

ЗЕЛЕНОЕ ФИНАНСИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ЕГО УЧАСТНИКОВ

Олег Игоревич КЛЮЧНИКОВ¹, к.э.н, доцент

¹Кафедра банковского бизнеса и инновационных финансовых технологий,
Автономная некоммерческая организация высшего образования «Международный
банковский институт» имени Анатолия Собчака, Санкт-Петербург, Россия
Адрес для корреспонденции: О.И. Ключников, 191011, Невский пр., 60, Санкт-Петербург,
Россия

Т.: +79219549889. E-mail: okey003@mail.ru

Аннотация

Предлагается трехагентная модель поведения участников зеленого финансирования. Путем моделирования поведения основных участников анализируется механизм адаптации системы и агентов к внутреннему и внешнему давлению с целью сохранения их функциональности и повышения производительности и эффективности зеленого финансирования.

В работе объединяются две проблемы: характер взаимоотношений в сфере зеленых финансов на примере зеленых облигаций и локальных агентных моделей. Для этого уточняется понятие «зеленые финансы» и анализируется поведение участников зеленого финансирования. Агентно-ориентированная модель позволяет анализировать реалистичную картину поведения агентов, преследующих рациональные цели с учетом текущего поведения и субъективных ожиданий. Такое поведение в статье определяется как «мягкая» рациональность, которая отличается от традиционной рациональности, соответствующей гипотезе эффективного рынка, и иррационального поведения, соответствующего поведенческим финансам.

Ключевые слова

Зеленое финансирование, пандемия, трехагентная модель.

GREEN FINANCE AND MODELING THE BEHAVIOR OF ITS PARTICIPANTS

Oleg Igorevich KLIUCHNIKOV¹, PhD, Associate professor

¹Department of Banking Business and Innovative Financial Technologies, Autonomous non-profit organization of higher education «International Banking Institute named after Anatoliy Sobchak», Saint Petersburg, Russia

Address for correspondence:

O. I. Kliuchnikov, 60 Nevsky Ave., 191011, Saint Petersburg, Russia

T.: +79219549889. E-mail: okey003@mail.ru

Abstract

A three-agent model of behavior of participants of green financing is proposed. By modeling the behavior of the main participants, the mechanism of adaptation of the system and agents to internal and external pressure is analyzed in order to preserve their functionality and increase the productivity and efficiency of green financing.

The paper combines two problems: the nature of relations in the field of green finance on the example of green bonds and local agent models. To do this, the concept of green finance is clarified and the behavior of participants in green finance is analyzed. The agent-based model allows you to analyze a realistic picture of the behavior of agents pursuing rational goals, taking into account current behavior and subjective expectations. This behavior is defined in the article as «soft» rationality, which differs from traditional rationality, corresponding to the efficient market hypothesis, and irrational behavior, corresponding to behavioral finance.

Keywords

Green finance and modeling the behavior of its participants.

Введение

Эпидемии используют слабые места обществ, в которых они вспыхивают, и проверяют хозяйство на устойчивость и прочность. В этом плане не исключением является вспышка COVID-19. Разрозненные подходы правительств к управлению рисками не в состоянии справиться с глобальным кризисом, с каскадными крупномасштабными медицинскими, экономическими и социальными последствиями. Неподготовленность общества относится не только к борьбе с пандемиями, но и к предотвращению необратимых последствий изменения климата и природных катастроф. Зеленое финансирование может выступать в качестве ведущих механизмов решения проблем восстановления экономики способами, которые помогают не только снизить риски и уязвимость экономики и общества от нежелательных внешних воздействий, но и сократить выбросы, вызывающие изменение климата и увеличивающие неопределенности, а также смягчить негативные последствия будущих пандемий.

Анализ поведения участников зеленого финансирования позволяет настроить их на эффективное постпандемическое восстановление хозяйства в соответствии с задачами Парижского соглашения по сокращению выбросов углекислого газа (2015 г.). Агентно-ориентированные модели (АОМ) предоставляют необходимый аналитический аппарат для симулирования поведения и разработки сценариев.

Моделирование зеленых финансов проводится для различных целей, например, для анализа спроса и предложения на зеленые финансовые продукты, взаимодействия рыночных участников. Моделирование спроса и предложения позволят раскрыть условия рыночного равновесия, определить справедливые цены, установить механизмы обновления информации.

Моделирование взаимодействий участников раскрывает их интересы, объясняет поведение и позволяет определить полезность взаимодействий и роль каждого участника в ее формировании.

Полезность определяется посредством создания нового ценного опыта, который трудно воспроизвести. Тем не менее в каждом конкретном случае его результаты вполне осязаемы. В частности, они могут представлять собой взаимодействие разных сторон для подготовки выпуска зеленых облигаций.

Цель статьи двойная. Во-первых, рассмотреть некоторые набирающие популярность подходы моделирования финансовых процессов на примере зеленых финансов и проследить их реакцию на климатические угрозы и пандемии. Во-вторых, предложить новые сферы использования трехагентной модели – провести с ее помощью анализ поведения участников подготовки выпуска зеленых облигаций. Построение трехагентной модели участников подготовки эмиссионного проспекта позволяет перейти к прогнозированию эволюционного поведения зеленых эмитентов и других участников зеленого рынка, определить переменные модели, рассмотреть подходы к определению устойчивого состояния системы.

