Edinburgh: Edinburgh University Press. 1972. P. 8–28.
16. Smith J. M. Evolution and the Theory of Games. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.
17. <http://arxiv.org/abs/0904.2113v1> дата обращения 06.04.12
18. <http://arxiv.org/abs/0810.5332v2> дата обращения 07.04.12
19. <http://arxiv.org/abs/quant-ph/0104006> дата обращения 11.04.12