Наряду с разработкой АОМ в статье выдвигаются и развиваются следующие положения:

- 1) связи между понятиями зеленая финансовая политика и зеленая экономика, в частности, зеленое финансирование (причина) рассматривается как способ построения зеленой экономики (следствие);
- 2) определяется, что односторонний подход к постпандемическому восстановлению хозяйства с игнорированием экологических проблем может иметь неблагоприятные последствия для окружающей среды и здоровья;
- 3) изменения в поведении людей, компаний, правительств и инвесторов под влиянием современной пандемии окажут существенное воздействие на состояние зеленого финансирования. Для анализа взаимоотношений между основными участниками финансирования экологических проектов и анализа их поведения выполняются симуляции с использованием трехагентной модели.

Гипотеза: зеленые финансовые посредники могут работать в партнерстве, предлагать совместные ценностные предложения, создавать многоканальные и многовариантные распределительные сети и получать прибыль от диверсифицированных и общих потоков доходов. В результате участники имеют больше заинтересованных сторон, становятся более сложными и трудными для понимания и взаимодействия. Если выдвинутое предположение верно, то можно утверждать, что существующих концепций и инструментов управления может быть недостаточно, необходимо найти

новые подходы и модели. Например, Рентмейстер и Кляйн призывают к новым методам моделирования в области бизнес-моделей [1]. Необходим переход на новую концепцию моделирования как основу для принятия инвестиционных решений [2]. Эта работа является частью нового потока исследований бизнес-моделирования и фокусируется на конкретной зеленой финансовой области – триагентной модели зеленых облигаций.

Разработка темы

Большая часть литературы рассматривает зеленое финансирование с точки зрения решения двух проблем:

1. Финансирование мероприятий по предотвращению изменения климата;
2. Адаптация экономических систем и прежде всего производства и домашних хозяйств к изменению климата. Вместе с тем отсутствуют исследования взаимоотношений участников в различных ситуациях.

Существуют различные подходы к агентно-ориентированному моделированию [3], что позволяет выбрать необходимую для нашего анализа модель. Участники зеленого финансирования оперируют на микроуровне, что является основанием агентно-ориентированного моделирования. Однако локальные модели позволяют перевести исследование «снизу вверх». Тем самым с их помощью можно проследить глобальное поведение системы, «вырастающее» из взаимодействий на микроуровне (отдельных агентов).

Концептуальные подходы

Проблемы воздействия человеческой активности на изменение климата и адаптации к его изменению, а также борьбы с эпидемиями и выхода из кризисов, вызванных пандемией COVID-19, смещены в привычное рыночное русло и решаются набором финансовых инструментов в рамках зеленых финансов. Одним из основных участников решения является рынок зеленых облигаций.

В работе объединяются две проблемы: характер взаимоотношений в сфере «зеленые финансы» на примере зеленых облигаций и локальные агентные модели. Такой подход позволил по-новому подойти к анализу поведения участников зеленого финансирования. Он отражает динамику поведения участников зеленого финансирования и их нелинейные взаимодействия. По сути, такой метод анализа позволяет отразить реальные связи и характеризовать место и роль каждого участника, при этом определить их самостоятельность и зависимость друг от друга, то есть установить поведение и механизм объединения децентрализованных агентов.

Широкий набор инструментов и разнообразие направлений, форм и функций зеленого финансирования способствует нередко двусмысленным

трактовкам. В основе такой двусмысленности находится противоречивость данного процесса.

Во-первых, зеленое финансирование можно рассматривать как способ привлечения капитала в зеленую экономику. При этом привлекаются достаточно специфические и инновационные технологии, такие как Интернет-торговля, краудфандинг, участие блокчейн-технологии, взаимное кредитование, совместная и сетевая экономика с цепочками финансовых поставок и т.п.

Во-вторых, зелёное финансирование выступает важным элементом механизма зеленого роста: скорее всего, выполняет роль двигателя этого механизма, поскольку позволяет задействовать и заставить работать весь механизм роста.

В-третьих, зеленое финансирование увеличивает финансовую нагрузку на экономику, поскольку наращивает задолженность через зеленое кредитование и зеленые облигации. Однако оно обладает способностью и освобождать от непосильного финансового бремени все общество. Данное освобождение является результатом различных дополнительных свойств зеленого финансирования, среди которых можно выделить по крайней мере два, относящихся как к макроэкономическим, так и микроэкономическим решениям. Так, микроуровневые согласования при подготовке эмиссионных проспектов позволяют вывести систему на макроуровневые финансовые решения, поскольку определяют общерыночное поведение зеленого финансирования.

Уточнение подходов позволяет в дальнейшем перейти к более целенаправленному и четкому моделированию связей участников системы «зеленое финансирование».

Уточнение понятия «зеленые» финансы»

Существуют различные подходы и обоснования проблем, связанных с зеленым финансированием. Многие организации и учреждения предложили свои определения. G20 рассматривают зеленое финансирование как «финансирование инвестиций, обеспечивающих экологические выгоды в более широком контексте экологически устойчивого развития» (G20, 2016). ОЭСР включает это понятие в более широкую инвестиционную тематику, тесно связанную с социально ответственным инвестированием (SRI) в соответствии с критериями экологических, социальных и государственных (критерий ESG) инвестиций. В подходах G20 и ОЭСР к зеленому финансированию имеются общие основы: зеленые инвестиции представлены в виде процесса, направленного на зеленый рост и достижение целей, связанных с созданием здоровой среды обитания для будущих поколений. В

Международном банковском институте предложили рассматривать зеленые финансы с трех позиций. С достаточно узких позиций они связаны с решениями климатических и экологических проблем, средних – созданием экологически чистых технологических процессов, продуктов, энергии и производств и широких – как основа устойчивых финансов [4].

Ключевым условием «зелености» компаний, продуктов, процессов или проектов является их вклад в сокращение выбросов парниковых газов. В последнее время наблюдается бурное развитие новых финансовых инструментов, таких как зеленые облигации, и рынков – как углеродные биржи, рынки водных услуг и ресурсов. В ходе перехода финансовой отрасли на большие данные произошел прогресс в аналитических методах и цифрации зеленого финансирования, что способствовало дальнейшему их развитию. В результате ускорились изменения как в содержании, так и в организационной структуре и управлении зеленым финансированием. В целом данный процесс можно определить как набор формальных и неформальных правил и норм, посредством которых происходит эффективная мобилизация и использование финансовых ресурсов для решения экологических задач, включая предотвращения климатические и другие природных угрозы. Если государства имеют физические границы, то результаты от использования природных ресурсов часто имеют трансграничный характер. С одной стороны, пандемия COVID-19 способствовала разрыву глобальных производственных цепочек, затормозила движение товаров и приостановила перемещение людей, сосредоточив государства на решении внутренних проблем борьбы с вирусом, поддержании национальной инфраструктуры и местной среды обитания. С другой стороны, она привлекла внимание к трансграничному характеру эпидемиологических и климатических угроз и необходимости для совместных действий по решению этих проблем [5].

Зеленые финансы обладают разнообразным макроэкономическим эффектом: зеленые инвестиционные процедуры, продукты и рынки, а также учреждения могут иметь разные макроэкономические задачи, свойства и механизмы решения. Отношения между участниками могут определяться разными обстоятельствами: от конкуренции и противоречий до кооперации и согласованностью действий. Прежде всего зеленое финансирование способно оказать огромное воздействие не только на конкретные предприятия, отрасли или регионы, но и на кросс-граничные процессы. При локализации активности и инвестиций нередки экстерриториальные последствия: при решении местных задач результаты могут выходить на юрисдикцию отдельных государств. В силу этого возможны мега-

экономические, мегасоциальные и мегаполитические последствия. В результате полезности, ценности и результаты выходят за рамки традиционных стоимостных характеристик непосредственного эффекта от инвестиций. Такая мегаспособность зеленых финансов требует нового подхода к определению в данной сфере таких понятий, как затраты, стоимость, цена и полезность. Междисциплинарный поиск и решения этой проблемы – от информатики, финансов и поведенческой экономики до менеджмента, психологии, политологии и даже эпидемиологии – позволяет подготовить концептуальное обоснование зеленых финансов и связанных с ним категорий, процессов и результатов.

Макроэкономический эффект достигается за счет микроэкономических решений, что позволяет оценивать состояние системы и поведение участников с помощью агентно-ориентированных моделей. На микроуровне происходят непосредственные взаимодействия участников зеленого финансирования и реализация их интересов.

Агентно-ориентированная модель

Экономические исследования на основе агентов представляет собой вычислительное направление экономики, которая моделирует развивающиеся системы автономных взаимодействующих агентов [6]. Одна из основных задач агентно-ориентированных исследований – обоснование определенных глобальных закономерностей, которые развиваются и сохраняются в децентрализованной рыночной экономике, несмотря на отсутствие планирования и контроля сверху вниз [7].

Агентно-ориентированные модели (АОМ) все чаще используются при изучении сложных адаптивных финансовых систем. При этом они нацелены на изучение взаимодействий на микроуровне – между агентами [8].

Несмотря на то что старт зеленым облигациям и специализированному рынку был дан сверху – Всемирным банком в 2008 г., становление и быстрый рост зеленых финансов можно лучше понять при анализе снизу вверх, а не сверху вниз, как это в основном принято традиционной финансовой наукой. Анализ зеленого финансового рынка с позиции агентно-ориентированных моделей позволяет рассматривать его как самоорганизующуюся микросистему, определяющую рыночные взаимодействия.

Модели на основе агентов предполагают правила поведения и проверяют, могут ли эти микроправила объяснять макроэкономические закономерности. Развитие агентно-ориентированных моделей стало возможным благодаря прогрессу в информационных технологиях (как в аппаратных средствах, так и в технологии программных агентов, а также с

переходом к большим данным). Не менее важную роль сыграли некоторые проблемы, которые вряд ли могут быть решены переводом многих исследований в русло поведенческих финансов и привлечением традиционных моделей, в основе которых находятся авторегрессии. Ключевая идея, лежащая в основе этих подходов, заключается в использовании вычислений в качестве вспомогательного средства, позволяющего понять поведение рынка и его участников. Основной упор делается на объяснения, а не на предсказания поведения и не на точное количественное определение вклада каждой стороны в результат. В основе таких моделей индивидуальные автономные, но взаимосвязанные агенты.

Агентное моделирование можно сравнить с принципами индукции и дедукции [9]. Цель индукции – найти закономерности в данных, а цель дедукции – найти последствия предположений. Агентное моделирование нацелено на помощь интуиции. Вполне интуитивно зеленое финансирование нацелено на финансирование адаптации к изменению климата и к созданию условий для сокращения изменений климата. Оно начинается с предположений: инвестиции и кредиты в отобранные технологии и производства позволят реализовать поставленные задачи. Однако, в отличие от дедукции, агентное моделирование в зеленой финансовой сфере не доказывает теоремы, а определяет участие каждого агента (участника системы адаптации и замедления изменений климата) и всей их совокупности, представленной в модели реализации поставленной цели.

Итак, для анализа связей в зеленых финансах подходят локальные агентные модели. Они основаны на логике «снизу вверх» (микрооснова). Такой подход позволяет оценить глобальное поведение всей системы (макроуровень), которое вырастает из взаимодействий на микроуровне, то есть взаимодействий отдельных агентов (факторов).

С помощью такой модели в статье определяется система правил для микроуровня, то есть для локального взаимодействия агентов, которая распространяется на всю рыночную систему. Для анализа выбрана система агентов, которая формируется при выпуске зеленых облигаций – наиболее масштабной сфере зеленых финансов. В настоящее время данная система участвует в финансировании не только климатической, но и эпидемиологической сферы и будет решающей в постпандемическом восстановлении хозяйства [10].

Состояние глобальных переменных заранее не предопределяется никаким законом поведения, а измеряется путем агрегирования состояний элементов микроуровня, то есть задается установочными решениями по выпуску облигаций, что требует подготовки андрайтинга и оценки

соответствия критериям ESG (экология, социальная среда и управление) регулятором.

Ключевая проблема локального моделирования: определение влияния изменений правил локального взаимодействия на глобальное состояние системы. Агентное моделирование имеет дело с такими свойствами моделируемых процессов (эмерджентные), которые не характерны для каждого отдельного участника системы (агента), но характерны для всей системы в целом [11]. Каждый агент не в состоянии реализовать всю модель поведения самостоятельно, она является результатом их взаимодействия, то есть решается кооперативной теорией игр. Каждый игрок меняет свое состояние в дискретные моменты времени. Причем состояние модели в момент времени t определяется состоянием всех агентов в момент времени $t-1$.

У агентов модели могут быть разные атрибуты. Например, каждый агент в модели занят подготовкой выпуска облигаций – E . При этом возникают определенные трудности для подготовки эмиссионного проспекта – H . Они могут быть вызваны разными обстоятельствами, например, легитимностью зеленой эмиссии (G) или сложностью согласований (C). Каждое обстоятельство имеет свои параметры. Подготовка выпуска определяется следующим: $E=H(1-G, C)$. Чистый риск – прекращение подготовки IPO – I .

Если разница между продолжением подготовки эмиссионного проспекта и чистым риском завершения подготовки превышает порог T , то $E - N > T \Rightarrow -I$ и наоборот $E - N < T \Rightarrow I$.

Важной чертой моделирования выступает сотрудничество участников (агентов). Оно может поддерживаться в равновесном состоянии. Формально модель демонстрирует условия равновесного выбора в теории игр на примере поведения эмитента, андеррайтера и регулятора. Главным условием является сотрудничество агентов. При его отсутствии вырисовывается стратегия, которая наказывает любое отклонение от сотрудничества постоянными убытками. При этом внимание сосредоточено на важности эволюции в выборе равновесия из бесконечных возможностей, существование которых демонстрирует даже модель с ограниченным числом участников – трехагентная модель.

В последнее время эволюционный метод моделирования получил широкое применение в экономических исследованиях [12]. Однако он еще недостаточно популярен в финансовой науке [13]. Вместе с тем такой метод позволяет отслеживать не только прошлую динамику предложенной нами модели, но и оценивать реалистичную перспективу, постулируя несколько

рыночных недостатков, включая ограниченную рациональность агентов. Такой подход контрастирует с принятыми подходами как эффективного рынка, согласно которому рациональность определяет поведение участников, так и поведенческих финансов, которые предпочитают анализировать отношения исходя из иррациональности агентов [14]. В своем стремлении к улучшенному пониманию финансовых рынков поведенческое финансирование полностью бросает вызов предположению о рациональности, предполагая, что психологические факторы определяют решения инвесторов, которые противоречат теории ожидаемой полезности.

Итак, агентная модель позволяет анализировать реалистичную картину поведения агентов, преследующих рациональные цели с учетом как текущего поведения, так и субъективных ожиданий, то есть в состоянии, которое мы определяем как «мягкая» рациональность или, в общепринятом смысле, как ограниченная рациональность.

У традиционных эволюционных (часто определяемых как новые институциональные) и поведенческих финансовых моделей есть одна общая особенность. Она определяет их структуру, направления анализа и выбор агентов. Все три школы моделирования основаны на представлении о репрезентативном агенте. Однако данная особенность в каждой школе трактуется по-разному. В традиционной школе агент рационален, что определяет эффективность рынка; в поведенческой школе агент иррационален, что требует особого подхода при оценке его поведения и учете возможных информационных асимметрий; в эволюционной школе агент реален и динамично развивается.

Основная проблема эволюционной аналитики состоит в том, что связи агентов превращаются в равновесие Нэша, что соответствует традиционной теории игр, – результат, который означает, что ни один из участников не может получить индивидуальное преимущество, переходя в одностороннем порядке в другие системы. Равновесия, по Нэшу, предоставляют необходимые, но недостаточные критерии для определения решений игр. Поэтому была разработана теория формирования «коалиций». Такие образования являются гораздо более сложными и тонкими и выходят далеко за рамки простого равновесия, по Нэшу [15]. Задача заключается в продолжении игры, то есть продолжении взаимодействий в ходе подготовки эмиссионного проспекта или выхода из игры в случае, например, не соответствия параметров выпуска критерию ESG. Тем не менее стратегия продолжать игру и готовить IPO или завершать игру также не является эволюционно стабильной. Она не зависит от того, являются ли ходы детерминированными или стохастическими. Дело в игроках, которые ее

используют. У них всегда имеется альтернатива – кооперировать или конкурировать и искать лучшие варианты.

При разработке модели, даже такой простой, как трехагентная, необходимо решать целый ряд проблем. Среди них выделяются следующие: определение целей моделирования, выбор процесса и выделение основных связей переменных, что необходимо для организации реалистичной работы модели. При этом возникает потребность в измерениях, которые должны быть стандартизированы и совместимы с другими процессами. Измерения представлены в виде единой матрицы, через которую в модель включаются выбранные переменные, что необходимо для единой системы координат, сравнений и сведения результатов к единому знаменателю.

Модель поведения

Зеленые финансы представляют собой сложные финансовые системы в экологической сфере. Они демонстрируют широкий спектр нетривиальных явлений, включая экстремальные шоки и риски, как краткосрочную, так и долгосрочную память и динамику, а также мультимодальность и мультифрактальность. Коллективное поведение в системах моделируется с помощью различных подходов, включая теорию игр или теорию графов, сложных динамических моделей и агент-ориентированных моделей. Такие подходы позволяют описывать коллективное поведение как в игровой форме, так и в сетевой как взаимодействующие ребра (информационные потоки между узлами) и узлы в сети, с учетом роли узлов во взаимодействиях. В статье проводится исследование на основе трехагентной модели, в которой узлами выступают:

1. Эмитент, или держатель зеленого проекта;
2. Инвестор, или андеррайтер;
3. Регулирующий орган.

Ребра – это связи между узлами, которые возникают в ходе подготовки эмиссионного проспекта. Модель поведения рассматривается на примере выпуска, размещения и регулирования зеленых облигаций – одного из основных инновационных финансовых инструментов.

Макроструктуру, имитирующую реальную, можно создать с помощью многоагентного моделирования. При этом необходимо составить такую модель, в которой агенты способны генерировать с большим уровнем правдоподобия реальную структуру или реальное поведение агентов. Только в таком случае модель является кандидатом на объяснение реальных связей и поведения агентов. Допущение «порождающего» эффекта в агентном моделировании означает, что в ходе изменения микроспецификации агентов меняются результаты моделирования [16].

Цель моделирования системы «зеленые финансы»: проследить взаимодействия участников – инвесторов, эмитентов и регуляторов; определить информационные потоки между участниками зеленого финансирования; исследовать поведение участников и всей системы. Передача энтропии свидетельствует о движении информации; мера, не зависящая от модели, которая определяет объем информации, передаваемой из исходного временного ряда в целевой временной ряд. Она может успешно описывать сложные системы с нелинейными взаимодействиями. В целом информация движется от эмитентов к инвесторам и от последних к первым. Причем возникает асимметрия в ее движении, что проявляется в информационной энтропии.

Так, усиленные информационные сигналы в секторах, связанных с климатическими облигациями (например, фондовые рынки), ведут к распространению информации в направлении к государству и инвесторам. В основном информация сосредотачивается на специализированных на торговле зелеными облигациями биржах. За рамками бирж демонстрируются гораздо более слабые информационные потоки. Это связано с тем, что обмены генерируют значительную передачу информации о маргинальных событиях, которые становятся гораздо более важными в картине перенесенной энтропии. Несмотря на бурный рост, капитализация рынка зеленых облигаций составляет всего около одного процента от всего рынка облигаций. Такое соотношение свидетельствует о сохраняющейся маргинальности явления и возможных энтропных решениях проблемы.

При выпуске зеленых облигаций задействовано как минимум три участника (см. рисунок 1):

- 1) Эмитент. В проектном документе эмитент описывает ожидаемое положительное воздействие своего проекта на окружающую среду. Чтобы избежать переоценки или недооценки таких воздействий, проект проходит аудит с точки зрения его воздействия на окружающую среду и соответствия экологическим критериям.
- 2) Регулятор. Регулятор количественно и качественно оценивает проект с учетом различных его сторон: использование доходов; оценка рисков и кредитоспособности эмитента зеленых облигаций; мониторинг, отчетность и прозрачность.
- 3) Андеррайтер. Андеррайтер зеленых облигаций предоставляет эмитенту капитал на определенный период по фиксированной или переменной процентной ставке.

Трехсторонний процесс в системе зеленого финансирования может повлечь за собой значительные транзакционные издержки, что является одним из препятствий на пути развития рынка.

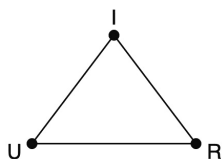


Рисунок 1. Триагента модель

Логические связи в триагентной модели, следующие:

- Эмитент (I) подготавливает эмиссионный проспект с определенными критериями «экологичности», что контролируется регулятором R.
- Проект при соответствии экологическим критериям переходит к заинтересованному Инвестору (U).
- Инвестор передает необходимый капитал эмитенту.
- В свою очередь эмитент осуществляет купонные выплаты и выплачивает основную часть капитала андеррайтеру.

Регулятор одобряет и проводит мониторинг реализации проекта, тем самым оказывает влияние на эмитента и андеррайтера.

Каждый агент имеет определенный набор свойств. Моделируя явления реального мира, можно изучить поведение каждого агента.

Триагента модель, изучающая поведение децентрализованных агентов, основана на трех основных идеях: объективная направленность информационных объектов с точки зрения их управляемости; появление и обучаемость агентов; классификация решаемых проблем по их сложности путем сведения их к набору более простых задач с эффективными алгоритмами решения.

Предполагается, что регулятор является посредником во взаимодействии эмитента и инвестора. Поиск механизма влияния регулятора на эмитента и инвестора можно свести к выявлению причинно-следственных связей в сложном контексте или открытию «черного ящика». Путем моделирования действий агентов проверяется эффективность взаимодействий и раскрываются причинно-следственные связи. Для этого выдвигается ряд гипотез.

Коммуникации предлагают использование строгих логических правил-рассуждений. Логические правила являются частью теоретической основы исследования. Среди предлагаемых гипотез выдвигаются следующие:

1. Эмитент заинтересован в капитале для реализации зеленого проекта (переменная);
2. Уровень заинтересованности в капитале зависит от уровня решения экологических проблем;
3. В свою очередь уровень решения экологических проблем связан с уровнем инвестиционного эффекта зеленого проекта;
4. Если эффект сокращается, то падает спрос на инвестиции;
5. При повышении эффекта растет спрос на инвестиции.

Выдвинутые предположения подвергаются соответствующей проверке. Причем первая гипотеза содержит только одну переменную. Данная гипотеза абстрактна. Вторая и третья гипотезы имеют две переменные, которые связаны друг с другом. Их природа и отношение между ними не определены (нет направленной связи). В четвертой и пятой гипотезах имеются связи между гипотезами и задаются направления действия (в четвертой гипотезе они отрицательные, а в пятой – положительные). Можно проверить все утверждения: регуляторы проверяют эти гипотезы в ходе обзора эмиссионного проспекта, допуска облигации к листингу и последующего мониторинга исполнения.

Проверки проводятся рыночными методами через проверку соответствия эмиссии критериям ESG. Существуют четыре глобальных поставщика индексов, которые проверяют зеленую направленность эмиссии, – Barclays MSCI, Standard & Poor's, Bank of America Merrill Lynch и Solactive – и два страноведческих индекса зеленых облигаций, которые также принимаются на международных зеленых биржах, – зеленых облигаций Китая. Каждый разработчик имеет собственную методологию выбора компонентов индекса. Поставщики индексов выделились в ходе рыночных взаимоотношений как самоорганизующиеся рыночные системы.

Оценить участие сторон в модели можно с помощью теории графов. Направленные графы следует использовать при моделировании информационных потоков финансовых посредников с клиентами. С этой целью связям между узлами придают необходимую ориентацию. В теории графов формула Тутте-Берже характеризует размер максимального совпадения в графе. Данный метод используется для определения наименьшего расстояния между вершинами. Обычно формула применяется при организации дорожного движения – при поиске лучших маршрутов для транспорта. Однако с помощью данной формулы можно оценивать следующее:

1. Интерес эмитента к инвестициям при заданном экологическом регулировании.

2. Заинтересованность инвесторов в финансировании проектов при заданной эффективности.

Инвесторы и эмитенты всегда стремятся получить максимальный эффект, который выражается в максимизации прибыли и соответствии критериям ESG, что также следует из законов энтропии информации.

В ходе моделирования в первую очередь проводят оценку агентов и настройку их взаимодействий. Так, модель (M) дает вероятностное явление (P), то есть $P (M \rightarrow P)$. В результате устанавливается, что выбранная модель (M) является достаточным условием для явления P . При этом следует проверить, насколько M может меняться, чтобы достигнуть результата P . Для этого определяется область действия вектора параметров – ν , от которых зависит модель (M), при выполнении условий $M (\nu) \rightarrow P$. Варьирование результатов при каждом вычислении, с одной стороны, является свидетельством недостатков агентного моделирования [17], а с другой стороны, отражает поведенческие особенности агентов и отклонения реального поведения от рационального. Каждый агент не автономен в полном значении этого понятия, а настраивается с учетом поведения контрагентов, а их совокупность в многоагентной системе сочетает кооперативные и некооперативные игровые взаимодействия. В целом динамические свойства, которыми обладает агентное моделирование, вытекают из функции полезности [18].

Полезность модели можно описать следующим образом: $U = \sum_{i=1}^n u_i$, где u_i – полезность для агента i . При этом полезность для каждого агента является следующей: $u_i = \sum_{i \neq j} \delta^{t_{ij}} - \sum_j c_{ij}$, где N – количество агентов в сети, δ – преимущества значения связи ($0 < \delta < 1$), t_{ij} – расстояние (кратчайший путь) от агента i до агента j , и c_{ij} – цена связи от агента i до агента j ($0 < c < 1$). Данное уравнение свидетельствует, что любая связь не может уменьшать полезность любого вовлеченного в нее агента и разрыв связей возможен без согласия обеих сторон, то есть инициатором может выступать любой агент. Разрыв связей означает прекращение разработки эмиссионного проспекта.

Трехагентная модель расширяется до любого количества агентов. Поэтому в нее можно включать различные переменные, связанные с любыми из трех агентов модели. В таком случае можно анализировать полезность взаимодействий в сети для нового участника, включая полезность финансирования эпидемиологических мероприятий, например, с позиции сокращения заболеваемости против ожидаемой без соответствующего финансирования или сокращение выбросов углеводорода, например, при

финансировании переработки отходов угольных ТЭЦ для производства цемента. Тем самым сокращаются выбросы углекислого газа в прямом производстве цемента из глинозема, и сырье замещается отвалами угольных электростанций. Кроме того, агентное моделирование вполне подходит для анализа поведения участников переговоров по вопросам изменения климата и выбросов углекислого газа отдельными странами [19].

Посредством предложенной модели можно установить определенные правила поведения агентов во времени и пространстве. Модель позволяет анализировать поведение агентов не при стабильном состоянии системы, а при динамическом ее развитии, что чрезвычайно важно в условиях меняющихся требований к окружающей среде и при защите населения от климатических и пандемических угроз.

Выводы

Существует достаточно широкий спектр оценок финансовых механизмов выхода из кризиса, вызванного пандемией, и направлений финансирования восстановления экономики. Однако преобладает мнение, что выход из экономического кризиса, вызванного пандемией, будет основан на дальнейшем повышении значимости устойчивого финансирования с переходом на новые нормы, учитывающие реальную угрозу человечеству, в частности, от стихийных бедствий, в первую очередь связанных с изменением климата, возможных пандемий и других стихийных бедствий [20].

Трехагентная модель взаимодействия участников зеленого финансирования позволяет анализировать поведение агентов. Адаптации модели и агентов к внутреннему и внешнему давлению позволяет исследовать условия поддержания функциональности, производительности и эффективности зеленого финансирования.

Список источников

1. **Rentmeister J., Klein S.** Geschäftsmodelle – ein Modebegriff auf der Waagschale // Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 73, 2003. P. 17–30.
2. **Wirtz B.W.** Business Model Concepts in Literature // Business Model Management, Design – Process – Instruments. Springer, October 2020. P. 19–49.
3. **Epstein, J.** Agent-based computational models and generative social science. *Complexity*, 4(5), 1999. – P. 41–60.
4. «Zelyonye» finansy: process razvitiya i perspektivy transformacii. Pod obshchej red. L.S. Kabir i M.V. Sigovoj. – M-SPb.: Izd-vo MBI, 2020, S. 214.
5. **Klioutchnikov Igor, Kliuchnikov Oleg.** Green finance: pandemic and climate change // E3S Web of Conferences 234, ICIES 2020, 00042 (2021).

(The International Conference on Innovation, Modern Applied Science & Environmental Studies (ICIES2020)) P. 1–5.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123400042>.

6. **Holland J.** *Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence*, 2nd Edition // MIT Press/Bradford Books, Cambridge, MA., 1992.

7. **Tesfatsion, L.** (Eds.) (2001) Special Issue of Agent-Based Computational Economics // *Journal of Economic Dynamics & Control* 25, p. 281–654.

8. **Billari F.C., Fent T., Prskawetz A., Scheffran J.** Agent-Based Computational Modelling: An Introduction. In: Billari F.C., Fent T., Prskawetz A., Scheffran J. (eds) *Agent-Based Computational Modelling // Contributions to Economics*. Physica-Verlag HD. 2006. – P. 1–16. https://doi.org/10.1007/3-7908-1721-X_1.

9. **Axelrod R.** *The Complexity of Cooperation: Agent-Based Models of Competition and Collaboration*. Princeton University Press, 1997. P. 4.

10. **Igor K. Kliutchnikov, Oleg. I. Kliuchnikov And Olga A. Molchanova.** Green Finance Post-Pandemic Restructuring: Mini-Overview and Approaches to Modeling Links. // 36th IBIMA Conference: 4-5 November 2020, Granada, Spain.

11. **Axelrod R.** *The Complexity of Cooperation: Agent-Based Models of Competition and Collaboration*. Princeton University Press, 1997. P. 240.

12. **Koliotofis V.** Applying evolutionary methods in economics: progress or pitfall? // *Journal of Bioeconomics*, November 2020. P. 1–22.

13. **Holtfort T.** From standart to evolutionary finance: a literature survey // November 2018.

14. **Dima B., Dima Sm., Ioan R.** Remarks on the behavior of financial market efficiency during the COVID-19 pandemic. The case of VIX // *Finance Research Letters*, February 2021. P. 1–20.

15. **Kahan J.P., Rapoport A.** *Theories of coalition formation*. Hillsdale (N.J.): Erlbaum, 1984.

16. **Epstein J.** *Generative social science: studies in agent-based computational modeling*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2007, – P. 384.

17. **Axtell R.** Why agents? On the varied motivations for agent computing in the social sciences. Center for Social and Economic Dynamics, Working Paper, 2000, – P. 17.

18. **Hummon, N.** Utility and dynamic social networks // *Social Networks*, 2000, 22 (3), P. 221–249.

19. **Genovese F.** *Weak States at Global Climate Negotiations*. Cambridge University Press, 2020.

20. **Kliutchnikov Igor, Kliuchnikov Oleg.** Green finance: pandemic and climate change // E3S Web of Conferences 234, ICIES 2020, 00042 (2021). (The International Conference on Innovation, Modern Applied Science &

References

1. **Rentmeister J., Klein S.** Geschäftsmodelle – ein Modebegriff auf der Waagschale // Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 73, 2003. P. 17–30.
2. **Wirtz B.W.** Business Model Concepts in Literature // Business Model Management, Design – Process – Instruments. Springer, October 2020. P. 19–49.
3. **Epstein, J.** Agent-based computational models and generative social science // *Complexity*, 4(5),1999. – P. 41–60.
4. Green finance: the development process and prospects for transformation. Under the general editorship of L. S. Kabir and M. V. Sigova. - M-SPb.: MBI Publishing House, 2020, p. 214.
5. **Klioutchnikov Igor, Kliuchnikov Oleg.** Green finance: pandemic and climate change // E3S Web of Conferences 234, ICIES 2020, 00042 (2021). (The International Conference on Innovation, Modern Applied Science & Environmental Studies (ICIES2020)) P. 1–5.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123400042>.
6. **Holland J.** Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence, 2nd Edition. MIT Press/Bradford Books, Cambridge, MA., 1992.
7. **Tesfatsion, L.** (Eds.) (2001) Special Issue of Agent-Based Computational Economics // Journal of Economic Dynamics & Control 25, p. 281–654.
8. **Billari F.C., Fent T., Prskawetz A., Scheffran J.** Agent-Based Computational Modelling: An Introduction. In: Billari F.C., Fent T., Prskawetz A., Scheffran J. (eds) Agent-Based Computational Modelling // Contributions to Economics. Physica-Verlag HD. 2006. – P. 1–16. https://doi.org/10.1007/3-7908-1721-X_1.
9. **Axelrod R.** The Complexity of Cooperation: Agent-Based Models of Competition and Collaboration. Princeton University Press, 1997. P. 4.
10. **Igor K. Klioutchnikov, Oleg. I. Kliuchnikov And Olga A. Molchanova.** Green Finance Post-Pandemic Restructuring: Mini-Overview and Approaches to Modeling Links // 36th IBIMA Conference: 4-5 November 2020, Granada, Spain.
11. **Axelrod R.** The Complexity of Cooperation: Agent-Based Models of Competition and Collaboration. Princeton University Press, 1997. P. 240.
12. **Koliofotis V.** Applying evolutionary methods in economics: progress or pitfall? // Journal of Bioeconomics, November 2020. P. 1–22.
13. **Holtfort T.** From standart to evolutionary finance: a literature survey // November 2018.
14. **Dima B., Dima Sm., Ioan R.** Remarks on the behavior of financial market efficiency during the COVID-19 pandemic. The case of VIX // Finance Research Letters, February 2021. P. 1–20.

15. **Kahan J.P., Rapoport A.** Theories of coalition formation. Hillsdale (N.J.): Erlbaum, 1984.
16. **Epstein J.** Generative social science: studies in agent-based computational modeling, Princeton, NJ: Princeton University Press, 2007, – P. 384.
17. **Axtell R.** Why agents? On the varied motivations for agent computing in the social sciences. Center for Social and Economic Dynamics, Working Paper, 2000. – P. 17.
18. **Hummon, N.** Utility and dynamic social networks // Social Networks, 2000, 22 (3), P. 221–249.
19. **Genovese F.** Weak States at Global Climate Negotiations. Cambridge University Press, 2020.
20. **Klioutchnikov Igor, Kliuchnikov Oleg.** Green finance: pandemic and climate change // E3S Web of Conferences 234, ICIES 2020, 00042 (2021). (The International Conference on Innovation, Modern Applied Science & Environmental Studies (ICIES2020)) P. 1–5. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123400042>.